



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Sistema automatizado del control en el tratamiento primario para incrementar  
la eficiencia del proceso de una PTAR industrial.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Gallardo Marchena, Jorge Alexander ([ORCID: 0000-0003-0346-0320](#))  
Linares Nureña, Iván Edgar ([ORCID: 0000-0001-6236-5740](#))

**ASESOR:**

Mg. Panta Carranza, Dante Omar ([ORCID: 0000-0002-4731-263X](#))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

TRUJILLO – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A Dios porque ha iluminado y guiado mi camino hasta donde estoy ahora, a mi esposa Reyna Azañero por su amor, paciencia y su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento motivándome a cumplir esta meta tan anhelada, a mis hijos Mateo y Mathias Linares por ser mi mayor fuerza y soporte en cada paso que eh dado.

A mis padres Willy Linares y María Nureña, a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todas mis decisiones que hasta el momento eh sabido tomar y me ha conllevado por un buen camino.

**Iván E. Linares Nureña**

Esta investigación la dedico a mis padres Juana Marchena y Segundo Gallardo, a mi hermana Lucero Gallardo por ser mi fuente de inspiración. Quienes siempre me alentaron a seguir, gracias por sus consejos y enseñas de vida que me han permitido cumplir mis sueños, que con sacrificio y dedicación se pueden lograr muchas cosas. Se lo dedico también a mis demás familiares que siempre confiaron en mí y me brindaron apoyo incondicional. A amigos cercanos que son como familia para mí quienes me brindaron su apoyo incondicional. Gracias a todos.

**Jorge A. Gallardo Marchena**

## **Agradecimiento**

Damos gracias a Dios por habernos dado su protección divina en todo momento desde el comienzo de nuestras vidas hasta el día de hoy, en momentos de alegría y aun en los más difíciles que actualmente atravesamos en todo el mundo, en su infinita misericordia nos a cuidado, guiado y brindado el conocimiento para poder llegar a la meta trazada, sin él nada somos y con él lo tenemos todo.

Agradecer a nuestras familias porque son la base fundamental en la cual nos hemos apoyado para poder llevar a cabo todo el proceso de formación profesional, siendo de suma importancia para cada etapa de nuestras vidas sus consejos y aliento que nos ha fortalecido y motivado para seguir adelante y poder alcanzar un objetivo más. A la Universidad Cesar Vallejo por habernos albergado todo este tiempo en sus aulas, brindándonos su apoyo en concebir cada uno de nuestros conocimientos que serán aplicados en las oportunidades que nos presente la vida profesional, por cada experiencia académica con nuestros docentes y compañeros que suman y aportan a los profesionales que hoy en día escriben estas líneas.

Agradecemos también a cada docente de la universidad Cesar Vallejo que sumo con cada uno de sus conocimientos y sabiduría en todos estos años de preparación, de igual forma hacemos llegar un agradecimiento especial a nuestros asesores el Dr. Jorge Lujan y el Mg. Dante Panta quienes de manera continua y de forma incansable colaboraron con nosotros en el desarrollo de nuestra investigación, agradecemos su dedicación, paciencia y sobre todo su disciplina como docentes que nos impartieron en todo este proceso.

También extendemos nuestro agradecimiento a la empresa que nos abrió sus puertas y nos permitió ingresar a sus instalaciones con mucha responsabilidad y confianza para poder recopilar toda la información necesaria para llevar a cabo nuestra investigación, dentro del mismo tuvimos el apoyo de algunos colaboradores que se desempeñan dentro de las áreas requeridas que compartieron sus conocimientos y sumaron al desarrollo de nuestro proyecto de investigación.

**Los autores**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico .....	4
III. Metodología.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2 Variables y operacionalización.....	13
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5 Procedimientos .....	14
3.6 Método de análisis de datos .....	15
3.7 Aspectos éticos.....	15
IV. Resultados.....	16
V. Discusión.....	109
VI. Conclusiones.....	113
VII. Recomendaciones.....	114
VIII. Referencias .....	115
IX. Anexos .....	118

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
<b>Tabla 2.</b> <i>Caracterización- PTAR Trujillo</i> .....	17
<b>Tabla 3.</b> <i>Procesos desarrollados en la PTAR Trujillo</i> .....	18
<b>Tabla 4.</b> <i>Equipos utilizados en la SSP</i> .....	20
<b>Tabla 5.</b> <i>Equipos utilizados en la estación de bombeo</i> .....	22
<b>Tabla 6.</b> <i>Equipos utilizados en la cámara de ecualización</i> .....	23
<b>Tabla 7.</b> <i>Equipos utilizados en el sedimentador primario</i> .....	24
<b>Tabla 8.</b> <i>Principales controles desarrollados en cada proceso</i> .....	25
<b>Tabla 9.</b> <i>Rangos de medición en tratamiento primario según cada parámetro</i> .....	31
<b>Tabla 10.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: pH (Enero-Marzo 2021)</i> .....	32
<b>Tabla 11.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: pH (Abril-junio 2021)</i> .....	33
<b>Tabla 12.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: Temperatura (1)</i> .....	39
<b>Tabla 13.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: Temperatura (2)</i> .....	40
<b>Tabla 14.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: Solidos Totales Disueltos</i> .....	43
<b>Tabla 15.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: Solidos Disueltos</i> .....	44
<b>Tabla 16.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: DOQ</i> .....	47
<b>Tabla 17.</b> <i>Rangos de medición según el parámetro: DOQ</i> .....	48
<b>Tabla 18.</b> <i>Descripción de módulos de entradas digitales y analógicos</i> .....	55
<b>Tabla 19.</b> <i>Descripción de módulos de salidas digitales y analógicos</i> .....	55
<b>Tabla 20.</b> <i>Calificación para selección de componentes</i> .....	56
<b>Tabla 21.</b> <i>Conversión de señal normalizada a cuentas del PLC para pH</i> .....	84
<b>Tabla 22.</b> <i>Conversión de señal normalizada a cuentas de PLC</i> .....	86
<b>Tabla 22.</b> <i>Análisis del número de VDC</i> .....	86
<b>Tabla 24.</b> <i>Resumen del análisis B/C de la propuesta de automatización</i> .....	102
<b>Tabla 25.</b> <i>Cálculo del VAN, TIR y Ratio del B/C de la propuesta</i> .....	102
<b>Tabla 26.</b> <i>Análisis estadístico descriptivo del efluente pre y post test</i> .....	106
<b>Tabla 27.</b> <i>Prueba Normalidad de la eficiencia</i> .....	107
<b>Tabla 28.</b> <i>Estadístico de contraste de la eficiencia</i> .....	108

## Índice de figuras

Figura 1. Procesos de una PTAR industrial.....	7
Figura 2. Diagrama actual del proceso primario de una PTAR .....	19
Figura 3. Diseño actual de los controles desarrollados en la PTAR .....	27
Figura 4. Tratamiento primario: Variabilidad de pH entre procesos (Enero) .....	35
Figura 5. Tratamiento primario: Variabilidad de pH entre procesos .....	36
Figura 6. Análisis del parámetro pH en Sedimentador primario (Enero-Marzo) .....	37
Figura 7. Análisis del parámetro pH en Sedimentador primario (Abril-Junio).....	38
Figura 8. Análisis del parámetro Temperatura del tratamiento primario (E-J) .....	42
<i>Figura 9. Análisis del parámetro Sólidos disueltos del tratamiento primario (E-J)...</i>	<i>46</i>
Figura 10. Diseño futuro de los controles desarrollados en la PTAR .....	50
Figura 11. Plano eléctrico propuesto de entradas y salidas digitales del PLC .....	74
Figura 12. Plano eléctrico propuesto de salidas y entradas analógicas del PLC ....	75
Figura 13. Plano eléctrico propuesto-entradas digitales y salidas analógicas del PL .....	76
Figura 14. Icono TIA Portal V16 .....	78
Figura 15. Vista del Portal .....	79
Figura 16. Crear proyecto.....	79
Figura 17. Configuración de dispositivos.....	80
Figura 18. Selección de PLC.....	80
Figura 19. Selección de HMI .....	81
Figura 20. Comunicación entre PLC y HMI (PROFINET).....	81
Figura 21. Configuración y ampliación de módulos de entrada y salidas .....	82
Figura 22. Variables del proceso.....	82
Figura 23. Agregar nuevo bloque de programación .....	83
Figura 24. Configuración de pH y flujo en la entrada del PLC.....	84
Figura 25. Escalamiento del pH en la cámara de ecualización .....	85
Figura 26. Config. de entradas de sensores de nivel de tanque y de temperatura. 85	
Figura 27. Escalamiento: nivel de líquido del tanque de la estación de bombeo ....	87
Figura 28. Escalamiento de la temperatura del tanque de estación de bombeo.....	87

Figura 29. Arranque y parada de bombas por sensores de nivel .....	88
Figura 30. Lógica para arranque alternado de bombas.....	88
Figura 31. Bloque PID .....	89
Figura 32. Configuración PID, parámetros de entrada y salida .....	90
Figura 33. Configuración de imagen principal en HMI.....	91
Figura 34. Configuración de imagen de estación de bombeo en HMI .....	91
Figura 35. Configuración de cámara de ecualización en HMI .....	92
Figura 36. Configuración de imagen de sedimentador primario en HMI .....	92
Figura 37. Configuración de imagen de activación manual en HMI .....	93
Figura 38. Aplicación PLC SIM.....	94
Figura 39. Aplicación RT Simulator .....	94
Figura 40. Simulación de variables de estación de bombeo .....	95
Figura 41. Simulación de variables de cámara de ecualización .....	95
Figura 42. Simulación de variables de sedimentador primario .....	96
Figura 43. Simulación de avisos en el HMI .....	96
Figura 44. Proceso manual y semi automático del tratamiento primario. Realidad actual de la empresa. ....	103
Figura 45. Diseño futuro de los controles desarrollados en la PTAR de forma automatizada.....	103
Figura 46. Análisis histórico del afluente y el efluente en el ecualizador-PRE .....	104
Figura 47. Análisis histórico del afluente y el efluente en el ecualizador-POST ...	105

## Resumen

En la presente investigación se tuvo como principal objetivo diseñar un sistema automatizado en el control del tratamiento primario para incrementar la eficiencia de la PTAR industrial. Para ello se realizó una investigación de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y diseño preexperimental. Como resultados, al realizar la evaluación inicial de los controles del tratamiento primario de la PTAR se pudo identificar que los principales puntos críticos son la estación de bombeo, el equalizador y el sedimentador primario, también se encontró que las desviaciones más frecuentes se dan en el sedimentador primario con alto índice de frecuencia en el caso del parámetro pH y los controles actuales no logran minimizar dichas desviaciones, pero la automatización desarrollada genera controles en los procesos según requerimiento y análisis de los parámetros más relevantes por lo que mejora la eficiencia del principal parámetro PH en el efluente de la cámara de equalización de 51,5% a 94%. En el análisis costo beneficio se obtuvo un VAN de S/439 646,88 y un TIR de 88,9%, lo que demuestra la viabilidad del proyecto. Finalmente se concluye que es posible lograr un aumento en la eficiencia mediante la automatización de control en el tratamiento primario de la PTAR.

**Palabras clave:** Automatización, PTAR, efluente, eficiencia.



## **Abstract**

The main objective of this research was to design an automated system in the control of primary treatment to increase the efficiency of the industrial PTAR. For this, an applied research was carried out, with a quantitative approach and a pre-experimental design.

As results, when carrying out the initial evaluation of the controls of the primary treatment of the PTAR, it was possible to identify that the main critical points are the pumping station, the equalizer and the primary settler, it was also found that the most frequent deviations occur in the Primary settler with a high frequency index in the case of the pH parameter and the current controls do not manage to minimize these deviations, but the automation developed generates controls in the processes as required and analysis of the most relevant parameters, thus improving the efficiency of the main parameter PH in the effluent from the equalization chamber from 51.5% to 94%. In the cost benefit analysis, an NPV of S/. 439 646,88 and an IRR of 88.9% were obtained, which shows the viability of the project.

Finally, it is concluded that it is possible to achieve an increase in efficiency through the automation of control in the primary treatment of the PTAR

**Keywords:** automation, PTAR, effluent, efficiency

## **I. Introducción**

La escasez de agua en el mundo ha llevado a la búsqueda de cada vez más métodos alternativos para suministrar este importante líquido además de proteger el agua. En este sentido, la reutilización de las aguas residuales es una estrategia de ahorro y uso eficaz del agua, que es la base de un modelo de desarrollo sostenible. Por esta razón, elegir tecnologías sostenibles para el tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas es un desafío; por lo que, es necesario desarrollar algunas herramientas que faciliten la implementación de decisiones para lograr la base de estos sistemas (Espinosa, 2014). Según información oficial de la Organización Naciones Unidas (ONU, 2017), el 80% de las aguas residuales a nivel mundial no son tratadas y van directamente a los ríos y mares, lo que ocasiona, no sólo la contaminación de la fauna y flora, sino que contribuye en las enfermedades y decesos tempranos de la humanidad.

En cuanto a América Latina el tratamiento y disposición de efluentes domésticos e industriales representan un gran reto. A pesar de que la cobertura de saneamiento alcanza un 82% en la región, 110 millones de habitantes carecen de un sistema mejorado de saneamiento. Para alcanzar cobertura universal en el 2020, los países en la región tendrían que extender la cobertura a 170 millones de personas, principalmente en áreas rurales. El tratamiento de aguas residuales urbanas es bajo, con un promedio para la región de 15% de tratamiento, variando desde 48% en México y 35% en Brasil y Uruguay, a 5% en Centroamérica. Además del déficit de cobertura, los sistemas convencionales instalados han resultado costosos y muy difíciles de mantener, especialmente en municipalidades con poca capacidad técnica y financiera que no logran garantizar su funcionamiento en el largo plazo. Cerrar la brecha existente y servir la demanda futura de tratamiento de aguas residuales es uno de los mayores retos para la región (Banco Interamericano de desarrollo [BID], 2020).

En el ámbito nacional las entidades de regular y velar por el cumplimiento de los decretos establecidos, se basan en los límites máximos permisibles de los parámetros del agua residual a los que se compromete cada empresa privada o

pública. Encontramos en todo el país, diferentes tipos de PTAR, y muchas de ellas no trabajan de manera óptima, ya sea por su diseño o tecnología lo que genera que no sean muy eficientes. Asimismo, el interés económico de las empresas privadas o la falta de profesionalismo de las empresas instaladoras, hace que existan plantas inoperativas, o peor aún que funcionen, pero cuya agua no cuenta con los estándares establecidos y son vertidas a los ríos o alcantarillados, sin ningún tipo de fiscalización, la cual se debe tener una concientización y respeto por el medio ambiente.

En el ámbito local se analizó la realidad problemática de la PTAR industrial de la ciudad de Trujillo; esta planta tiene una capacidad de tratamiento de 560 m<sup>3</sup>/día y su objetivo es obtener un efluente producto que cumpla con la norma técnica peruana (NTP, 2016). Actualmente los principales parámetros de operación son medidos en laboratorio interno donde la toma de muestras del afluente es extraída de forma manual de la estación de bombeo con la que cuenta dicha planta; y, con los resultados obtenidos se evalúa si aplica o no el ingreso de neutralizadores químicos. Este proceso generalmente depende de la habilidad o experiencia de los operarios encargados, y se realiza forma rutinaria. Sabiendo que el proceso y las condiciones son variables en el tiempo esto dificulta un buen muestreo y por ende el tratamiento del agua residual. (PTAR Trujillo, 2013). Los problemas más comunes en una PTAR son la variabilidad de las condiciones de agua residual y esto sucede mayormente en las PTAR del sector industrial, pues las aguas residuales son mezcladas con diferentes químicos utilizados en sus procesos productivos, lo cual altera los parámetros del agua residual.

A consecuencia de lo antes mencionado, se planteó la siguiente pregunta: ¿En qué medida la automatización del control del tratamiento primario incrementa la eficiencia del proceso de una PTAR industrial?, a lo cual proponemos que a través de un sistema automatizado del control en el tratamiento primario se podrá incrementar la eficiencia del proceso de una PTAR industrial. Asimismo, se plantearon los problemas específicos siguientes: ¿será posible identificar los puntos críticos de control en el tratamiento primario mediante una evaluación del

estado actual de los controles?, ¿será posible conocer las principales desviaciones en los parámetros mediante un análisis y evaluación del tratamiento primario?, ¿podrá realizarse un sistema automatizado del tratamiento primario mediante el modelamiento y la simulación de los principales controles? y ¿se podrá determinar la viabilidad del proyecto mediante una estimación de costo beneficio de la propuesta de implementación?

Por ello, se recomienda desarrollar un modelo de control automatizado, el mismo, que se ha convertido en una de las principales soluciones a muchos problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales, mejorando así la eficiencia y asegurando el correcto tratamiento de las aguas residuales dentro del rango de parámetros permisibles. Además, el uso de redes de comunicación permitirá comprender en tiempo real el estado de ciertas variables en el sistema de tratamiento de aguas residuales. De esta forma, se puede transmitir información básica sobre el proceso, para que el área de supervisión pueda realizar alguna gestión, y los técnicos puedan determinar las tareas y operaciones a realizar para que el sistema pueda funcionar correctamente. Con ello, la empresa no se verá afectada por ninguna multa por incumplimiento de la normativa establecida.

Por lo tanto, el objetivo principal fue diseñar un sistema automatizado en el control del tratamiento primario para incrementar la eficiencia de la PTAR industrial, así mismo se plantearon los objetivos específicos: Evaluar el estado actual de los controles del tratamiento primario de la PTAR para identificar los puntos críticos de control, evaluar los parámetros y las acciones correctivas actuales desarrolladas en el tratamiento primario para conocer las principales desviaciones, modelar y simular un sistema automatizado en los controles del tratamiento primario para detallar los requerimientos y especificaciones técnicas que se deben tomar en cuenta para el sistema de automatización y por último estimar el costo beneficio de la implementación de la propuesta para determinar si el proyecto es viable, finalmente se planteó como hipótesis de investigación que la implementación de un sistema automatizado incrementará la eficiencia del tratamiento de agua residual en la PTAR industrial.

## **II. Marco teórico**

Palacios y Reyes (2020), realizaron una investigación con el objetivo principal de realizar un proceso automatizado en el sedimentador y desarenador de la PTAR Tunja, Colombia. La metodología empleada en la investigación fue mixta con un enfoque cuantitativo y un nivel descriptivo el cual tendrá la adquisición de datos y el conocimiento de los procesos por medio de la observación, toma de medidas y análisis de información como primera fase, para finalmente diseñar el sistema de control en la limpieza e iluminación de advertencia de los sedimentadores. El resultado obtenido es la mejoría de la calidad final del agua tratada concluyendo que la aplicación de nuevos sistemas, contribuyen a la modernización de los procesos internos generando nuevos alcances para la sustentabilidad y sostenibilidad de la empresa.

Villalba (2020), en Colombia llevaron a cabo una investigación con el objetivo principal es la ejecución de los procesos constructivos de la Fase I, velando por la correcta instalación eléctrica de equipos, verificación de los diagramas de control de procesos P&ID, supervisando la correcta instalación de la instrumentación para control y medida mediante versiones actuales de diseño. Como resultado se presenta un diseño eléctrico para la ejecución y supervisión de la PTAR, conociendo e implementando las estrategias de control se seleccionaron los equipos adecuados.

Rajhans, More, Gambhir y Deshmukh (2020), realizaron una investigación en la india con el objetivo principal de utilizar un PLC y SCADA para incrementar su eficiencia y tener una mejor precisión a lo largo del proceso de tratamiento del agua residual, la metodología empleada fue a base de simulación en tiempo real de toda la operación mostrada en la pantalla SCADA siendo de vital importancia para analizar incluso los detalles más minuciosos del sistema. obteniendo resultados óptimos en tiempo real visualizando la PTAR, que generalmente es observado desde la sala de control, concluyen que el PLC facilita la flexibilidad tanto en la facilidad de programación con alta velocidad y mejor precisión de operación, también debido a su simplicidad de comprender el lenguaje de

programación, y a su vez en la actualidad se está utilizando en varias aplicaciones industriales en todo el mundo, la interfaz adecuada entre PLC y SCADA habilita el control remoto.

Páez (2020), realizó una investigación con el objetivo principal de diseñar un automatismo eléctrico para el proceso de oxidación de una PTAR de una industria dedicada a la fabricación de cartones localizada en Guayaquil, Ecuador, la metodología que utilizada fue de manera investigativa para el análisis correspondiente y así obtener un proceso sistemático, objetivo y organizado. De esta manera se puede lograr como resultado un proceso óptimo, retirando la necesidad del monitoreo constante por parte del operador, en cual cada 6 u 8 horas debía empezar cada operación y control del mismo, concluyendo que un sistema automatizado puede contribuir a evitar el error humano dentro del proceso y que la rentabilidad que se obtendría al implementar la automatización sería muy beneficioso.

Fernández y Pinto (2017), realizaron una investigación en argentina que tiene como objetivo la depuración eficiente de aguas residuales mediante la aplicación de un sistema experimentado, que se dedique a gestionar un adecuado desempeño de una PTAR de lodos activados de Paraguay. Desarrollando la arquitectura tecnológica esencial para la administración de una planta de procesamiento de aguas residuales, aplicando la supervisión y control con todos los conjuntos necesarios para la adquisición, procesamiento y actuación final del proceso de tratamiento, desarrollando y aplicando un sistema experto, con base en el aprendizaje automático. En consecuencia, se realizó todo el dimensionamiento y selección de los componentes de medición y transmisión necesarios para el proceso unitario, estos dispositivos se implementaron como enlaces con el sistema de control y se desarrolló toda la arquitectura del proceso.

Puente (2019), elaboró una investigación teniendo como objetivo principal gestionar la implementación de los estándares, procedimientos, requerimientos legales que permitan optimizar el sistema de tratamiento de los efluentes

industriales para asegurar la calidad de los vertimientos encontrados dentro de la clase III de la PTAR del distrito de Huayllay de la Provincia y Departamento de Pasco. Dentro de la metodología fue una investigación aplicada, descriptiva y analítica. Los resultados obtenidos fueron que el nivel en que se cumplen medianamente los estándares en el tratamiento primario es de 60.8 %, el 13.09 % cumple totalmente y el 4.4% no cumple (21.8 % que no fue analizado). Además, se pudo controlar el ajuste del pH de manera sostenible.

Oscanoa (2017), desarrolló su investigación con el principal objetivo de diseñar una estación de monitoreo de las aguas residuales no domésticas de una PTAR de Lima Metropolitana. Según la metodología se trata de una investigación aplicada y descriptiva. Dentro de los resultados tenemos que la estación de monitoreo diseñada es capaz de alertar cuando el nivel de alguno de los parámetros principales medido por el arreglo de sensores supera el nivel establecido en la PTAR. Llegando a la conclusión de que la instalación de una estación de monitoreo de aguas residuales no domésticas es rentable en la ciudad analizada, para lo cual se contará con un sistema de fácil uso, por ser portátil, permite su instalación inmediata en diversos puntos, y gracias a su sistema autónomo, puede trabajar durante 1 día seguido sin la necesidad de utilizar electricidad doméstica.

Oviedo (2016), realizó su investigación con el principal objetivo de lograr la automatización y control de las operaciones en una PTAR y así tener procesos estandarizados lo cual minimizó los recursos utilizados y eliminó los tiempos improductivos de la planta. Según la metodología se trata de una investigación aplicada y descriptiva. En los resultados se tiene que una vez implementada la propuesta se da la minimización del tiempo utilizado en cada batch en promedio de 3.5 horas, con lo cual se logró una reducción de tiempo del 70.8%. Finalmente se llega a concluir que hubo una mejora en los valores de sólidos disueltos totales (46 mg/l) y DQO (800 mg/l) (mejor caracterización a la anterior), lo que mejorará el rendimiento de la siguiente fase del proyecto.

## Conceptualización del término PTAR

Una planta de tratamiento de aguas residuales comúnmente conocida como PTAR es un área destinada a la recuperación del agua, mediante procesos físicos, químicos y biológicos. De acuerdo a la calidad de agua que se desea obtener en el proceso de reutilización se colocan las exigencias correspondientes a los estándares de calidad.

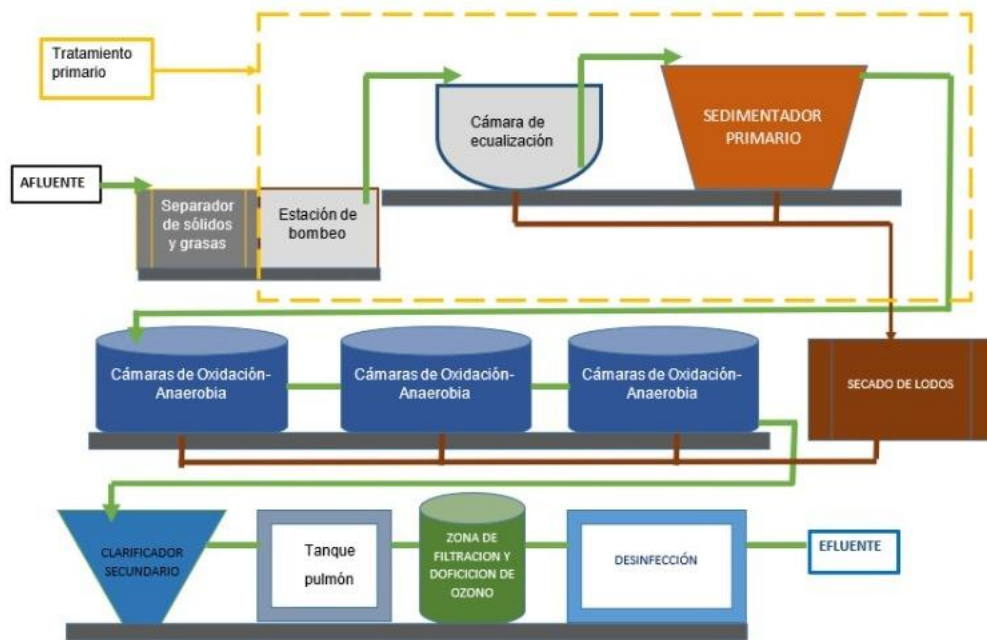


Figura 1. Procesos de una PTAR industrial

Nota. Elaboración propia

### Etapas del proceso de tratamiento

**Pre-Tratamiento:** El tratamiento inicia con el Separador de Sólidos Pesados (SSP), que normalmente es realizado mediante el cribado, lugar donde se precipita los vidrios rotos, arenilla, plásticos, maderas, otros sólidos pesados y elementos minerales que pueden originar sedimentaciones y/o abrasiones a lo largo de las conducciones o elementos mecánicos de la instalación.

**Tratamiento Primario:** Es un tratamiento físico-químico que se inicia con el componente Separador de Aceites y Grasas (SAG), su función es separar y recuperar los aceites y grasas mediante diferencia de densidades al provocar la separación del líquido en dos fases, la superior de grasas y la inferior en agua



realizados en un determinado tiempo; donde son retenidos y flotan sobre el espejo del agua, luego continua la etapa de estabilización del pH llamada la Cámara de Ecuilización (CE), para ello se debe controlar el pH dentro de los valores requeridos (Rango de 6 a 8) añadiendo ácido o soda caustica, y por último el Sedimentador Primario (SP), siendo su función precipitar el mayor contenido de los sólidos suspendidos, acondicionando para no interferir en el desarrollo del tratamiento biológico, con sólidos no deseables o lodo primario, además de reducir el contenido de DBO.

**Tratamiento Secundario:** Es un tratamiento meramente biológico, y pueden ser Anaeróbico o Aeróbico, siendo esta última mediante por lodos activados convencional y por aireación extendida, su componente principal son las Cámaras de Oxidación-Anaerobia (COA), encargada de dar las condiciones de vida para el desarrollo de los microorganismos aerobios que se alimentaran de la materia orgánica existente en el efluente degradándola y descontaminando el agua mediante un proceso de combustión húmeda. En esta cámara se inyecta y se mezcla el aire con el efluente mediante dos sistemas de aireación, siendo el sistema de Aireadores-Mezcladores y el sistema de sopladores.

**Tratamiento Terciario:** Es la última etapa donde el agua residual esta lista para ser recuperada, teniendo en cuenta los límites permisibles, en este proceso existen diferentes modos de desinfección del agua, que pueden ser por filtración, osmosis inversa, nano-filtración o sanitización con hipoclorito de sodio o calcio, peróxido de hidrógeno, ozono o rayo ultra violeta (UV). La desinfección mediante ozono es uno de los tratamientos más avanzados ya que nos permiten eliminar contaminantes recalcitrantes, a su vez también desodorizará y contribuirá a la disminución de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO5 y DQO.

#### **Parámetros de proceso:**

Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden operar y mantenerse eficientemente, mediante el monitoreo de los siguientes parámetros: fósforo, nitrógeno amoniacal, cloro residual, pH, temperatura, oxígeno disuelto, DBO, DQO, volumen de lodos (sólidos volátiles en suspensión).

Fósforo y nitrógeno: son los nutrientes que son esenciales para el crecimiento biológico, siendo los compuestos inorgánicos más importantes para el control de la calidad de las aguas residuales.

Potencial de Hidrogeno (pH): Los grandes cambios en el pH del agua cruda afectarán el pretratamiento; pudiendo matar completamente los microorganismos en la fase del proceso biológico. En las Cámaras de Ecuilización, el pH del efluente, puede variar entre 6,5 y 8,5.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es un parámetro que mide la cantidad de materia orgánica en una muestra líquida que puede oxidarse químicamente. Se define como la cantidad de oxígeno consumida por materiales oxidables contenidos en 1 litro de agua en las condiciones de prueba, expresada en mg / l. Esta determinación está marcada por DQO, que no representa lo que realmente sucede en la naturaleza y, lo que es más importante, no distingue entre sustancias biodegradables y no degradables. Es un parámetro importante para determinar la carga de contaminantes orgánicos disueltos en el cuerpo del agua a tratar.

Demanda Bio-Química de Oxígeno (DBO): Significa la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para asegurar que las sustancias orgánicas contenidas (disueltas) en el agua a analizar se descompongan en condiciones claramente definidas.

Temperatura: Para obtener la máxima eficacia del tratamiento, los microorganismos contenidos en el COA requieren una temperatura adecuada. Los cambios de temperatura afectan directamente a la reproducción y al desarrollo de los microorganismos, siendo una temperatura ideal entre los 20 °C y 32 °C.

Volumen de Lodos (Zona de aireación): Como en el caso del oxígeno disuelto, el volumen de lodos cambia a lo largo del día.

### **Eficiencia:**

La eficiencia es una expresión que se utiliza para medir la capacidad o el desempeño de un sistema para lograr ciertas metas y minimizar el uso de recursos. Una vez analizados todos los factores que inciden en la eficiencia de la planta de tratamiento y la relación entre ellos. Para determinar la eficiencia de la

carga contaminante principal, hay dos: carga orgánica (medida a partir de DBO) y carga de sólidos en suspensión. De acuerdo con la teoría de diseño de la planta de tratamiento, la cantidad de agua que ingresa es igual a la cantidad de agua que sale. Solo las muestras en la entrada de agua y la salida de agua deben analizarse en el laboratorio para determinar la concentración de contaminantes, que es, residuos. (Julio Cesar Carcache et al., 2018).

### **Automatización:**

La automatización nace con el fin de reemplazar total o parcialmente la operación del ser humano mediante un operador virtual o artificial que se encargara de la ejecución de cada una de las ocupaciones requeridas dentro de producción industrial que se realizara de forma programada para el control automático de sus procesos teniendo como fin que las cambiantes controladas mantengan sus valores de control indicados siendo resistentes a las perturbaciones usando conocimientos de la mecánica, electrónica e informática este último mediante el hardware y el software. (Arias, 2020).

En un primer nivel consta de varios equipos y tecnologías de sensores, que incluyen: Instrumentos de medición, como medidores de flujo, interruptores de nivel de líquido, interruptores de proximidad, etc. En resumen, cualquier cosa que proporcione información mediante la medición de las variables de la planta. Los actuadores, como válvulas, bombas y otros instrumentos, pueden mantener variables como el flujo, el calor y la presión dentro de los parámetros permitidos.

El segundo nivel recibe información de todos los sensores, interruptores y otros dispositivos de entrada para decidir qué salidas activar para completar tareas predeterminadas. Un PLC (controlador lógico programable) contiene un procesador, memoria para almacenar su programación y otros datos, y módulos de entrada y salida. El equipo a nivel de control recibe información de equipo a nivel de campo y usa esa entrada para crear una salida que controla el proceso de producción.

Existen diferentes controles dentro del PLC según su aplicación, los controles más básicos son los ON-OFF que comúnmente se utilizan para señales digitales y cuando el proceso no necesite una exigencia de exactitud en sus variables, y cuando un proceso necesita de mayor precisión en sus variables se utilizan el control proporcional integral (PI) o el control proporcional integral derivativo (PID), la señales que contralan son del tipo analógicas como por ejemplo una válvula moduladora, sensor de presión diferencial, y entre otros, las señales eléctricas entre el sensor-PLC o PLC-actuador tienen señales estandarizadas de 4 a 20mA y de 0 a 10 V, según la selección de los componentes electromecánicos o electrónicos a utilizar en el proceso.

El tercer nivel se encuentran el sistema de adquisición y monitoreo de datos (SCADA) y la interfaz hombre-máquina (HMI). En este nivel, los datos del proceso se monitorean a través de la interfaz de usuario y se almacenan en el sistema de base de datos. SCADA se usa generalmente para controlar múltiples máquinas en procesos difíciles. En esencia, es una combinación de dos niveles anteriores utilizados para acceder a datos y sistemas de control desde una sola ubicación. Una diferencia es que SCADA generalmente se usa para reajustar o restablecer valores. calificación.

El desarrollo tecnológico en las comunicaciones se encuentra directamente aplicada en los dispositivos industriales, mediante las cuales se consigue una compleja cohesión de los diferentes sistemas, procesos e instalaciones que implica un pilar esencial para conseguir los niveles de operatividad y dificultad que se necesitan en el planeta nuevo. Por consiguiente, un sistema de comunicación de datos industriales es cada vez más exigente cuanto más lejos del proceso físico está. Las tres primordiales propiedades que determinan la aplicación de las distintas redes de comunicación son: volumen de datos, rapidez de transmisión y rapidez de respuesta (Sarmiento,2016).

### III. Metodología

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

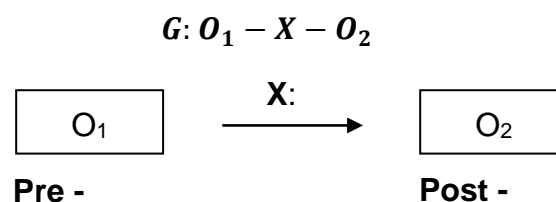
##### Tipo de investigación

La presente investigación utiliza conocimiento desarrollado de sistemas automatizados implementado en PTAR dando como resultado el incremento de la eficiencia del proceso. La presente investigación es de tipo aplicada, pues tiene como objetivo incrementar la eficiencia del proceso de una PTAR industrial, desarrollando de un sistema de control automatizado, el cual marcará el inicio de una mejora continua en cuanto a proyectos de innovación en la empresa.

##### Diseño de investigación

La presente investigación tiene un diseño preexperimental que según (Valderrama, 2012) es el diseño de un grupo con pre prueba y pos prueba. Consiste en administrar una prueba preliminar para medir la variable dependiente, aplicar el tratamiento y administrar y el después que mida nuevamente la variable dependiente.

El diseño de investigación con relación al tipo de estudio, es pre experimental y según Sampieri (2014) se representa de la siguiente manera:



G: PTAR de la ciudad de Trujillo.

O1: Eficiencia antes de la automatización.

O2: Eficiencia luego de la automatización.

X: Automatización de los procesos del tratamiento primario.

En este sentido, en esta investigación se llevó a cabo el incremento en la eficiencia de la PTAR ubicada en la ciudad de Trujillo mediante el uso de una automatización de procesos en el tratamiento primario.

### **3.2 Variables y operacionalización**

#### **Independiente: Sistema automatizado**

Automatización industrial es un conjunto de tecnologías que de manera secuencial logran alternativas de desarrollo para cualquier tipo de industrias. Automatizar significa optimizar las condiciones de calidad, seguridad y producción. Requiere el diseño como base principal de desarrollo y para crear el modelo virtual de cualquier parte del proceso. (Hernández y Mendoza, 2015)

#### **Dependiente: Eficiencia del tratamiento de una PTAR**

La eficiencia es una expresión que se utiliza para medir la capacidad o el desempeño de un sistema para lograr ciertas metas y minimizar el uso de recursos (Julio Cesar Carcache et al., 2018).

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

**Población:** La presente investigación tiene una población conformada por 143 PTAR industriales a nivel nacional que tienen sistemas básicos de producción manuales o semiautomáticos (Gobierno regional).

**Muestra:** La muestra está basada en la PTAR de Trujillo.

**Muestreo:** No probabilístico, debido a que la información fue seleccionada por conveniencia de los investigadores.

**Unidad de análisis:** PTAR de la ciudad de Trujillo

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 1.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

<b>TÉCNICAS</b>	<b>USO</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Observación	Conocer el proceso y las condiciones de operación de la PTAR.	Guía de observación.
Análisis documental.	Recolectar información de fuentes confiables.	Fichas de registros y reportes de monitoreo.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5 Procedimientos

Se gestionará contacto con la jefatura de PTAR de la empresa industrial de la sede Trujillo, para definir la muestra.

Se solicitará autorización para realizar una evaluación del estado actual del tratamiento de aguas residuales que cuenta con un control semiautomático.

Se esperará la aceptación de la solicitud, y contar con las facilidades y permisos para realizar la mencionada evaluación.

Se realizará la observación y se identificará los parámetros del proceso que intervienen en el tratamiento de la PTAR.

Luego a la observación se seleccionarán los componentes de última tecnología acorde a las necesidades del proceso y protocolos de comunicación para la realización de un proceso automatizado.

Se desarrollará coordinaciones con el encargado de laboratorio y operación de la PTAR encargado de la planta para obtener reportes, datos estadísticos, datos, etc.

Después de realizar estas actividades, la PTAR de la empresa industrial Arca Continental Lindley de la sede Trujillo, emitirá una constancia de realización del estudio de investigación.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Método descriptivo: Se elaborará una data en programa Excel que permitirá evaluar la situación problemática y proponer sistemas automatizados de última generación. Luego se prepararán tablas que muestren conceptos, números, porcentajes y otros detalles útiles de la investigación y detalles relacionados con el sistema de automatización PTAR. Seguido, se elaborará una propuesta de costo del sistema automatizado en el programa Excel y finalmente se elaborará figuras relacionadas a las variables o indicadores.

Método inferencial: Se aplicará la prueba de estadística inferencial a los datos antes y después de la eficiencia del parámetro más relevante de todo el proceso que es el pH para conocer si son paramétricos o no paramétricos, con esto se sabrá si utilizaremos la prueba T- student (paramétrica) que conoce la distribución de la muestra para hacer inferencias o la prueba de Wilcoxon (no paramétrica) que no requiere conocer la distribución de la muestra.

### **3.7 Aspectos éticos**

Los investigadores realizaran esta investigación íntegramente con información real y se comprometen a respetar la veracidad de los resultados. Asimismo, se propone una mejora que resultará en beneficio de la empresa, la cual brinda su información para dicho propósito. También es importante, respetar la autoría intelectual citando correctamente los textos para el desarrollo del presente proyecto de investigación.



## **IV. Resultados**

Como parte inicial de los resultados se evaluó el estado actual de los controles del tratamiento primario de la PTAR para poder identificar los puntos críticos de control en dicho tratamiento.

### **4.1 Diagnóstico inicial del control del tratamiento primario de la PTAR**

- *Identificación del proceso en la PTAR de la ciudad de Trujillo*

La PTAR que se encuentra en la ciudad de Trujillo es una planta de tratamiento por procesos mixto: tanto físico, químico como biológico los cuales tienen como finalidad la reducción de los contaminantes físicos, químicos y orgánicos que se encuentran presentes en el efluente doméstico o industrial, es decir, sirven para depurar el agua contaminada produciendo agua descontaminada o también llamado efluente tratado, inocuo con el medio ambiente y reutilizable para riego, o según el tratamiento final hasta la reutilización en el proceso.

Esta planta ha sido diseñada para tratar un caudal de 563,0 m<sup>3</sup>/día, su objetivo es realizar el Tratamiento de los Efluentes Industriales para precipitar los sólidos suspendidos de SST 350 mg/L a 50,0 mg/L; Aceites y Grasas (A&G) de 50 a menos de 10 mg/L; la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) de 1400 mg/L a menos de 50,0 mg/L; la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 4000 mg/L a menos de 200,0 mg/L; todos estos contaminantes provenientes de los diferentes procesos productivos. Además, se ha previsto el sistema que se considera apropiado para el acondicionamiento de lodos primarios y secundarios y facilitar su evacuación de forma compacta, con el fin de cumplir con la legislación y normatividad vigente para protección del medio ambiente sin ninguna contaminación de acuerdo a las normas de la empresa.

El efluente a tratar tiene las siguientes características, las cuales fueron proporcionadas por la Empresa.

**Tabla 2. Caracterización- PTAR Trujillo**

<b>PARAMETROS</b>	<b>MINAM</b>	<b>Norma (Empresa)</b>
Caudal Promedio.	563.0 m <sup>3</sup> /día	
DBO5 Promedio.	1,400 mg/l	< 50 mg/l
DQO Prom. (soluble)	4,000 mg/l	< 200 mg/l
pH	12,0	6.5 – 8.0
Temperatura	15 - 30 °C	30° C máximo
A & G	mg/l	< 10 mg/l
SST	mg/l	< 50 mg/l
STD	mg/l	< 2,000 mg/l *
Cloro residual	< 0.5 ug/l	< 10 ug/l
Oxígeno Disuelto	mg/l	>4 mg/l
Nitrogeno Total	10 mg/l	< 5 mg/l
Sulfatos	mg/l	< 250 mg/l *
Fosforo	15.0mg/l	< 2 mg/l
Aluminio	mg/l	< 0.1 mg/l
Hierro	mg/l	< 0.1 mg/l
Plomo	mg/l	< 0.1 mg/l
Surfactantes	0.15 mg/l	< 0.5 mg/l
Amoniaco	mg/l	< 2 mg/l
Cadmio	mg/l	< 0.02 mg/l
Cromo Hexavalente	mg/l	< 0.1 mg/l
Cromo trivalente	mg/l	< 0.1 mg/l
Solidos Sedimentables	ml/L/h	< 250 mg/l
Coliformes totales	70x 10 <sup>3</sup>	
Solidos Volátiles	ml/L/h	< 100 ug/l

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de la empresa

Actualmente la actividad global de la empresa se desarrolla siguiendo los procesos de pre tratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario en los cuales se mantiene ciertos parámetros de evaluación, con esos indicadores se maneja el buen uso del agua tratada. A continuación, se describen todos los procesos involucrados en la planta.

**Tabla 3. Procesos desarrollados en la PTAR Trujillo**

Proceso	Actividades
Pre- Tratamiento Primario	Separación de Sólidos Pesados y Desbaste
Tratamiento Primario	✓ Separación de aceites y grasa. ✓ Estabilización del pH por formación de CO <sub>2</sub> . ✓ Sedimentación por gravedad.
Tratamiento Secundario	Cámaras de Oxidación-Aerobia para el proceso de Lodos Activados y la biodegradación de la materia orgánica disuelta
Tratamiento Terciario	Desinfección por Generación y Recirculación de Ozono

Fuente: Elaboración propia

Para que una PTAR sea altamente eficiente, se debe controlar sus variables con más exactitud en la etapa primaria del tratamiento, ello garantizará que las etapas siguientes no se vean afectadas por valores fuera de rango y ocasionen un mal tratamiento del agua residual, siendo el control manual el que dificulta poder llevar un monitoreo en línea. Para ello es que se plantea la implementación de un sistema automatizado en la etapa primaria, para el agregado de soda caústica o ácido según el medidor de pH y actuar de forma automática las bombas de dosificación para estabilizar el pH dentro de los valores requeridos. Todo esto es posible haciendo un análisis de diagnóstico inicial enfocado en este tratamiento y en las actividades desarrolladas; así como un estudio de los indicadores que controla la planta en los procesos del tratamiento primario, los cuales son Potencial de hidrógeno (pH), temperatura máxima, Sólidos totales disueltos en mg/L y DQO en ml/L.

El diagrama actual del proceso primario de la PTAR y el detalle de cada una de los procesos involucrados se detalla a continuación:

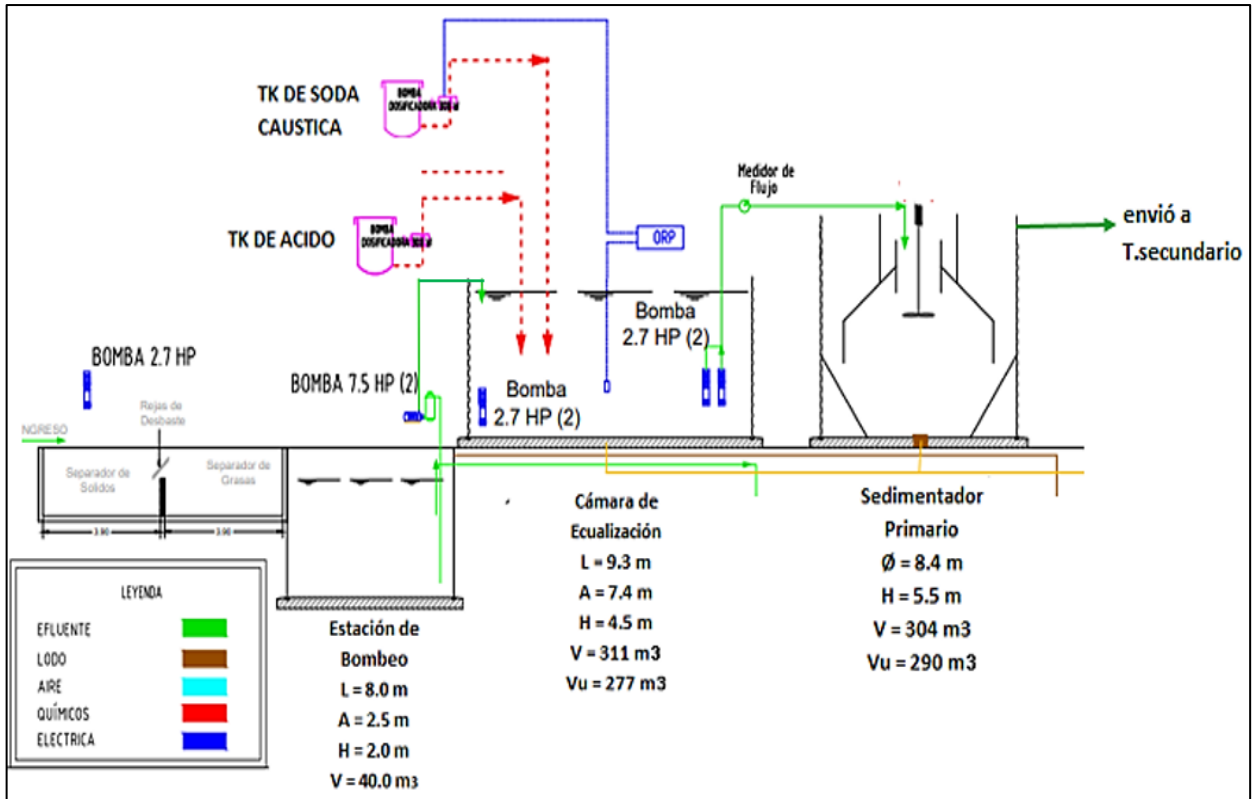


Figura 2. Diagrama actual del proceso primario de una PTAR (elaboración propia)

A continuación, se muestra los procesos involucrados en la etapa primaria de la PTAR.

- *Procesos que intervienen en el tratamiento primario*

El tratamiento primario de la PTAR consiste básicamente en un tratamiento físico químico, donde los procesos que intervienen en este proceso son:

- ✓ Separación de sólidos pesados o gruesos.
- ✓ Sedimentación
- ✓ Separación de Aceite y Grasas
- ✓ Neutralización del pH

- *Descripción de cada componente del tratamiento primario de la PTAR*

En el tratamiento primario de la PTAR de Trujillo se realizan procesos de dos tipos; tanto físicos como químicos y es que los principales procesos del tratamiento primario de la PTAR de Trujillo son: Separación de sólidos pesados o gruesos, sedimentación, separación de Aceite y Grasas, neutralización del pH, floculación

química por coagulantes, floculantes, polímeros y adecuación del efluente, mediante la adición de degradantes, reactantes, enzimas, coenzimas.

En este punto se desarrollan cada uno de los procesos del tratamiento primario de la PTAR como sigue:

✓ Separador de Sólidos Pesados (SSP)

El tratamiento se inicia con la llegada del afluente industrial al separador de sólidos pesados (a - 1.52 m NPT), que es donde se da la precipitación de la arenilla,



vidrios rotos, otros sólidos pesados y elementos minerales que pueden originar sedimentaciones y/o abrasiones a lo largo de las conducciones o elementos mecánicos de la Instalación. A este lugar confluyen todos los afluentes industriales producto del lavado de las botellas y del mantenimiento de otros componentes de la embotelladora, así como el agua de lavado de los pisos; que a través de una tubería de 300 mm de diámetro ingresan por gravedad al separador de sólidos.

**Tabla 4.** Equipos utilizados en la SSP

EQUIPOS UTILIZADOS
01 cisterna con capacidad de 7.0 m <sup>3</sup> . De 1.5 x 3.0 x 3.1 m. (AxLxP), Altura útil 1.5 m. Construida en concreto armado
01 bomba sumergible HIDROSTAL A2Q 2,6 HP/ 440V/3.6 AMP/ 3305 RPM/ (IN-OUT 2"), para evacuar los lodos hacia el Espesador de lodos

Fuente: Datos de la empresa

✓ Sedimentación (Reja de Desbaste)

La reja de desbaste se ubica al extremo del separador de sólidos pesados y tiene la misión de retener sólidos gruesos mayores a 10.0 mm, tales como sorbetes, chapas, plásticos, trapos y otros que pudieran llegar hasta esta etapa. Luego de esta reja de desbaste los afluentes industriales crudos

pasan al separador de aceites y grasas por gravedad.

Las dimensiones son de 600x1500mm construidos con platinas de 3/8" Ø en Al 304.

✓ Separador de Aceites y Grasas (SAG)

La función del SAG es separar y recuperar los aceites y grasas, por diferencia en sus densidades y eso se logra provocando la separación del líquido en dos fases una superior



compuesta por grasas y otra inferior que es el agua; lo cual se realiza constantemente en el desarrollo de las actividades de la PTAR. Los líquidos ubicados en la superficie son retenidos y flotan sobre el espejo del agua.

El efluente decantado pasa a la Estación de Bombeo y en el caso de la extracción de aceites y grasas será por la parte superior del SAG de manera manual rápida y sencilla mediante cucharones.

Sus dimensiones son 1.5 x 3.9 x 3.0 m (AxLxP).

✓ Estación de Bombeo (EB)

Esta cámara recibe el afluente crudo del Separador de Aceite y Grasa a través de una tubería de 12" Φ (a -1.60 m NPT). Su función es la de recibir y almacenar el efluente proveniente del separador de aceites y grasas, que



luego será impulsado hacia la Cámara de Ecuilización, ubicada a 12.0 m. aprox. mediante 02 bombas centrifugas Autocebantes de servicio alterno, activadas por controles de nivel bajo en la misma estación y por nivel alto en la Cámara de Ecuilización. Estas bombas succionan los afluentes y lo filtran a través de dos tanques de vacío, provisto interiormente con mallas

de acero inoxidable, para retener algún sólido que haya logrado pasar hasta este punto.

**Tabla 5.** *Equipos utilizados en la estación de bombeo*

EQUIPOS UTILIZADOS
01 cisterna de 30.0 m <sup>3</sup> . De 2.5 x 8.0 x 3.2 m. (AxLxP), construida en concreto armado. Altura útil 1.5m. (a -2.0 NPT)
02 bombas Centrifugas Autocebantes. Marca BARNES. Mod. 15 CCE-7.5 HP/ 440 VAC /9.82 A/3F /60Hz /3480 RPM - SERIE 1008090508 y 1008090501 (IN / OUT 3" Ø)
02 interruptores de Control de nivel, tipo boya
02 tanques de vacío, de 0.75 m diámetro x 1.20 m altura cilíndrica en A-36
02 mallas de Ac. Inox. 304 de 12" φ x 24"
01 línea de Tubería de 6" de diámetro x 20.0 m hasta la Cámara de Ecuación

Fuente: Datos de la empresa

✓ Cámara de Ecuación (CE)

Esta cámara se utiliza para garantizar los posteriores procesos del tratamiento biológico y es que en esta cámara es donde se realiza la homogenización de la variada carga orgánica presente en el



afluyente que va ingresando durante el día. Desde esta cámara los afluentes son impulsados con caudal regulado de 563 m<sup>3</sup>/día al sedimentador primario. Para ello se cuenta con dos bombas sumergibles de homogenización aireada conjuntamente con un sistema venturi y otras dos

bombas de alimentación. Estas bombas son activadas mediante controles de nivel. En esta cámara de ecualización es dónde se mide el pH en laboratorio del afluente, para luego manualmente, mediante las bombas dosificadores de ácido o de soda caustica regular el pH. Los afluentes provenientes de la cámara de ecualización son enviados a través de una tubería de 4"  $\Phi$  al sedimentador primario.

**Tabla 6.** *Equipos utilizados en la cámara de ecualización*

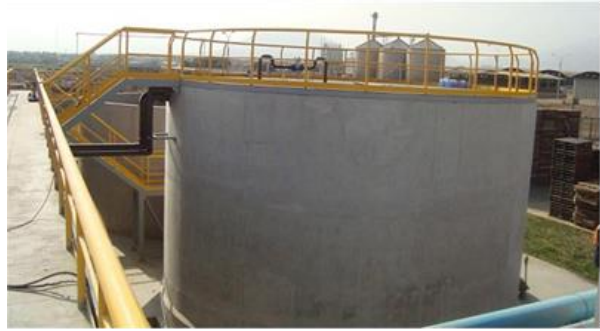
EQUIPOS UTILIZADOS
01 cisterna de 311.0 m <sup>3</sup> , para 12 hrs. de retención hidráulica. De 7.45x9.30x4.50 m. (A x L x P). Construido en concreto armado
02 bombas sumergibles DE RECIRCULACION (BH1 y BH2) 3.0HP/ 440VAC/ 3F (IN/ OUT 2" $\Phi$ )
02 bombas sumergibles 3.0HP/ 440VAC/ 3F. (IN/ OUT 2" $\Phi$ )
01 bomba Dosificadora IWAKI (BDCS) N° EHE 36E2- VC/ 8.5 LPH/ 0.25 HP/ 230VAC /105PSI/ SERIAL N° 1201242141. Para soda cáustica
01 depósito de 1000 Lts. para la Solución de la soda caustica
01 bomba Dosificadora IWAKI N° EHE 36E2-VC/ 8.5 LPH/ 0.25 HP/ 220 VAC/ 105 PSI/. Para Acido
01 depósito de 1000Lts. para Solución del ácido
01 bomba Dosificadora IWAKI N° EHE 36E2-VC/ 8.5 LPH/
02 controladores de nivel, tipo boya
01 medidor de caudal, de 3 " diámetro. 30 m <sup>3</sup> /h

Fuente: Datos proporcionados por la empresa



✓ Sedimentador primario (SP)

En el caso del tratamiento primario, el sedimentador tiene como objetivo precipitar el mayor contenido de los sólidos suspendidos del afluente, acondicionando para no interferir el desarrollo del



tratamiento biológico, con sólidos no deseables o lodo primario. Además de reducir el contenido de DBO. En esta estación, al precipitar los sólidos suspendidos y formar un manto de lodos en la parte inferior, estos se van degradando anaeróbicamente lo que nos permite bajar la carga orgánica para aliviar las otras etapas.

**Tabla 7.** *Equipos utilizados en el sedimentador primario*

EQUIPOS UTILIZADOS
Cisterna de 304.0 m <sup>3</sup> . De 8.40m de diámetro x 5.50 m de altura total, construida en concreto armado. Componentes: Una campana cilíndrica concéntrica separadora de fluidos de $\Phi$ 6.5 m x 6.2 m H de fondo cónico de 1.52 m de diámetro x 2.40 m de altura, un Techo del Sedimentador, construidas en acero al carbono A-36. Además de pasarela, pasamanos y barandas de acceso y seguridad
01 agitador central de paletas radiales con eje de acero de 2 1/2" de diámetro accionada por un motor reductor. Con reducción por transmisión de cadena a 12 RPM
01 motor reductor RE87DRS112M4 - 5.0HP/440VAC/1745-37
Un motor reductor S67DRS8OM4 - 1.50 HP/440 VAC/ 1725-32 RPM/ 3F.
01 depósito para la preparación de Solución de carbón activado de 500 Lit. De $\Phi$ 0.76 x 1.2 m H.

---

Un motor de 0.5 HP/ 440 VAC/ 1130 RPM/ 1.88 Amp/ 3F (agitador carbón activado)

01 bomba centrífuga HIDROSTAL A JE-1.9T -1.9 HP/440 VAC/ 3.3 Amp/ 3410 RPM/ 3F, para trasvase de la solución de carbón activado, al dosificador de copas

---

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

- *Análisis de los controles actuales del tratamiento primario de la PTAR*

Los controles utilizados en el tratamiento primario de la PTAR se detallan según los siguientes procesos

**Tabla 8.** *Principales controles desarrollados en cada proceso*

Proceso	Controles desarrollados
Separación de sólidos Pesados y de aceites y grasas	No existe un control en estos tratamientos, salvo la observación directa del estado en que se encuentran las estructuras.
Estación de bombeo	En la estación de bombeo se tienen los siguientes controles: <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Verificar y controlar a diario el nivel de la Estación de Bombeo.</li><li>✓ Verificación diaria del funcionamiento de las bombas centrífugas.</li><li>✓ Arranque: Manual y/o semi automático de las bombas, desde el Tablero Eléctrico de Control, en caso de paradas programadas o imprevistas de la PTEI</li><li>✓ Control mediante la limpieza semanal para eliminación de elementos flotantes (aceite, grasa u otros) a nivel de la superficie de la Estación</li></ul>
Cámara de ecuación	En la cámara de ecuación se tienen los siguientes controles:

---

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificación diaria del normal funcionamiento de las bombas sumergibles de homogenización.</li> <li>✓ Verificar el funcionamiento de los interruptores de: nivel alto (ON) y el de protección de las bombas, al inicio o re-inicio de Operación de la planta.</li> <li>✓ Verificación y control del normal funcionamiento de las bombas sumergibles de alimentación.</li> <li>✓ Inspeccionar y verificar el funcionamiento correcto de las Instalaciones (tuberías, válvulas, accesorios, etc.)</li> <li>✓ Arranque: Manual y/o Automático de las bombas (desde el Tablero Eléctrico de Control), en caso de paradas programadas o imprevistas de la PTEI.</li> </ul>
Sedimentador primario (SP)	<p>En el sedimentador se tienen los siguientes controles:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Controlar la dosificación del carbón activado.</li> </ul>

---

Fuente: Datos proporcionados por la empresa

La gran mayoría de controles se realizan de manera manual y en algunos casos de forma semi automática en el tratamiento primario de la PTAR de Trujillo, es por ello que se debe realizar un análisis de todos los controles desde una perspectiva del diseño de planta, como se detalla a continuación:

- *Controles manuales y semi automáticos actuales de la PTAR*

Se tiene un diseño detallado de los controles realizados en la siguiente figura.

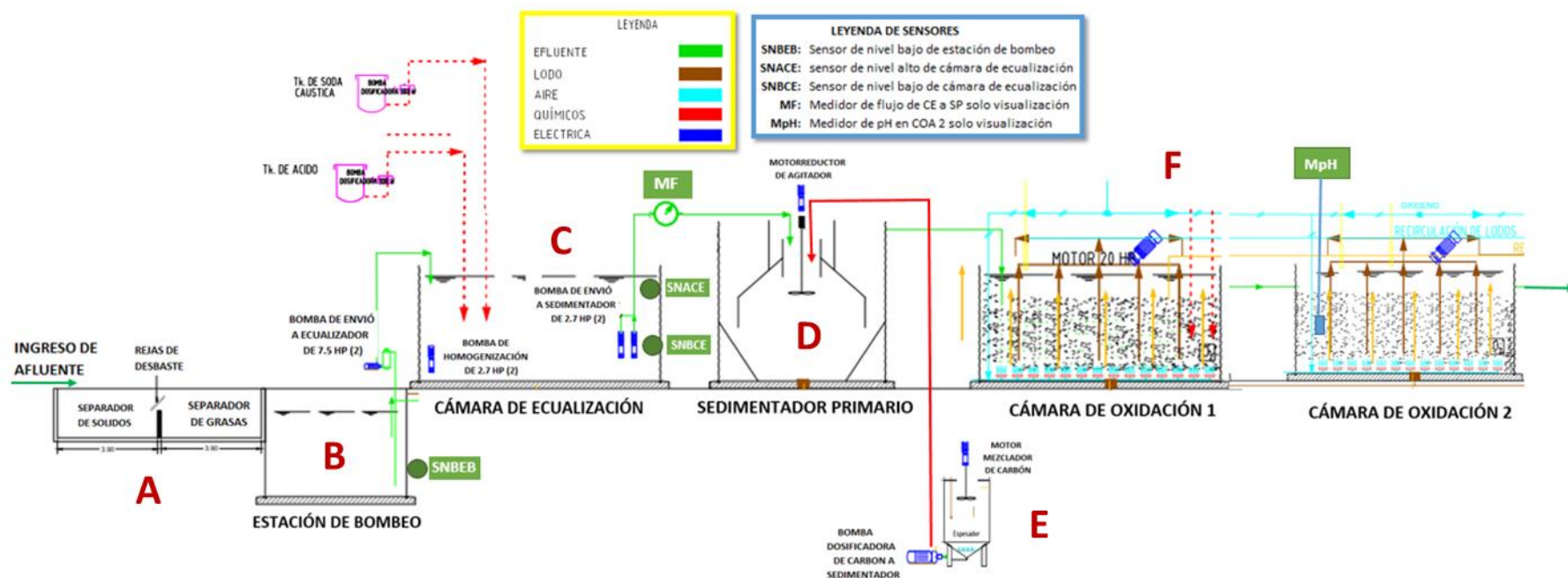


Figura 3. Diseño actual de los controles desarrollados en la PTAR

En el diseño mostrado se puede visualizar en el punto A los sólidos atrapados en las rejillas de desbaste son extraídos de forma manual por el operario y en el punto B solo cuenta con un sensor de nivel bajo de tipo boya en el tanque, condicionando el apagado y encendido de las bombas de envío desde la Estación de bombeo hacia la cámara de equalización. Asimismo, la elección del arranque de una de las dos bombas de envío son mediante los selectores ubicados en el tablero principal de mando de forma manual por el operario. Y finalmente, se da la toma de muestra por el operario de turno para medición de sus variables.

En el punto C los controles de las dos bombas de homogenización se dan mediante los selectores accionados de forma manual por el operador desde tablero de control cuando esta la requiere. Se cuenta con dos sensores de nivel alto y bajo instalados en el tanque de tipo boya, siendo una condicional en la lógica cableada tanto para la bomba de envió desde la estación de bombeo a la cámara de equalización como para la bomba de envió de CE a SP respectivamente. Se cuenta con dos bombas dosificadoras una de soda caustica y la otra de ácido para estabilizar el pH (6-10), estas bombas son comandadas por el operario de turno de acuerdo a su toma de muestra. También se tienen dos bombas sumergibles para envió del efluente desde CE a SP, siendo su control manual desde selector ubicado en el tablero de mando y la alternancia de estas es seleccionado por el operario. Hay 2 válvulas manuales a la salida de las bombas sumergibles para regulación del flujo del agua residual al ingreso del Sedimentador primario, con esto el operario genera mayor tiempo de retención del agua residual en el sedimentador. Se cuenta con un flujómetro solo para visualización del operario, instalado en campo. Se toma de muestra de sus variables por el operario de turno para análisis de laboratorio y de acuerdo a ello tomar acción ante una desviación y se da la toma de muestra por el operario de turno para medición de sus variables. En el punto D se cuenta con un motoreductor que acciona un agitador para homogenizar el agregado de carbón activado, esto es para evitar los malos olores del agua tratada, su control es de forma manual por medio del selector instalado en el tablero de control. En el punto E se cuenta con un tanque de preparación del carbón activado, teniendo un motor- agitador y una bomba de envió hacia el sedimentador, son controlados de forma manual por el operador desde el tablero de control. Y finalmente, se toma de muestra por el operario de turno para medición de sus variables.

En el punto F, que pertenece al proceso del tratamiento secundario; se cuenta con un medidor de pH instalado en la Cámara 2 y solo es para visualización en campo de operador, no ejecutando un control. Adicionalmente se cuenta con un medidor de Oxígeno disuelto para visualización en campo del operador. Y por último se cuenta con un Sistema de Aireadores–Mezcladores, que aspiran e inyectan el aire

atmosférico debajo de la superficie del efluente, mezclando y transfiriendo el oxígeno por la acción rotativa de la hélice. Los aireadores son instalados en la superficie de cada una de las cámaras. Asimismo, se cuenta con un Sistema de Sopladores instalados en la Caseta de acústica que conduce el aire mediante un sistema de tuberías hasta los difusores tipo disco de burbuja fina.

#### **4.2 Análisis y evaluación de los parámetros y sus principales desviaciones**

Para poder llevar a cabo una correcta evaluación de los principales parámetros evaluados en el tratamiento primario de la PTAR es importante primero definir cuáles son las variables controladas en cada proceso de este tratamiento.

- *Parámetros definidos según cada proceso*

En el caso del tratamiento primario se destaca el hecho de que los análisis de las variables a controlar se encuentran a partir de la estación de bombeo; donde se desarrolla, siguiendo por el ecualizador y el sedimentador primario.

- ✓ Estación de Bombeo (EB)

En la estación de bombeo se analizan las siguientes variables a controlar.

- Demanda Química de Oxígeno (DQO), para determinar la cantidad de materia oxidable químicamente.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), para determinar la cantidad de oxígeno necesaria para degradar biológicamente una muestra.
- Al arranque de la PTEI: analizar y registrar semanalmente los valores de: DQO; DBO5; Oxígeno Disuelto, Nitrogeno Total, Fosfatos orgánico y Poli fosfatos, Solidos Sedimentales y Suspendidos Totales al ingreso del afluente crudo.

Se sugiere, que la frecuencia de los análisis al ingreso de la PTEI se determine cuando se registre valores constantes, muy próximos a los de diseño.

✓ Cámara de Ecuación (CE)

En la cámara de ecuación se analizan las siguientes variables a controlar.

- En cada turno: Verificar en la pantalla (display) el valor del pH del afluente crudo (Rango 5.0 – 9.0).
- Semanalmente: Analizar, registrar y reportar los valores de Aceites y grasa.
- Semanalmente: analizar, registrar y reportar los valores de los fosfatos inorgánicos.
- Al inicio de la Operación de la Planta de Tratamiento, el operador semanalmente verificará y registrará la temperatura del afluente (T °C) hasta determinar un promedio representativo, que deberá estar entre un rango de 18 °C a 30 °C (lo ideal, es que este entre 25 a 28 °C).

✓ Sedimentador primario (SP)

En el sedimentador primario se analizan las siguientes variables a controlar.

- En cada turno: Verificar en la pantalla (display) el valor del pH del afluente crudo (Rango 5.0 – 9.0).
- Semanalmente: Analizar, registrar y reportar los valores de Aceites y grasa.
- Semanalmente: analizar, registrar y reportar los valores de los fosfatos inorgánicos.
- Al inicio de la Operación de la Planta de Tratamiento, el operador semanalmente verificará y registrará la temperatura del afluente (T °C) hasta determinar un promedio representativo, que deberá estar entre un rango de 18 °C a 30 °C (lo ideal, es que este entre 25 a 28 °C).

- *Principales parámetros en el tratamiento primario de la PTAR*

En el caso del tratamiento primario se destaca el hecho de que los análisis de las variables a controlar se encuentran a partir de la estación de bombeo; donde se desarrolla, siguiendo por el ecualizador y el sedimentador primario.

Para ello se visualiza en la siguiente tabla los principales parámetros analizados en este tratamiento primario.

**Tabla 9.** Rangos de medición en tratamiento primario según cada parámetro

Parámetro analizado	Proceso	Rango de medición
Potencial de hidrogeno (pH)	Estación de bombeo	Máx. 13
	Ecualizador	Entre 6-13
	Sedimentador primario	Entre 5-9
Temperatura	Estación de bombeo	Max 37 C
	Ecualizador	Max 37 C
	Sedimentador primario	Max 37 C
Solidos Totales Disueltos (mg/L)	Ecualizador	Ninguno
	Sedimentador primario	<2000
DQO (ml/L)	Ecualizador	Ninguno

Nota. Información brindada por la empresa

Se realizó un análisis trimestral de los principales parámetros analizados. En los 3 procesos de evaluación de los meses de enero a marzo para identificar las principales desviaciones de los parámetros. A nivel teórico, según el manual con que cuenta la empresa se deben tener valores de pH de entre 5-9; pero los registros de la empresa, muestran que en realidad se tiene un margen mayor de este parámetro; encontrándose el rango de medición de pH entre 6-13 en el caso del ecualizador y de entre 5 a 0 en el sedimentador primario. La evidencia de dicho análisis se encuentra en el Anexo N° 02

- ✓ Evaluación del primer parámetro: Potencial de hidrógeno (pH)

Se realizó un resumen de las fechas en que los parámetros estuvieron por encima y por debajo de los niveles establecidos que fueron mencionados



en la tabla anterior. Se analizó el nivel de pH en la estación de bombeo, el ecualizador y el sedimentador primario y se detalla en las siguientes tablas.

**Tabla 10. Rangos de medición según el parámetro: pH (Enero-Marzo 2021)**

Potencial de hidrogeno (pH) Enero-marzo 2021			
FECHA	Estación de bombeo (Max 13)	Ecualizador (6-13)	Sedimentador primario (5-9)
2/01/2021	9.69	6.65	10.02
7/01/2021	11.7	11.68	11.04
8/01/2021	11.66	11.61	11.18
9/01/2021	11.36	11.63	11.12
10/01/2021	10.99	11.09	10.9
11/01/2021	11.11	11.09	9.27
21/01/2021	11.17	11.44	10.3
22/01/2021	11.74	11.23	9.6
26/01/2021	10.6	10.68	4.85
28/01/2021	11.54	11.52	11.01
29/01/2021	11.18	11.34	11.39
30/01/2021	12.95	12.45	10.92
31/01/2021	12.5	12.25	10.24
6/02/2021	11	10.69	9.27
8/02/2021	10.43	9.08	4.78
10/02/2021	11.3	6.33	4.9
17/02/2021	7.89	5.78	5.2
18/02/2021	9.47	5.05	5.37
22/02/2021	11.28	11.17	10.11
3/03/2021	11.2	11.8	4.95
4/03/2021	11.66	11.7	10.74
5/03/2021	11.5	11.62	10.93
6/03/2021	10.2	11.5	11.48
8/03/2021	6.99	10.34	9.69
10/03/2021	9.47	10.36	4.96
13/03/2021	11.22	12.54	10.66
19/03/2021	11.74	11.43	4.88
26/03/2021	11.76	11.57	9.78
27/03/2021	11.68	11.57	10.79
28/03/2021	9.15	11.26	10.14
31/03/2021	11.67	11.34	9.35

Se realizó un segundo análisis trimestral de los principales parámetros en los 3 procesos de evaluación de los meses de abril a junio para poder identificar la frecuencia de las principales desviaciones de los parámetros.

**Tabla 11. Rangos de medición según el parámetro: pH (Abril-junio 2021)**

Potencial de hidrogeno (pH) Abril-junio 2021			
FECHA	Estación de bombeo (Max 13)	Ecuador (6-13)	Sedimentador primario (5-9)
7/04/2021	11.15	10.76	9.49
8/04/2021	10.3	10.5	9.96
10/04/2021	11.28	11.96	11.92
12/04/2021	4.9	12.51	11.72
13/04/2021	9.73	11.44	11.4
14/04/2021	11.49	11.45	11.46
15/04/2021	10.95	10.81	10.71
16/04/2021	11.26	11.15	10.75
17/04/2021	10.68	10.77	10.88
19/04/2021	6.34	6.1	10.4
20/04/2021	10.84	10.23	10.94
21/04/2021	10.6	11.03	9.75
26/04/2021	11.33	11.6	12.61
27/04/2021	11.03	11.76	12.05
28/04/2021	11.7	11.7	11.9
29/04/2021	11.8	11.36	11.14
30/04/2021	11.62	11.58	11.77
3/05/2021	6.6	9.15	11.21
4/05/2021	11.62	11.55	10.86
5/05/2021	11.48	11.57	11.28
6/05/2021	11.42	11.75	11.6
7/05/2021	11.57	11.74	11.7
8/05/2021	7.6	9.35	11.54
10/05/2021	6.14	7.62	9.63
11/05/2021	7.58	11.2	11.1
12/05/2021	9.16	11.24	10.94
13/05/2021	10.08	11.71	11.65
14/05/2021	11.29	11.53	11.54
15/05/2021	11.96	12.88	11.9
17/05/2021	9.38	8.27	11.12

---

18/05/2021	12.02	11.25	10.88
19/05/2021	11.93	11.82	11.39
20/05/2021	11.46	11.8	11.69
21/05/2021	12.1	11.84	11.77
22/05/2021	11.7	11.6	11.7
24/05/2021	11.7	11.64	11.93
25/05/2021	11.03	10.53	11.3
26/05/2021	11.1	10.49	10.95
27/05/2021	10.44	9.74	10.45
28/05/2021	11.9	11.82	10.02
29/05/2021	10.97	11.79	11.72
31/05/2021	9.41	9.24	11.67
1/06/2021	8.7	9.53	10.35
2/06/2021	12.45	12.23	9.42
4/06/2021	10.8	10.74	9.7
5/06/2021	12.1	11.8	10.68
10/06/2021	11.55	11.56	11.83
11/06/2021	12.39	12.36	11.63
12/06/2021	11.69	11.6	12.09
14/06/2021	10.4	11.39	11.63
15/06/2021	11	10.8	11.12
16/06/2021	12	11.79	11.16
17/06/2021	12.1	12.15	12.05
18/06/2021	11.28	11.61	12.1
19/06/2021	10.04	11.24	11.82
20/06/2021	11.9	10.8	11.33

---

Se observa en la tabla N° 11 que las principales desviaciones del parámetro pH en el tratamiento primario se dieron en el proceso realizado en el sedimentador primario. Y es que de un total de 79 mediciones del parámetro pH en el primer trimestre del año 2021 (enero-marzo) se tienen 49 mediciones que se encuentran en el rango de entre 5 y 9, lo que representa un 62% del total evaluado en ese trimestre; siendo un 38% de las mediciones las que presentan desviaciones en este parámetro. A continuación, se puede visualizar más claramente la variabilidad de pH entre procesos en esos meses.

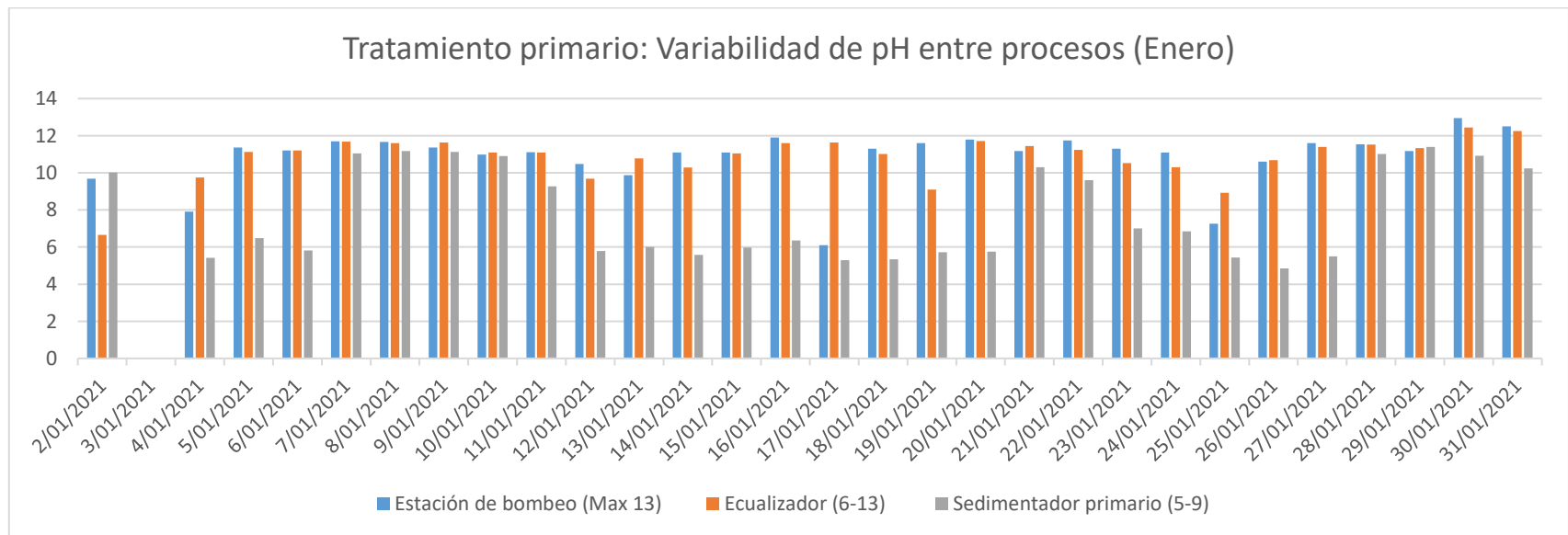


Figura 4. Tratamiento primario: Variabilidad de pH entre procesos (Enero)

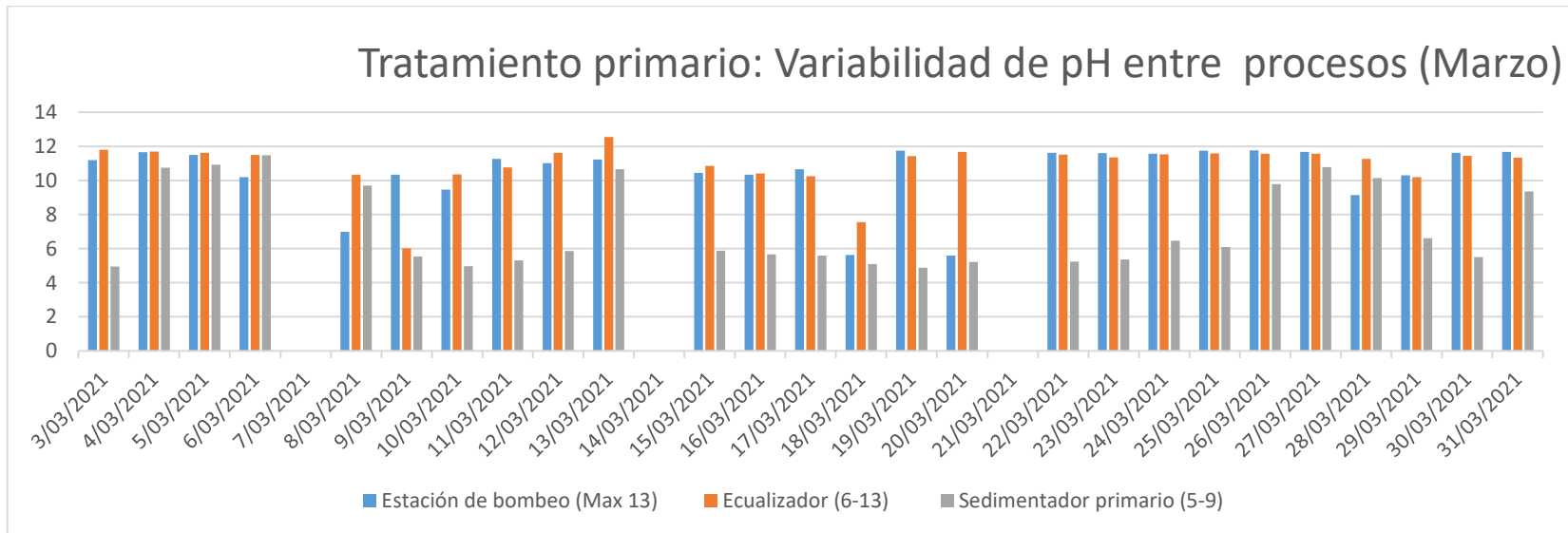
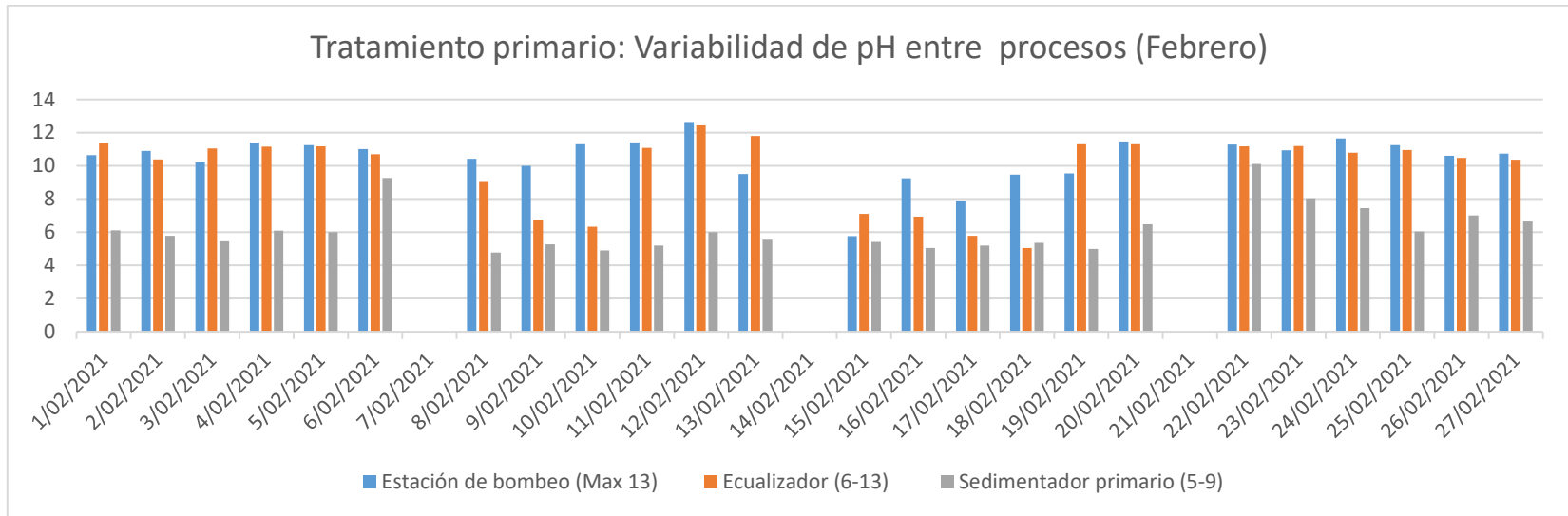


Figura 5. Tratamiento primario: Variabilidad de pH entre procesos (Febrero, Marzo)

Debido a que las principales desviaciones de pH se dan en el sedimentador primario se procedió a realizar un análisis más detallado de la variabilidad del pH sólo en ese proceso. Tomando en consideración los niveles mínimos y máximos de pH permitidos por la empresa, se realizaron gráficos de control para la evaluación de dichos parámetros en el primer y segundo trimestre de este año.

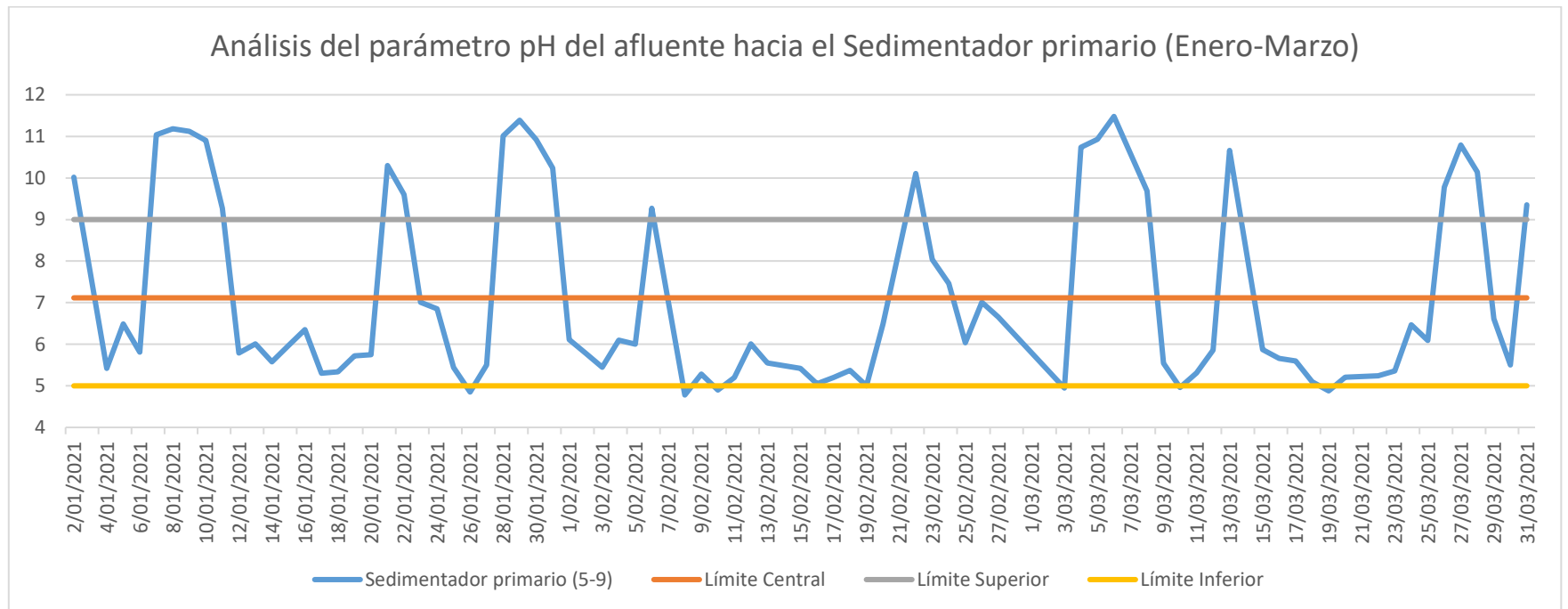


Figura 6. Análisis del parámetro pH en Sedimentador primario (Enero-Marzo)

Cómo se puede visualizar en el caso del pH en el trimestre de enero a marzo se tienen mediciones que se encuentran muy por encima del establecido por la empresa (pH=9) y en algunas ocasiones se tiene mediciones muy por debajo de lo considerado como normal (pH=5).

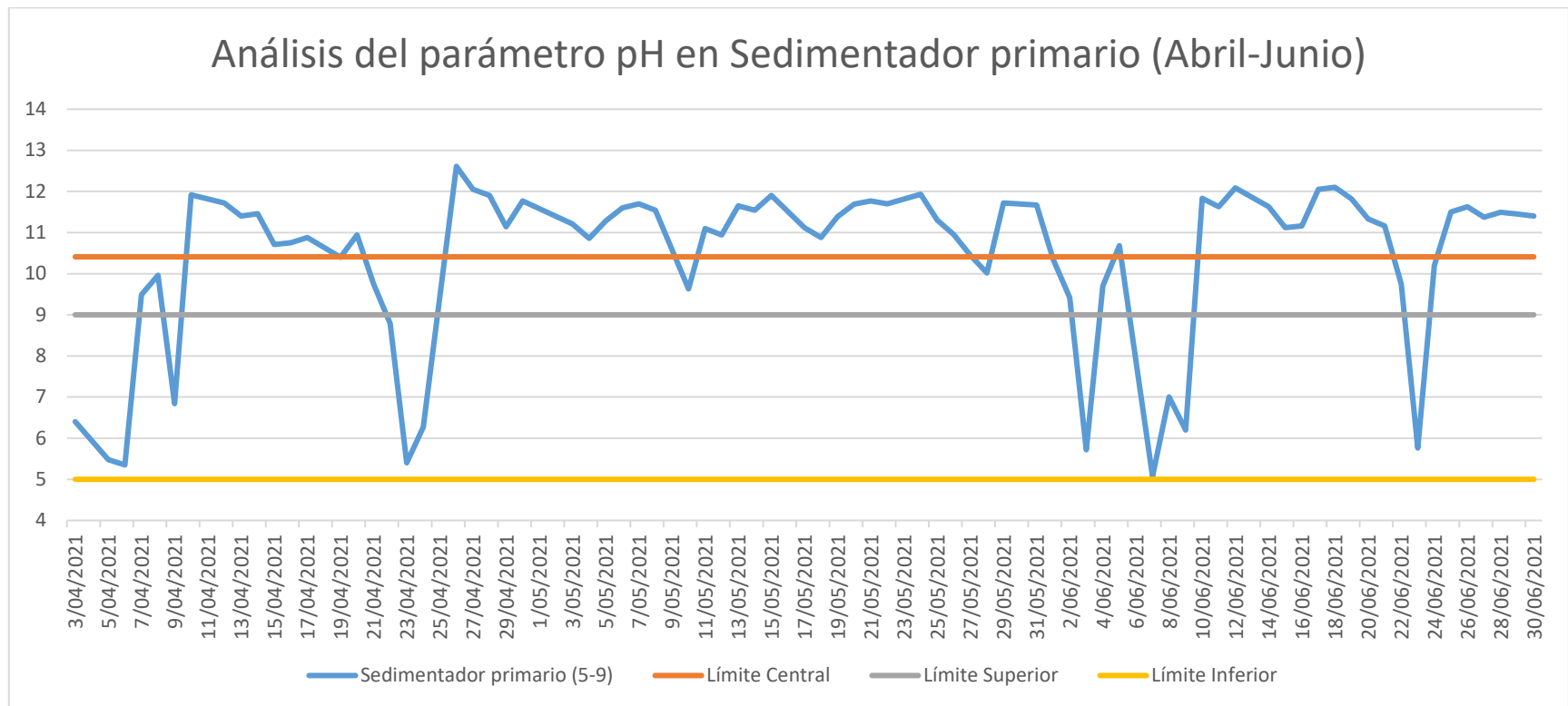


Figura 7. Análisis del parámetro pH en Sedimentador primario (Abril-Junio)

Según lo que se puede apreciar en el trimestre de abril a junio, en cuanto al análisis del parámetro pH también se tienen mediciones que se encuentran muy por encima del establecido por la empresa (pH=9); llegando en algunas ocasiones a estar muy próximo a un pH de 13, lo cual ocasiona serias dificultades en la continuidad del tratamiento.

Con todo lo descrito, claramente se evidencia que existen niveles altos de pH, los cuales al ser tratados manualmente generan mayores problemas debido a que la cantidad agregada de químicos para disminuir o aumentar el pH sólo se calcula mediante la experiencia, más no se evalúa el estandarizar la cantidad agregada según el nivel de pH y el volumen del afluente del tanque. La automatización es un método de mejora aplicable en estos casos.

- ✓ Evaluación del segundo parámetro: Temperatura (°C)  
Aquí se realizó una evaluación de la temperatura en la estación de bombeo, el ecualizador y el sedimentador primario y se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 12.** Rangos de medición según el parámetro: Temperatura (Enero-Marzo 2021)

Temperatura (Max 37 C) Enero-marzo 2021			
FECHA	Estación de bombeo	Ecualizador	Sedimentador primario
2/01/2021	26.6	26.4	27.8
7/01/2021	28.1	28.6	28.6
8/01/2021	28.5	28.1	28.5
9/01/2021	28.2	27	27.3
10/01/2021	24.5	26	26.5
11/01/2021	22	27.4	28.2
21/01/2021	26.7	26.6	26.9
22/01/2021	28.9	28.1	27.7
26/01/2021	28.8	26.9	27.2
28/01/2021	28.6	27.8	27.6
29/01/2021	28	27.5	27.8
30/01/2021	28	28.4	27.7
31/01/2021		27.9	27.8
6/02/2021	28.1	28	28.2
8/02/2021	26.4	27.9	28.4
10/02/2021	28.5	26.3	26.5
17/02/2021	30.6	27.7	28.1
18/02/2021	27.1	26.8	26.7
22/02/2021	28.3	27.1	27.2



3/03/2021	30.5	29.6	28.9
4/03/2021	26.8	29	30.7
5/03/2021	25.9	29.1	28.7
6/03/2021	27.9	29	29.5
8/03/2021	25.9	27.4	28.8
10/03/2021	27.7	28.2	28.2
13/03/2021	28.5	28.5	28.9
19/03/2021	29.4	27.4	27.5
26/03/2021	30.2	28.6	28.6
27/03/2021	30	26.6	28.6
28/03/2021	30	29	29
31/03/2021	28.5	28.5	29.7

**Tabla 13.** Rangos de medición según el parámetro: Temperatura (Abril-junio 2021)

Temperatura (Max 37 C) Abril-junio 2021			
FECHA	Estación de bombeo	Ecuilizador	Sedimentador primario
7/04/2021	30.5	28.2	28.6
8/04/2021	27.3	26.9	27.3
10/04/2021	27.5	25.1	28.7
12/04/2021	28.6	28	28
13/04/2021	29.9	26.6	26.6
14/04/2021	26.7	26.3	26.3
15/04/2021	30	26.7	26.7
16/04/2021	28	27.1	27.1
17/04/2021		27.8	27.3
19/04/2021	24.9	24.7	24
20/04/2021	29.6	26.1	25.4
21/04/2021	27.7	27.6	26.6
26/04/2021	26.6	27	25.5
27/04/2021	26.1	23.6	23.7
28/04/2021	26.8	25.4	24.9
29/04/2021	27	26	25.3
30/04/2021	27.6	27.1	26
3/05/2021	24.5	25	26.4
4/05/2021	27.3	27.1	25.7
5/05/2021	26.9	27.3	26.5
6/05/2021	28.7	27.3	27.4
7/05/2021	26.5	26	26

---

8/05/2021		25.5	25.8
10/05/2021	23.8	23.5	24
11/05/2021	25.4	24	23.7
12/05/2021	26.8	26.8	25.8
13/05/2021	27.1	26.2	25.9
14/05/2021	25.1	24.6	24.3
15/05/2021	26.5	25	25.4
17/05/2021	25.1	24.6	25
18/05/2021	29.4	25.3	24.2
19/05/2021	30.6	25.3	25.1
20/05/2021	29.7	24.9	26.3
21/05/2021	27.5	24.3	24.8
22/05/2021	26	25.8	25.6
24/05/2021	24.9	25.3	26.1
25/05/2021	27.4	25.6	25
26/05/2021	25.4	23.2	26
27/05/2021	27.2	26	25.4
28/05/2021	27.2	25.1	24.9
29/05/2021	26	23.9	25.5
31/05/2021	23.4	23.3	24
1/06/2021	24.9	23.8	23.8
2/06/2021	28.1	26.3	25.9
4/06/2021	29.9	26.2	24.8
5/06/2021	27		26
10/06/2021	28.1	24.9	23.9
11/06/2021	26.3	23.8	23.6
12/06/2021	29	26.9	25.6
14/06/2021	24	25	25
15/06/2021	24.1	25.5	25.5
16/06/2021	24.5	23.3	25.1
17/06/2021	24.9	24.5	24.3
18/06/2021	29.4	26.4	24.1
19/06/2021	27.2	24.6	24
20/06/2021		25.7	25.9
21/06/2021	24.1	23.6	24.8
22/06/2021	26.1	24.8	24.2
24/06/2021	27.9	26.5	24.5
25/06/2021	26.5	25	25.4
26/06/2021	27.2	25.7	25.4
27/06/2021	30.3	25.4	25.3
28/06/2021	24.5	26	24.7
30/06/2021	24.1	22.7	24.3

---

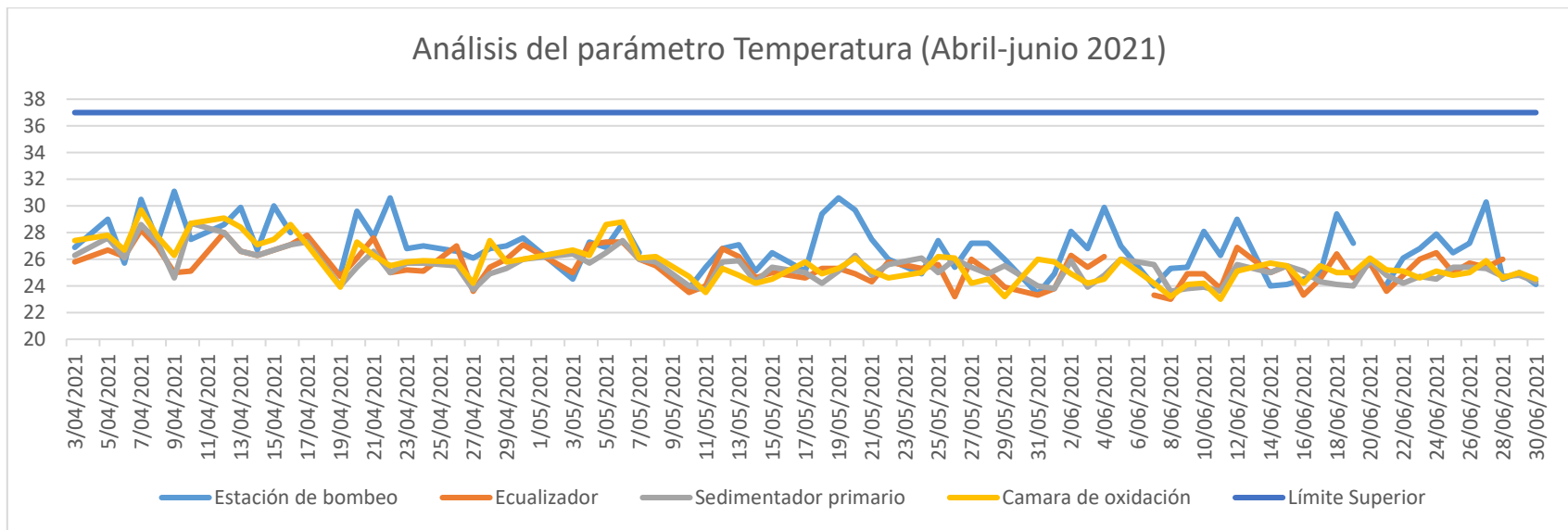
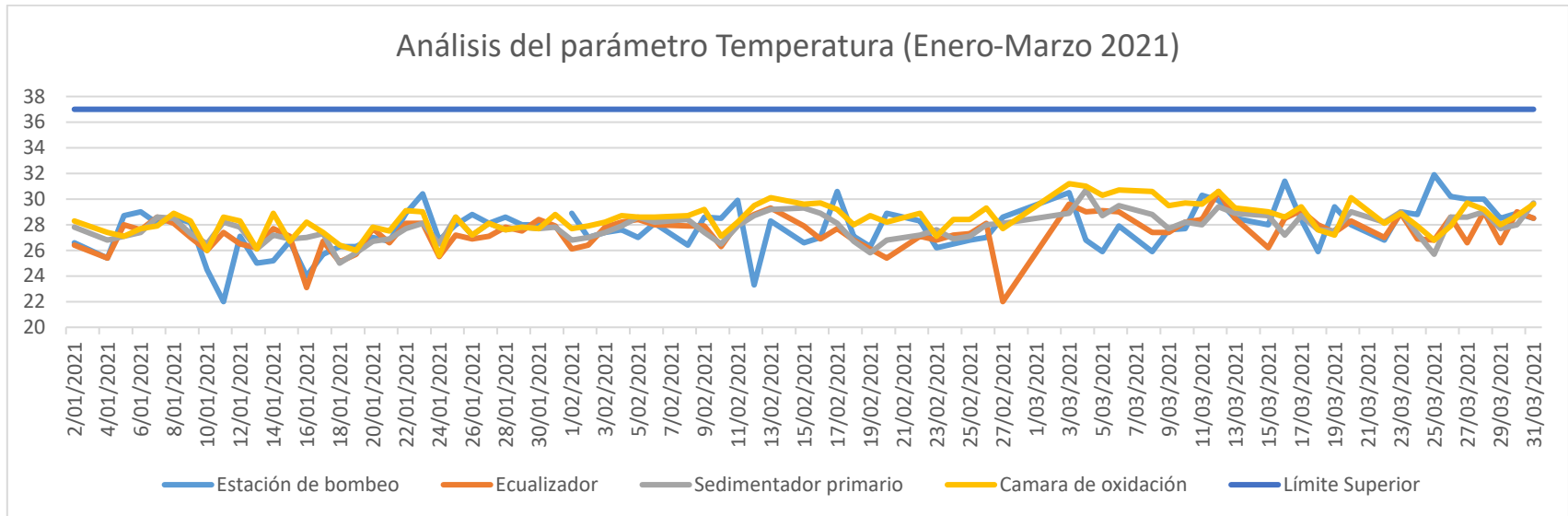


Figura 8. Análisis del parámetro Temperatura del tratamiento primario (Enero-Junio)

✓ Evaluación del tercer parámetro: Sólidos disueltos (mg/L)

Aquí se realizó una evaluación de la cantidad de sólidos disueltos presentados en los procesos que se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 14. Rangos de medición según el parámetro: Sólidos Totales Disueltos**

Sólidos Totales Disueltos (mg/L) Enero-marzo 2021		
FECHA	Ecuador (NA)	Sedimentador primario (<2000)
2/01/2021	1180	1165
7/01/2021	2078	1111
8/01/2021	2330	1776
9/01/2021	2157	1677
10/01/2021	1610	1550
11/01/2021	1356	1279
21/01/2021	1528	1324
22/01/2021	1364	1134
26/01/2021	1139	711
28/01/2021	2840	1586
29/01/2021	1882	2350
30/01/2021	18620	1506
31/01/2021	8130	1323
6/02/2021	1107	1084
8/02/2021	880	947
10/02/2021	742	644
17/02/2021	540	970
18/02/2021	721	756
22/02/2021	1554	1191
3/03/2021	2410	870
4/03/2021	1970	1500
5/03/2021	1983	1536
6/03/2021	1700	1590
8/03/2021	1096	1209
10/03/2021	1208	917
13/03/2021	1852	1493
19/03/2021	1759	990
26/03/2021	1820	1290
27/03/2021	1574	1466
28/03/2021	1387	1265
31/03/2021	1464	1154

**Tabla 15. Rangos de medición según el parámetro: Solidos Disueltos**

Solidos Totales Disueltos (mg/L) Abril-junio 2021		
FECHA	Ecuilizador (NA)	Sedimentador primario (<2000)
7/04/2021	1461	1285
8/04/2021	1211	1244
10/04/2021	3200	3009
12/04/2021	13260	2708
13/04/2021	1374	2370
14/04/2021	1980	2129
15/04/2021	1522	1475
16/04/2021	2168	1639
17/04/2021	2450	2270
19/04/2021	410	1380
20/04/2021	1038	1593
21/04/2021	1152	929
26/04/2021	1730	9370
27/04/2021	1970	3780
28/04/2021	1900	2300
29/04/2021	1719	1237
30/04/2021	1814	1200
3/05/2021	933	1875
4/05/2021	1385	1144
5/05/2021	1853	1332
6/05/2021	2170	1860
7/05/2021	2100	1800
8/05/2021	708	1509
10/05/2021	913	925
11/05/2021	972	1139
12/05/2021	1037	892
13/05/2021	1636	1413
14/05/2021	1789	1507
15/05/2021	2890	1973
17/05/2021	1009	1646
18/05/2021	1007	1066
19/05/2021	2410	1383
20/05/2021	2600	1870
21/05/2021	2380	2280
22/05/2021	2500	2490

---

24/05/2021	1591	2760
25/05/2021	1040	1300
26/05/2021	1102	1060
27/05/2021	750	1004
28/05/2021	2710	1149
29/05/2021	2310	2208
31/05/2021	1070	1882
1/06/2021	904	1253
2/06/2021	5150	1100
4/06/2021	874	1172
10/06/2021	1890	2730
11/06/2021	5550	2138
12/06/2021	2330	4112
14/06/2021	1688	2310
15/06/2021	1110	1343
16/06/2021	2400	1301
17/06/2021	4120	3140
18/06/2021	2570	3400
19/06/2021	1446	2480
20/06/2021	997	1596
21/06/2021	1002	1430
22/06/2021	659	864
24/06/2021	1035	1013
25/06/2021	7650	2210
26/06/2021	2280	2870
27/06/2021	2450	2420
28/06/2021	12970	2370
29/06/2021	998	1900
30/06/2021	723	1806

---

Según lo observado en ambas tablas, se puede rápidamente evidenciar el aumento del primer al segundo trimestre en cuanto al volumen (en mg/L) de sólidos disueltos. Este también es un factor importante en el análisis de la eficiencia del proceso y esto debe reflejar las necesidades y límites máximos permisibles por la empresa. Al igual que en el análisis de pH se nota en el caso de la cantidad de sólidos disueltos que no se está cumpliendo con los niveles establecidos como máximos permisibles.

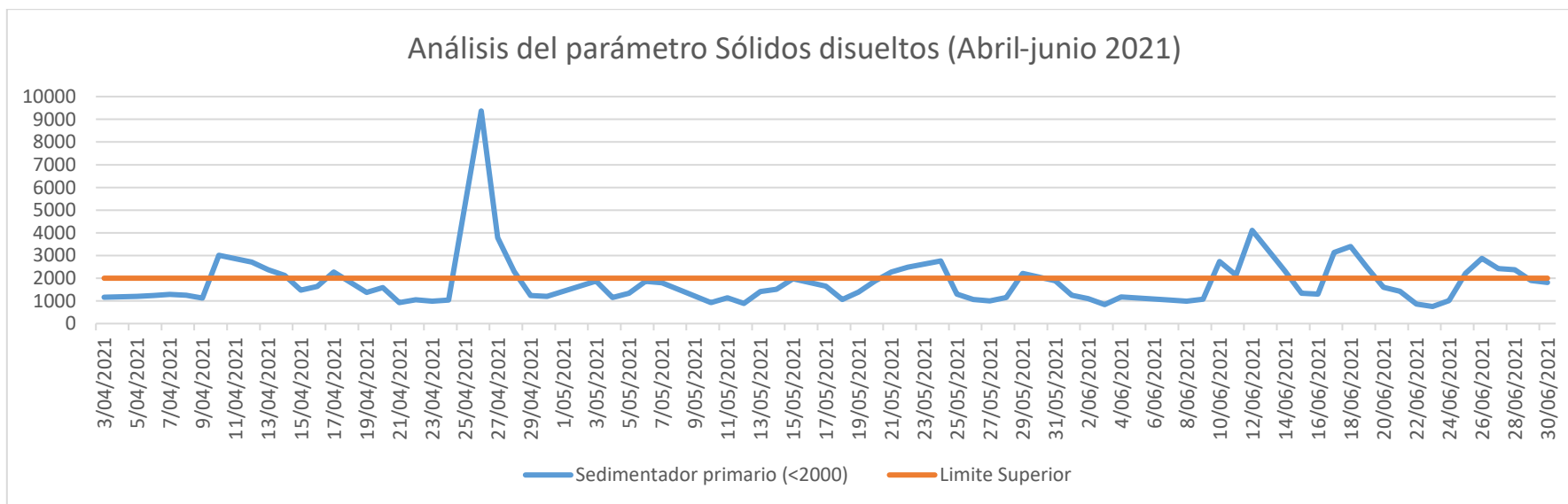
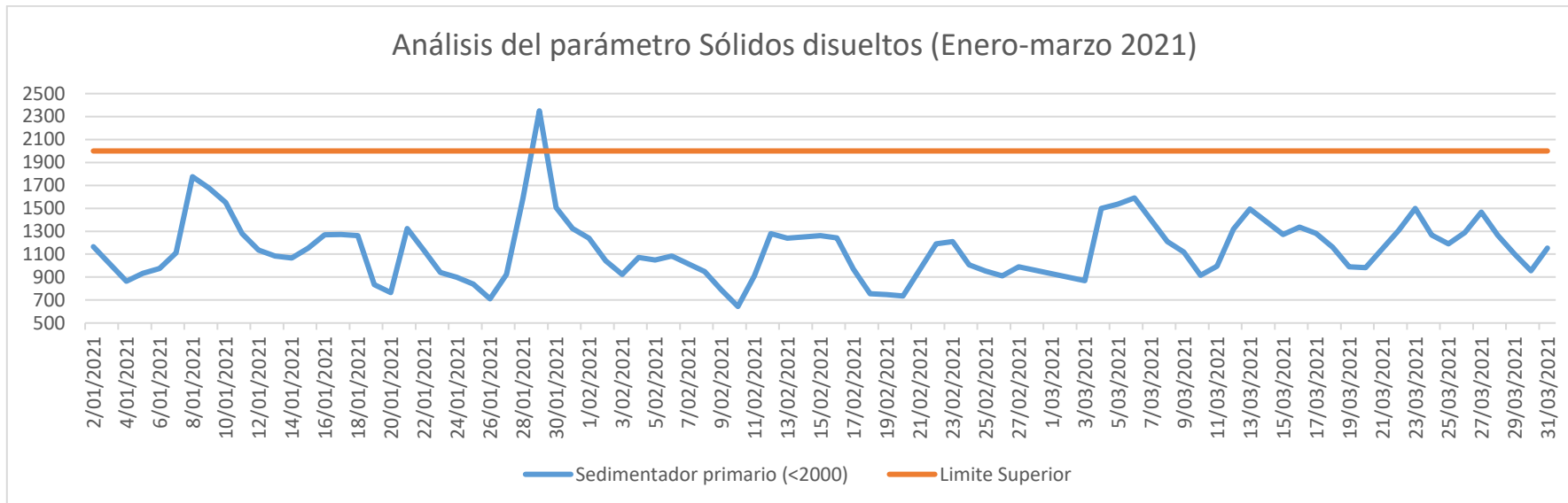


Figura 9. Análisis del parámetro Sólidos disueltos del tratamiento primario (Enero-Junio)

- ✓ Evaluación del cuarto parámetro: DQO (ml/L)

Aquí se realizó una evaluación del DOQ en la estación de bombeo, el ecualizador y el sedimentador primario y se detallan en la siguiente tabla.

**Tabla 16.** Rangos de medición según el parámetro: DOQ

DQO (ml/L) Enero-Marzo 2021	
FECHA	Ecualizador
2/01/2021	2460
7/01/2021	3489
8/01/2021	1980
9/01/2021	3330
10/01/2021	3168
11/01/2021	3874
21/01/2021	2400
22/01/2021	2541
26/01/2021	2300
28/01/2021	2439
29/01/2021	3920
8/02/2021	1109
10/02/2021	1359
22/02/2021	4310
3/03/2021	1232
4/03/2021	1890
5/03/2021	1790
6/03/2021	1600
8/03/2021	2028
10/03/2021	2524
13/03/2021	2700
26/03/2021	1980
27/03/2021	1760
28/03/2021	3107
31/03/2021	2520

Se realizó un segundo análisis trimestral de los principales parámetros en los 3 procesos de evaluación de los meses de abril a junio para poder identificar la frecuencia de las principales desviaciones de los parámetros.



**Tabla 17. Rangos de medición según el parámetro: DOQ**

DQO (ml/L) Abril-junio 2021	
FECHA	Ecuador
7/04/2021	2400
8/04/2021	2686
10/04/2021	
12/04/2021	4375
13/04/2021	
14/04/2021	1970
15/04/2021	4655
16/04/2021	2370
17/04/2021	3200
19/04/2021	2803
20/04/2021	2600
21/04/2021	2904
3/05/2021	1258
5/05/2021	1320
6/05/2021	1740
7/05/2021	2000
8/05/2021	1981
10/05/2021	969
11/05/2021	1971
12/05/2021	1259
13/05/2021	3020
14/05/2021	2800
15/05/2021	2980
17/05/2021	1646
18/05/2021	1066
19/05/2021	1383
20/05/2021	2210
21/05/2021	2700
22/05/2021	2480
24/05/2021	2100
25/05/2021	2460
26/05/2021	2010
27/05/2021	2300
28/05/2021	2570

---

29/05/2021	2700
31/05/2021	1348
1/06/2021	1810
4/06/2021	3500
10/06/2021	2600
11/06/2021	5850
12/06/2021	2680
14/06/2021	2510
15/06/2021	2310
16/06/2021	2100
17/06/2021	2080
19/06/2021	1970
20/06/2021	1830
21/06/2021	1686
22/06/2021	962
24/06/2021	4423
25/06/2021	2813
26/06/2021	2400
27/06/2021	2600
30/06/2021	785

---

Según todos los parámetros analizados se llega a concluir que el parámetro con mayores dificultades de cumplimiento según los valores establecidos por la empresa es el parámetro de pH, aún cuando este parámetro es el más relevante al momento de la salida del efluente al tratamiento secundario que es dónde se desarrollan los procesos biológicos. Es de vital importancia que se pueda dar una clara solución a esta situación en la empresa para una mejora continua de los procesos y así evitar demoras por paros de la planta que representan miles en gastos a la empresa.

### 4.3 Modelamiento y simulación del sistema automatizado en los controles del tratamiento primario

Primero se realiza la elaboración del diagrama de instrumentación de la PTAR de la ciudad de Trujillo, para realizarlo se utilizó el Procad P&ID, el cual es un software CAD especializado en diseño de componentes e instrumentación. Para la automatización de la PTAR de Trujillo, inicialmente se realizó el siguiente diagrama de instrumentación.

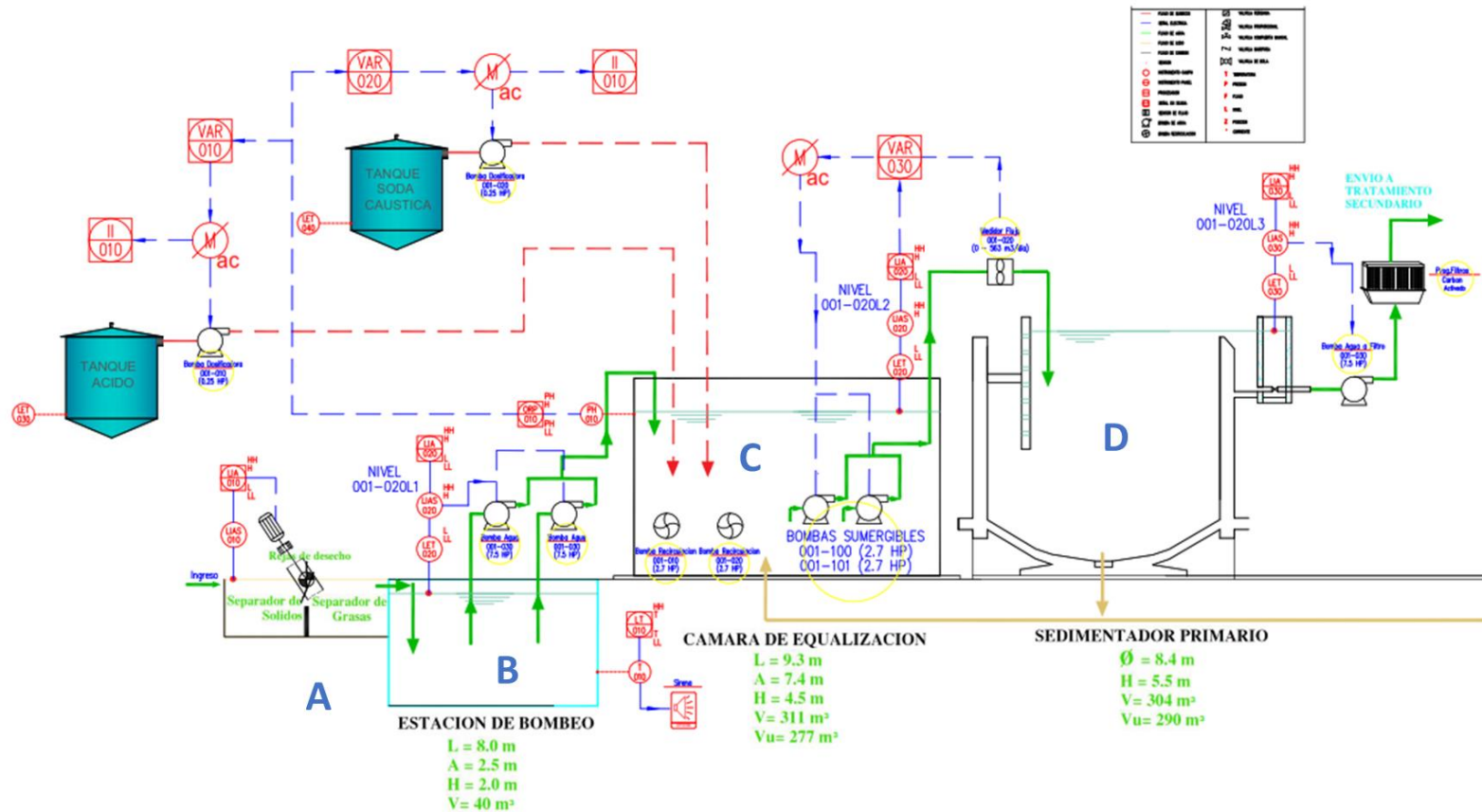


Figura 10. Diseño futuro de los controles desarrollados en la PTAR

Para la mejora propuesta en la PTAR de Trujillo, se deberá contar con todos los componentes mecánicos eléctricos y electrónicos que sean necesarios agregar al tratamiento primario; e instalarlos al PLC para que mediante una lógica programada puedan activar las salidas de acuerdo a las condiciones de entradas del PLC, ya que de ello depende el buen funcionamiento de la automatización propuesta. Es por ello que a continuación se detallan los componentes a utilizar y el desarrollo de los procesos a realizarse mediante la automatización del tratamiento primario.

- **En los puntos A y B**

Los componentes mecánicos eléctricos y electrónicos necesarios para la automatización en los procesos A y B se detallan a continuación.

- 1 sensor de acumulación máxima de residuos de sólidos. (entrada digital 1) Por implementar.
- 1 motoreductor para accionar sistema de malla para extracción de sólidos hacia el exterior. (salida digital 1).
- 2 sensores de tipo boya para seguridad de nivel alto y bajo ante una falla del sensor de nivel analógico (entrada digital 2 y 3)
- 1 sensor de nivel de tanque analógico (entrada analógica 1) Por implementar
- 1 sensor de temperatura ubicado en la estación de bombeo (entrada analógica 2). Por implementar
- 2 bombas autocebantes para envío de Estación de Bombeo a cámara de equalización. (salida digital 2 y 3)
- 1 bocina Sonora (salida digital 4)

El proceso automatizado se desarrollará de la siguiente manera: El sensor de acumulación máxima de residuos sólidos va a condicionar automáticamente para el apagado y encendido del motoreductor para extracción de los residuos hacia la superficie. Luego los sensores digitales de nivel tipo boya ubicados en el tanque de estación de bombeo servirán para un respaldo ante una falla o mala lectura del sensor analógico de control de nivel y condicionando a las bombas para su apagado o encendido, el sensor de nivel analógico determinara en tiempo real el

% del tanque y según los valores ingresados en el HMI que puede ser (**10%** apagado de bomba para evitar la cavitación, **80%** mensaje de aviso en HMI de mucha demanda en el ingreso del afluente y **90%** alarma sonora **4** porque está a punto de rebosar e irse por el drenaje sin ser tratada) además estas bombas trabajaran de forma alternada como por ejemplo 8 horas cada una o de lo contrario como respaldo ante una avería de una de las bombas y por último el sensor de temperatura dar aviso sonoro y visual en HMI si esta mayor a **36°C** . Todo el proceso será de forma automática por medio del PLC, pero también tendrá la opción en manual para cuando se lo requiera y variables del proceso se observará en HMI

- **En el punto C**

Los equipos necesarios para la automatización en el proceso C se detalla a continuación.

- 2 sensores de tipo boya para seguridad de nivel alto y bajo ante una falla del sensor de nivel analógico (entrada digital 4 y 5)
- 2 sensores de tipo boya para seguridad de nivel bajo, 1 en cada tanque de dosificación de ácido y soda caustica (entrada digital 6 y 7). Por implementar.
- 2 bombas de recirculación para homogenización (salida digital 5 y 6)
- 2 bombas sumergibles para envío de cámara de ecualización a sedimentador primario. (salida digital 7 y 8)
- 2 bombas dosificadoras de ácido y soda caustican para regulación de pH (salida digital 9 y 10)
- 1 sensor de nivel de tanque analógico (entrada analógica= IA3). Por implementar.
- 1 medidor de pH Jumo Aquis touch S 4mA= 0 y 20mA= 14 (entrada analógica 4)
- 1 medidor de Flujo de 3" de diámetro 4mA= 0m<sup>3</sup> y 20mA= 30m<sup>3</sup> (entrada analógica 5)
- 2 variadores de frecuencia para modificar velocidad de las bombas sumergibles y por lo tanto el flujo de envío hacia el sedimentador 4mA= 0HZ

y 20mA= 60HZ (salida analógica 1 y 2). Por implementar.

El proceso automatizado ha sido desarrollado de la siguiente manera: Los sensores de nivel tanto analógicos como digitales de la cámara de ecualización servirán para condicionar el encendido o apagado de las bombas autocebantes de la estación de bombeo o de las bombas sumergibles de envío hacia el sedimentador que a su vez será regulado el flujo por el operador desde el HMI mediante los variadores de frecuencia de las bombas sumergibles, el trabajo de las bombas sumergibles de envío hacia el sedimentador será de forma alternada ya que se cuenta con 2 bombas sumergibles que trabajaran de forma alternada como por ejemplo 8 horas cada una o de lo contrario como respaldo ante una avería de una de las bombas. Por otro lado, la implementación del medidor pH con el fin de mantener en un PH aceptable entre **6 a 9**, por medio de las bombas dosificadoras de ácido y soda, mediante un control ON/OFF, esto quiere decir que cuando mida el pH por encima de 9 añadirá soda caustica y cuando el pH está por debajo de 6 añadirá soda caustica, a su vez cuando una de las bombas dosificadoras este encendidas también condicionara para el encendido de las bombas de recirculación para en mezclado del afluente con el ácido o soda caustica, también cada tanque de dosificación contará con nivel bajo para aviso del operario tanto sonora como visual en HMI para recargar tanques de dosificación. Todo el proceso será de forma automática por medio del PLC, pero también tendrá la opción en manual para cuando se lo requiera y variables del proceso se observará en HMI.

- **En el punto D**

Los equipos necesarios para la automatización en el proceso C se detalla a continuación.

- 1 bomba para envío de sedimentador primario a tratamiento secundario (salida digital 11).
- 2 sensores de tipo boya para seguridad de nivel alto y bajo (entrada digital 8 y 9). Por implementar.
- Parada de emergencia (entrada digital 10)

- 1 medidor de pH Jumo Aquis touch S 4mA= 0 y 20mA= 14 (entrada analógica 6).

El proceso automatizado se desarrollará de la siguiente manera: Los sensores de nivel digitales condicionarán a las bombas de entrada y salida, el proceso será de forma automática por medio de un PLC, pero también tendrá la opción de realizarse de manera manual para cuando se requiera. Las variables del proceso que se observarán en el HMI, los niveles y el valor de pH. Se colocará una parada de emergencia general ante cualquier eventualidad para detener sistema.

También se contará con guardamotores instalados en el circuito eléctrico para cada motor eléctrico, estos son dispositivos electromecánicos que protegen al motor de un cortocircuito, sobrecargas o falles de fase, que a su vez tienen contactos auxiliares lo que permiten que al momento del disparo del guardamotor enviar una señal al PLC para indicar que el motor está en falla, según lo descrito anteriormente tenemos 10 motores eléctricos que serían también la misma cantidad de entradas digitales (entrada digital 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20).

Por lo tanto, en función a la cantidad de entradas y salidas necesarias descrito anteriormente para el control del proceso del tratamiento primario se seleccionará el tipo de PLC, módulos de ampliación y HMI a utilizar en el control automatizado, considerando los voltajes de entradas y salidas, siendo el modelo de selección más idóneo:

- PLC (CPU 1214C AC/DC/RLY) que cuenta con 14 entradas digitales, 2 entradas analógicas, 10 salidas digitales tipo relé y una interfaz PROFINET.
- Módulo de Ampliación de entradas y salidas digitales (SM 1223 DC/RLY) que cuenta con 8 entradas digitales y 8 salidas digitales tipo relé.
- Módulo de Ampliación de entradas y salidas analógicas (SM 1234 AI/AQ) que cuenta con 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas.
- HMI (KTP700 Basic PN), cuenta con interfaz PROFINET que permitirá la comunicación con PLC mediante este protocolo.

**Tabla 18. Descripción de módulos de entradas digitales y analógicos**

<b>MODULO DE ENTRADAS</b>	<b># DE ENTRADAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TAG</b>	
<b>ENTRADAS DIGITALES DE PLC</b>	1	SENSOR DE ACUMULACIÓN DE RESIDUOS	Sen_Acum_Res	
	2	NIVEL BAJO ESTACIÓN DE BOMBEO	Niv_Bajo_EB	
	3	NIVEL ALTO ESTACIÓN DE BOMBEO	Niv_Alto_EB	
	4	NIVEL BAJO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN	Niv_Bajo_CE	
	5	NIVEL ALTO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN	Niv_Alto_CE	
	6	NIVEL BAJO ÁCIDO	Niv_Bajo_Aci	
	7	NIVEL BAJO SODA	Niv_Bajo_Sod	
	8	NIVEL BAJO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO	Niv_Bajo_SP	
	9	NIVEL ALTO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO	Niv_Alto_SP	
	10	PARADA DE EMERGENCIA GENERAL	Par_Em_Gen	
	11	GUARDAMOTOR DE EXTRACCIÓN DE SOLIDOS	Gu_Esol	
	12	GUARDAMOTOR DE ESTACIÓN DE BOMBEO B1	Gu_EB_B1	
	13	GUARDAMOTOR DE ESTACIÓN DE BOMBEO B2	Gu_EB_B2	
	14	GUARDAMOTOR DE AGITADOR DE CE B1	Gu_Ag_CE_B1	
	15	GUARDAMOTOR DE AGITADOR DE CE B2	Gu_Ag_CE_B2	
	<b>ENTRADAS DIGITALES DE MODULO DE AMPLIACIÓN</b>	16	GUARDAMOTOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1	Gu_CE_B1
		17	GUARDAMOTOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2	Gu_CE_B2
18		GUARDAMOTOR DE ACIDO	Gu_Acido	
19		GUARDAMOTOR DE SODA	Gu_Soda	
20		GUARDAMOTOR DE SEDIMENTADOR PRIMARIO B1	Gu_SP_B1	
21		RESERVA	Reserva	
<b>ENTRADAS ANALÓGICAS DE PLC</b>	22	RESERVA	Reserva	
	1	NIVEL ANALÓGICO DE ESTACIÓN DE BOMBEO	Niv_An_EB	
<b>ENTRADAS ANALÓGICAS DE MODULO DE AMPLIACIÓN</b>	2	TEMPERATURA DE ESTACIÓN DE BOMBEO	Temp_EB	
	3	NIVEL ANALÓGICO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN	Niv_An_CE	
	4	VALOR DE Ph EN CÁMARA DE ECUALIZACIÓN	Val_pH_CE	
	5	MEDIDOR DE FLUJO	Med_Flujo	
	6	VALOR DE Ph EN SEDIMENTADOR PRIMARIO	Val_pH_SP	

**Tabla 19. Descripción de módulos de salidas digitales y analógicos**

<b>MODULOS DE SALIDAS</b>	<b># DE SALIDAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TAG</b>
<b>SALIDAS DIGITALES DE PLC</b>	1	MOVIMIENTO DE MALLA PARA EXTRACCIÓN DE SOLIDOS	Mov_Ext_Sol
	2	ESTACION DE BOMBEO B1	EB_B1
	3	ESTACION DE BOMBEO B2	EB_B2
	4	ALARMA SONORA	Alar_Son
	5	AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1	Agj_CE_B1



	6	AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2	Agi_CE_B2
	7	CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1	CE_B1
	8	CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2	CE_B2
	9	BOMBA DE ACIDO	Bom_Aci
	10	BOMBA DE SODA	Bom_Sod
	11	SEDIMENTADOR PRIMARIO B1	SP_B1
	12	RESERVA	Reserva
	13	RESERVA	Reserva
<b>SALIDAS DIGITALES DE MODULO DE AMPLIACIÓN</b>	14	RESERVA	Reserva
	15	RESERVA	Reserva
	16	RESERVA	Reserva
	17	RESERVA	Reserva
	18	RESERVA	Reserva
<b>SALIDAS ANALÓ. DE M AMPLIACIÓN</b>	1	CONSIGNA VARIADOR DE FRECUENCIA 01	VDF_1
	2	CONSIGNA VARIADOR DE FRECUENCIA 02	VDF_2

### ***Análisis y selección de los principales componentes para la automatización***

Es importante primero establecer los criterios necesarios al momento de la elección de los componentes que se requieren para la automatización. Para ello se utilizarán una calificación de 1 a 5 siendo, según se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 20.** *Calificación para selección de componentes*

CALIFICACIÓN	
Muy apropiado	5
Apropiado	4
No tiene mucha relevancia	3
Poca relevancia	2
Casi ninguna relevancia	1

Los componentes necesarios para la automatización se evaluaron según diversos criterios de gran relevancia para la empresa y para el desarrollo de la propuesta. Todo esto se detalla a continuación:

- Sensor digital para acumulación de residuos sólidos por accionamiento de compuerta

**OPCIÓN N° 01: Sensor inductivo (NBN8-12GM50-E2-V1)**



**Sensor inductivo NBN8-12GM50-E2-V1**

- 8 mm no enrasado
- Rango de conmutación elevado
- Margen de temperatura ampliado

**OPCIÓN N° 02: Sensor Capacitivo (CBN8-12GH60-E2-V1)**



**Sensor capacitivo CBN8-12GH60-E2-V1**

- 8 mm no enrasado
- Rango de conmutación ajustable con potenciómetro
- Adecuado para aplicaciones en el sector alimentario
- Resistente a agentes agresivos

**OPCIÓN N° 03: Sensor óptico de barrera por reflexión (ML100-55/103/115)**



**Sensor óptico de barrera por reflexión ML100-55/103/115**

- Carcasa en miniatura
- Fácil manejo
- LEDs bien visibles de alimentación, estado de conmutación y reserva de función
- Fijación roscada completamente metálica
- Punto de luz muy brillante de muy buena visibilidad
- Insensible a la luz extraña

**Criterios de selección:**

Criterio de selección de sensor digital		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Rango de voltaje	Brinda la capacidad de voltaje que acepta el sensor en su alimentación eléctrica.	0.1
Rango de temperatura	Brinda la capacidad y adaptabilidad a un rango min y máx. de temperatura	0.1

Rango de detección	Análisis del tipo de componente a detectar y la distancia en que se encuentra.	0.1
Clase de protección	Analiza el grado de protección con que cuenta el sensor.	0.25
Velocidad de respuesta	Análisis de niveles máximos de ciclos/min	0.1
Condición de instalación	Se evalúa la facilidad en la instalación y las condiciones requeridas para ello.	0.2
Costo	Se debe tomar en cuenta para evaluar el costo total de la propuesta de automatización	0.15
Total valoración		1

Una vez determinadas las valoraciones de cada criterio se procede a la selección de la mejor opción utilizando dichos criterios:

Evaluación y selección de la mejor alternativa			
Criterio	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Rango de voltaje	5	5	5
Rango de temperatura	5	4	3
Rango de detección	3	3	5
Clase de protección	5	4	5
Velocidad de respuesta	5	4	3
Condición de instalación	5	3	2
Costo	4	4	3
<b>TOTAL</b>	<b>4.65</b>	<b>3.8</b>	<b>3.7</b>

Conclusión: Luego de evaluar las alternativas. El tipo de sensor más adecuado para detección de la compuerta de residuos sólidos, es la opción N° 1, sensor inductivo NBN8-12GM50-E2-V1 con una puntuación de 4.65.

- Sensor analógico para control de nivel en Estación de bombeo y Cámara de Ecuilización

**OPCIÓN N° 01: Sensor de nivel por Ultrasonidos (SUP-MP-A)**



**Sensor de nivel por ultrasonidos**

**SUP-MP-A**

El medidor de nivel ultrasónico SUP-MP-A toma las ventajas de varios instrumentos de medición de nivel, es un universal caracterizado por un diseño totalmente digitalizado y humanizado. Tiene un perfecto control de nivel, transmisión de datos y comunicación hombre-máquina. El chip principal es un chip técnico importado con ICs específicos para la aplicación, como la compensación digital de temperatura. Se caracteriza por un fuerte rendimiento anti-interferencias, ajuste libre de los límites superior e inferior y regulación de salida en línea, indicación in situ.

<b>Tecnología</b>	por ultrasonidos
<b>Medio</b>	para líquido
<b>Interfaz</b>	4-20 mA, con salida digital
<b>Otras características</b>	IP65
<b>Rango de niveles</b>	Mín.: 0 m (0'00") Máx.: 30 m (98'05")

**OPCIÓN N° 02: Sensor de nivel sumergible hidrostático (PS4, PS3)**



**Sensor de nivel sumergible PS4, PS3**

Medición del nivel hidrostático económica y sencilla  
Compensación de presión mediante cable con ventilación interna  
Cableado menos complejo gracias al bucle de corriente de dos hilos  
Elevada precisión total y estabilidad a largo plazo  
Variantes con certificado ATEX, IECEx y GL

<b>Tecnología</b>	hidrostático
<b>Medio</b>	para agua, para aguas residuales
<b>Interfaz</b>	2 hilos
<b>Aplicaciones</b>	para tanque
<b>Otras características</b>	de acero inoxidable, de alta precisión, robusto, económico, sumergible, ATEX, IECEx
<b>Presión de proceso</b>	Máx.: 1 bar (14,5 psi) Mín.: 0 bar (0 psi)
<b>Temperatura de proceso</b>	Máx.: 85 °C (185 °F) Mín.: -10 °C (14 °F)

**OPCIÓN N° 03: Sensor de nivel por radar (VEGAPULS 64)**



**Sensor de nivel radar VEGAPULS 64**

El VEGAPULS 64 es un sensor para la medición continua de nivel en líquidos. En depósitos pequeños o en espacios reducidos, sus conexiones a proceso pequeñas son una gran ventaja. La buena focalización de la señal permite su uso en depósitos con elementos internos como agitadores y sistemas de calefacción.

<b>Tecnología</b>	radar
<b>Medio</b>	para líquido
<b>Interfaz</b>	4-20 mA
<b>Aplicaciones</b>	para tanque, para aplicaciones higiénicas
<b>Otras características</b>	de acero inoxidable, sin mantenimiento, IP67, IP68, IP66
<b>Rango de niveles</b>	Máx.: 30 m (98'05") Mín.: 0 m (0'00")
<b>Presión de proceso</b>	Máx.: 25 bar (362,59 psi) Mín.: 0 bar (0 psi)
<b>Temperatura de proceso</b>	Máx.: 200 °C (392 °F) Mín.: -196 °C (-321 °F)

**Criterios de selección:**

Criterio de selección de sensor analógico		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Rango de voltaje de entrada	Brinda la capacidad de voltaje que acepta el sensor en su alimentación eléctrica.	0.1
Condiciones de funcionamiento	Se evalúa la protección del sensor para soportar las condiciones.	0.25
Precisión de medida	Se debe analizar para evaluar su exactitud	0.25
Diseño mecánico	Analiza el nivel de resistencia que tiene el componente.	0.15
Señal Estandarizada	Cuenta con una señal de 0-10V o 4-20mA	0.1
Costo	Se debe tomar en cuenta para evaluar el costo total de la propuesta de automatización	0.15
Total valoración		1

Una vez determinadas las valoraciones de cada criterio se procede a la selección de la mejor opción utilizando dichos criterios:

Evaluación y selección de la mejor alternativa			
Criterio	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Rango de voltaje	5	5	5
Rango de temperatura	3	5	3
Rango de detección	3	4	4
Clase de protección	3	5	3
Velocidad de respuesta	5	5	5
Costo	3	4	2
<b>TOTAL</b>	<b>3.4</b>	<b>4.6</b>	<b>3.5</b>

Conclusión: Habiendo evaluado las alternativas, para seleccionar el tipo de sensor de nivel más adecuado. Se encontró que el sensor de nivel sumergible de tipo hidrostático PS4, PS3 es la mejor opción con una puntuación de 4.6.

- Sensor analógico para control de Temperatura en Estación de bombeo

**OPCIÓN N° 01: Sensor de Temperatura por infrarrojo (Impac IN 5)**

**Termómetro de infrarrojos Impac IN5**

Termómetros infrarrojos para la medición de temperatura sin contacto, -32 a 900°C  
 Los pirómetros Impac IN 5 e IN 5 plus de Advanced Energy tienen un diseño sólido y robusto para la medición de temperatura de superficies no metálicas y metales pintados, revestidos o anodizados.  
 -Rangos de temperatura: Entre -32 y 900°C



Tecnología	de infrarrojos
Sistema de visualización	analógico
Comunicación	RS485
Otras características	sin contacto
Aplicaciones	industrial
Temperatura	Mín.: -32 °C (-26 °F) Máx.: 900 °C (1.652 °F)

**OPCIÓN N° 02: Sensor de temperatura por resistencia (PT100 TR10-B)**



**Termómetro Pt100 TR10-B**

Aplicaciones

- Maquinaria, instalaciones industriales
- Plantas energéticas
- Industria química
- Industria alimentaria y fabricación de bebidas
- Calefacción, climatización y técnica sanitaria

Tecnología	Pt100, Pt1000
Sistema de visualización	analógico
Configuración	de inserción
Aplicaciones	para productos alimentarios, para productos químicos, para máquina, para sanitario
Temperatura	Mín.: -196 °C (-321 °F) Máx.: 600 °C (1.112 °F)

**Criterios de selección:**

Criterio de selección del Sensor analógico para control de Temperatura		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Condiciones de funcionamiento	Se evalúa la protección del sensor para soportar las condiciones.	0.3
Precisión de medida	Se debe analizar para evaluar su exactitud, según margen de error.	0.25
Diseño mecánico	Analiza el nivel de resistencia que tiene el componente.	0.15
Señal Estandarizada	Cuenta con una señal de 0-10V o 4-20mA	0.1
Costo	Se debe tomar en cuenta para evaluar el costo total de la propuesta de automatización	0.2
Total valoración		1

Una vez determinadas las valoraciones de cada criterio se procede a la selección de la mejor opción utilizando dichos criterios:

Evaluación y selección de la mejor alternativa		
Criterio	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
Condiciones de funcionamiento	3	5
Precisión de medida	3	4
Diseño mecánico	5	4
Señal Estandarizada	5	5
Costo	2	5
TOTAL	3.3	4.6

Conclusión: Habiendo evaluado las alternativas, para seleccionar el tipo de sensor analógico de temperatura más adecuado; se encontró que el sensor de temperatura por resistencia (PT100 TR10-B), es la mejor opción con una puntuación de 4.6.

- Variadores de velocidad para bombas sumergibles de envío de agua residual desde cámara de eculización a sedimentador primario

### OPCIÓN N° 01: Variador de frecuencia (ACTIVE series)



#### Variador de frecuencia de control vectorial ACTIVE series

La serie Active de Bonfiglioli contiene convertidores de frecuencia flexible que son versátiles y fáciles de usar. Este producto cuenta con un control vectorial de altas prestaciones y de fácil integración en cualquier sistema gracias a su reducido tamaño.

Tipo	de control vectorial, digital, analógico
Montaje	vertical
Uso previsto	para motor asíncrono
Otras características	compacto
Potencia	Mín.: 550 W Máx.: 132.000 W
Frecuencia de salida	50 Hz, 60 Hz

### OPCIÓN N° 02: Variador de frecuencia (PS4, PS3)



#### FC 300 Automation Drive

El VLT Automation Drive FC 300 es un variador de frecuencia multipropósito basado en una plataforma modular de gran flexibilidad de estructura de opciones que convierten a este equipo en una opción extraordinariamente adaptable y programable.

Característica	FC 301	FC 302
Alimentación de entrada (L1, L2, L3)		
Tensión	200-240V ±10%	380-500V/525-600V ±10%
Frec. entrada	50/60 Hz	
Factor potencia real	0.92 a carga nominal	
FP desplazamiento	>0.98	

### OPCIÓN N° 03: Variador de frecuencia (SINAMICS G130/G150)



#### Convertidor de frecuencia trifásico SINAMICS G130/G150

-Convertidores especialmente silenciosos y compactos que utilizan semiconductores de potencia IGBT de última generación y una solución de refrigeración innovadora.  
-Máxima facilidad de mantenimiento con fácil acceso a todos los módulos.  
-Interfaz sin problemas con soluciones de automatización mediante una interfaz PROFIBUS estándar y diversas interfaces analógicas y digitales.

Tipo	trifásico, AC, digital, de control vectorial, analógico
Montaje	de tipo armario, en chasis
Uso previsto	para bomba, para compresor
Tipo de protección	IP20, IP23, IP54, IP21, IP43
Otras características	compacto, de baja tensión, modular, regenerativo, con IGBT, PROFIBUS, económico, universal, de velocidad variable
Potencia	Mín.: 110.000 W Máx.: 2.700.000 W



**Criterios de selección:**

Criterio de selección del variador de velocidad para bombas sumergibles		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Rango de voltaje de entrada	Brinda la capacidad de voltaje que acepta el variador.	0.1
Condiciones de funcionamiento	Se evalúa la protección del variador para soportar las condiciones	0.25
Precisión de control	Se debe analizar para evaluar su exactitud en el control de velocidad	0.25
Protocolos de comunicación	Se evalúa la capacidad de comunicarse con distintos dispositivos de control	0.2
Costo	Se debe tomar en cuenta para evaluar el costo total de la propuesta de automatización	0.2
Total valoración		1

Una vez determinadas las valoraciones de cada criterio se procede a la selección de la mejor opción utilizando dichos criterios:

Evaluación y selección de la mejor alternativa			
Criterio	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
Condiciones de funcionamiento	4	5	5
Precisión de medida	3	4	5
Diseño mecánico	4	5	5
Señal Estandarizada	3	4	5
Costo	5	4	4
TOTAL	3.75	4.35	4.8

Conclusión: Habiendo evaluado las alternativas, para seleccionar el tipo de variador de frecuencia requerido. Se determinó que el Variador de frecuencia (SINAMICS G130/G150), es la mejor opción con un puntaje de 4.8.

- Controlador Lógico Programable (PLC)

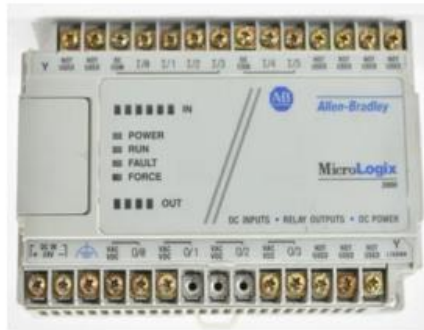
**OPCIÓN N° 01: PLC Schneider (TWIDO)**



compact PLC base Twido - 100..240 V AC supply - 24 I 24 V DC - 16 O

gama de producto	Twido
tipo de producto o componente	Controlador de base compacta
concepto	Transparent Ready
número de E/S digitales	40
número de entrada digital	24
tensión de entrada digital	24 V
tipo de voltaje entrada discreto	CC
número de salidas discretas	14 relé 2 transistor
[Us] tensión de alimentación nominal	100..240 V AC

**OPCIÓN N° 02: PLC Allen-Bradley (MicroLogix 1000)**



PLC MicroLogix 1000 - CPU

Atributo	Valor
Para Uso con	Serie MicroLogix 1000
Tipo de Entrada	Digital
Serie	1761
Tipo de Salida	Relé
Corriente de Salida	1,5 (apertura) A, 15 (cierre) A
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+55°C
Tensión de Alimentación	120 V ac, 240 V ac

**OPCIÓN N° 03: PLC Siemens (SIMATIC S7-1200 CPU1214C)**

SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé



SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU COMPACTA, AC/DC/RELES, E/S INTEGRADAS: 14 DI 24VDC, 10 DO RELES 2A, 2 AI 0 - 10V DC, ALIMENTACION: AC 85 - 264 V AC BEI 47 - 63 HZ, MEMORIA DE PROGRAMA/DATOS 75 KB.

Referencia:

6ES7214-1BG31-0XB0.

Codigo de barras EAN13: 6940408101319.

Modelo: 14ED/10SD/2EA.

Fabricante: SIEMENS.

[Más detalles...](#)



**Criterios de selección:**

Criterio de selección del Controlador Lógico Programable (PLC)		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Entradas Digitales y Analógicas	Nº de entradas tanto digitales como analógicas	0.2
Salidas Digitales y Analógicas	Nº de salidas tanto digitales como analógicas	0.2
Capacidad del procesador	Evaluación de los niveles de almacenamiento con que cuenta	0.25
Versión de Firmware	Se busca una versión actualizada, compatible con todos los procesos	0.1
Protocolos de comunicación	Se evalúa la capacidad de comunicarse con distintos dispositivos	0.15
Costo	Se debe tomar en cuenta para evaluar el costo total de la propuesta de automatización	0.1
Total valoración		1

Una vez determinadas las valoraciones de cada criterio se procede a la selección de la mejor opción utilizando dichos criterios:

Evaluación y selección de la mejor alternativa			
Criterio	OPCIÓN	OPCIÓN	OPCIÓN
	1	2	3
Entradas Digitales y Analógicas	3	5	5
Salidas Digitales y Analógicas	3	4	5
Capacidad del procesador	4	4	5
Versión de Firmware	5	5	5
Protocolos de comunicación	3	4	5
Costo	4	5	4
TOTAL	3.1	3.8	4.15

Conclusión: Habiendo evaluado las alternativas, para seleccionar el tipo de PLC adecuado; se determinó que la opción 3: PLC Siemens (SIMATIC S7-1200 CPU1214C) es la mejor con una puntuación de 4.15;

- Interfaz Hombre-Máquina (HMI)

### ***OPCIÓN N° 01: HMI Siemens (KTP 700 Basic PN)***

6AV2 123-2GB03-0AX0 Siemens HMI, KTP700 BASIC, BASIC PANEL



Diseño de pantalla	TFT widescreen display, LED backlighting
Diagonal de pantalla	7 in
Numero de colores	65 536
Resolución de imagen horizontal	800 Pixel
Resolución de imagen vertical	480 Pixel
Teclas de función	8
USB interfaces	1, Up to 16 GB
Pantalla táctil	SI
Posición de montaje	Horizontal, vertical
Ethernet interfaces	1
Tensión de entrada	24 VDC

### ***OPCIÓN N° 02: HMI Allen-Bradley (2711R PanelView 800)***

## 2711R PanelView 800



- HMI con pantalla táctil TFT resistiva
- Pantalla de alta resolución con retroiluminación LED, 65K colores
- Varios idiomas disponibles
- Compatibilidad con aplicaciones horizontales y verticales
- Ethernet, USB, e interfaz RS232, RS422 y RS485
- Ranura de tarjeta MicroSD
- Varios protocolos de comunicación
- Función de alarma y recepción
- Guardar recetas en . Formato CSV para copia de seguridad o modificación sin conexión
- Cargar y descargar ajustes de parámetros con una sola operación
- Configure el formato numérico, la fecha y la hora para cada configuración regional
- La resolución de la pantalla es 800x480WVGA
- El almacenamiento interno es de 256MB

**Criterios de selección:**

Criterio de selección de la Interfaz Hombre-Máquina (HMI)		
Criterio	Descripción del criterio	Valoración
Resolución de imagen	Se debe observar la imagen con una buena resolución	0.2
Ambiente de Trabajo	Se analiza la capacidad del HMI a adaptarse a los distintos escenarios	0.2
Conexión remota	Se analiza la capacidad de comunicarse y/o conectarse de forma remota	0.2
Protocolos de comunicación	Se evalúa la capacidad de comunicarse con distintos dispositivos	0.2
Costo	Se debe tomar en cuenta para evaluar el costo total de la propuesta de automatización	0.2
Total valoración		1

Una vez determinadas las valoraciones de cada criterio se procede a la selección de la mejor opción utilizando dichos criterios:

Evaluación y selección de la mejor alternativa		
Criterio	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
Resolución de imagen	5	5
Ambiente de Trabajo	4	4
Conexión remota	5	4
Protocolos de comunicación	5	4
Costo	4	5
TOTAL	4.6	3.6

Conclusión: Habiendo evaluado las alternativas, para seleccionar el HMI, el más adecuado para la aplicación es el HMI KTP 700 Basic PN (OPCIÓN 1) con una puntuación de 4.6

## Selección de los principales componentes para la automatización

### (1) Sensor inductivo m12 (1 UNIDAD)

	<p><b>Nombre:</b> Sensor inductivo m12</p> <p><b>Datos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Modelo NBN8-12GM50-E2-V1 Y323749</li><li>✓ Serie: cilindrico, otros</li><li>✓ Instalación: No enrasado</li><li>✓ Tipo de salida: 3 hilos</li><li>✓ Tipo de conexión: Conector macho M12x1</li><li>✓ Material de la carcasa: latón, niquelado</li></ul>
<p><b>Precio-mercado:</b> USD 7.86-USD 11.29/ Unidad</p> <p><b>Link de compra:</b> <a href="https://spanish.alibaba.com/product-detail/10-30v-dc-8-mm-long-distance-proximity-sensor-unshielded-300-hz-switch-frequency-inductive-sensors-1600076092931.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad_creative.d_title.1d986841TRxkG7">https://spanish.alibaba.com/product-detail/10-30v-dc-8-mm-long-distance-proximity-sensor-unshielded-300-hz-switch-frequency-inductive-sensors-1600076092931.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad_creative.d_title.1d986841TRxkG7</a></p>	

### (2) y (6) Sensores de nivel analógico (2 UNIDADES)

	<p><b>Nombre:</b> Sensor de nivel sumergible hidrostático (PS4, PS3)</p> <p><b>Datos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Tecnología: hidrostático</li><li>✓ Medio: para agua, para carburante, para aceite, para aguas residuales</li><li>✓ señales de salida: 2 hilos: 4 ... 20 mA, 3 hilos: 0 ... 10 V</li><li>✓ diámetro de 26,5 mm</li><li>✓ Rango de niveles: Máx.: 250 m (820'02") Mín.: 1 m (3'03")</li><li>✓ Presión de proceso: Máx.: 20 bar (290,08 psi) Mín.: 0,4 bar (5,8 psi).</li></ul>
---	---

**Precio-mercado:** 95,00 US \$

**Link de compra:** <https://www.directindustry.es/prod/bd-sensors-gmbh/product-14047-2368560.html>

(3) Sensor de temperatura (1 UNIDAD)



**Nombre:** Sensor de temperatura PT100 RTD

**Datos técnicos:**

- ✓ Graduación: PT100
- ✓ Rango de medición de temperatura: 0-600 °C, 0-800 °C
- ✓ Diámetro del tubo 1.5mm-30mm
- ✓ Longitud del tubo: 1000-1500mm
- ✓ Instalación: Brida de rosca

**Precio-mercado:** 95,00 US \$

**Link de compra:** <https://www.directindustry.es/prod/bd-sensors-gmbh/product-14047-2368560.html>

(7) Variadores de frecuencia de 3 HP (2 UNIDADES)



**Nombre:** Variador de frecuencia (SINAMICS G130/G150)

**Datos técnicos:**

- ✓ Modelo: SINAMICS G130/G150
- ✓ 1.1 kW, 3.2kVA, 48W, 380-500V
- ✓ Peso: 2.10 kg

**Precio-mercado:** S/. 1567.70


**Link de compra:** <https://www.plc-city.com/shop/es/schneider-electric-variable-speed-drives/snr-atv312hu11n4b-nfs.html>

Los dispositivos necesarios para la programación se detallan a continuación:

PLC: CPU 1214C AC/DC/Relay (1Unidad)

	<p><b>Nombre:</b> PLC: CPU 1214C AC/DC/Relay</p>
	<p><b>Datos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelo: 14ED/10SD/2EA</li> <li>✓ Alta capacidad de procesamiento. Cálculo de 64 bits.</li> <li>✓ Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.</li> <li>✓ Entradas analógicas integradas.</li> <li>✓ Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.</li> <li>✓ Programación mediante la herramienta de software TIA Portal V14 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels. (Siemens, SIMATIC S7-1200, 2018)</li> </ul>
<p><b>Precio-mercado:</b> S/. 1300.00</p> <p><b>Link de compra:</b> <a href="https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html">https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html</a></p>	

Módulo de entradas y salidas digitales: SM1223 (1Unidad)


	<p><b>Nombre:</b> Módulo de entrada SIMATIC S7-1200</p>
	<p><b>Datos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelo: 8ED/8SD</li> <li>✓ Rango admisible, límite inferior (DC): 20,4 V</li> <li>✓ Rango admisible, límite superior (DC): 28,8 V.</li> <li>✓ SIMATIC S7-1200, E/S DIGITAL SM 1223, 8 DI / 8 DO, 8 DI DC 24 V, SINK/SOURCE, 8 DO, TRANSISTOR 0,5A.</li> </ul>
<p><b>Precio-mercado:</b> S/. 450.00</p> <p><b>Link de compra:</b> <a href="https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1217-simatic-s7-1200-e-s-modulo-digital-sm-1223-8-ed-8-sd-8-ed-dc-24-v-8-sd-transistor-05a-6940408100473.html">https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1217-simatic-s7-1200-e-s-modulo-digital-sm-1223-8-ed-8-sd-8-ed-dc-24-v-8-sd-transistor-05a-6940408100473.html</a></p>	



Módulo de entrada y salidas analógicas: SM1234 (1Unidad)

	<p><b>Nombre:</b> SIMATIC S7-1200, Módulo de E/S analógicas</p>
	<p><b>Datos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modelo: 4EA/2SA</li> <li>✓ Consumo tp.: 60 mA</li> <li>✓ SIMATIC S7-1200, E/S ANALOG. SM 1234, 4 AI / 2 AO, +/-10V, RESOLUCION 14 BIT, O 0-20 MA, RESOLUCION 13 BIT</li> </ul>
<p><b>Precio-mercado:</b> S/. 650.00</p> <p><b>Link de compra:</b> <a href="https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1234-simatic-s7-1200-modulo-de-e-s-analogicas-sm-1234-4-ea-2-sa-6940408100343.html">https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1234-simatic-s7-1200-modulo-de-e-s-analogicas-sm-1234-4-ea-2-sa-6940408100343.html</a></p>	

Pantalla HMI: KTP 700 Basic PN (1Unidad)

	<p><b>Nombre:</b> Pantalla HMI KTP400 Basic</p>
	<p><b>Datos técnicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SIMATIC HMI, KTP400 Basic, Basic Panel, Manejo con teclado/táctil, pantalla TFT de 4", 65536 colores, Interfaz PROFINET, configurable a partir de WinCC Basic V13/ STEP 7 Basic V13, incluye software Open Source, que se cede gratuitamente ver CD adjunto</li> </ul>
<p><b>Precio-mercado:</b> S/. 1521.60</p> <p><b>Link de compra:</b> <a href="https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2123-2DB03-0AX0">https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV2123-2DB03-0AX0</a></p>	

- *Elaboración del plano eléctrico del tratamiento primario de la PTAR*

El plano eléctrico del tratamiento primario de la PTAR se desarrollará en el Cade Simu. El Cade Simu resulta ser un programa muy adecuado, especialmente para profesionales del campo eléctrico y / o estudiantes de ingeniería eléctrica. El programa proporciona un sistema de simulación muy completo y fácil de usar. El usuario solo necesita ingresar los símbolos de manera organizada, y el programa evaluará el estado de los componentes eléctricos para luego resaltar los conductores eléctricos.

Cabe destacar que el programa proporciona una interfaz gráfica tipo CAD para que el usuario pueda dibujar su diagrama eléctrico de forma muy sencilla. Cabe señalar que, una vez finalizada la simulación del programa, el usuario puede analizar correctamente el funcionamiento del programa.

El programa brinda muchas ventajas y beneficios, tales como:

- Incluye una nueva biblioteca de tipo electroneumático.
- Ahora se pueden utilizar módulos lógicos de tipo PLC S7-1200 y LOGO OBA8.
- La biblioteca se ha actualizado para brindar una experiencia completa al usar relés electrónicos.
- Tiene un actuador lineal eléctrico, además de complementar la biblioteca de motores, también mejora la experiencia al utilizar el simulador de motor.
- Los diagramas lógicos y de escalera se pueden utilizar en la biblioteca.
- Integración mejorada con español e italiano
- El programa cuenta ahora con una serie de comandos nuevos y más intuitivos, que facilitarán el uso del software.

Los planos eléctricos desarrollados para la automatización se detallan a continuación

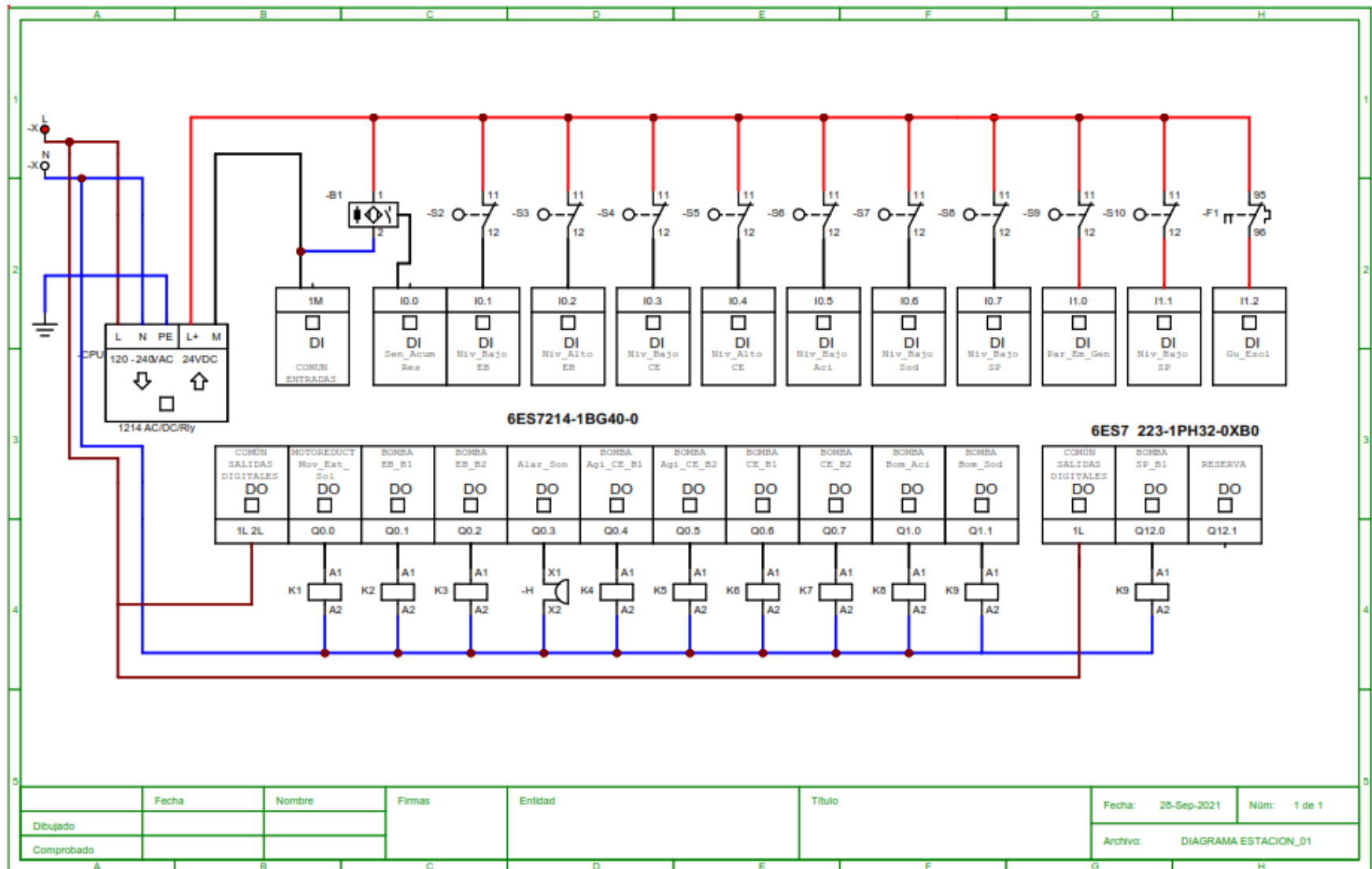


Figura 11. Plano eléctrico propuesto de entradas y salidas digitales del PLC

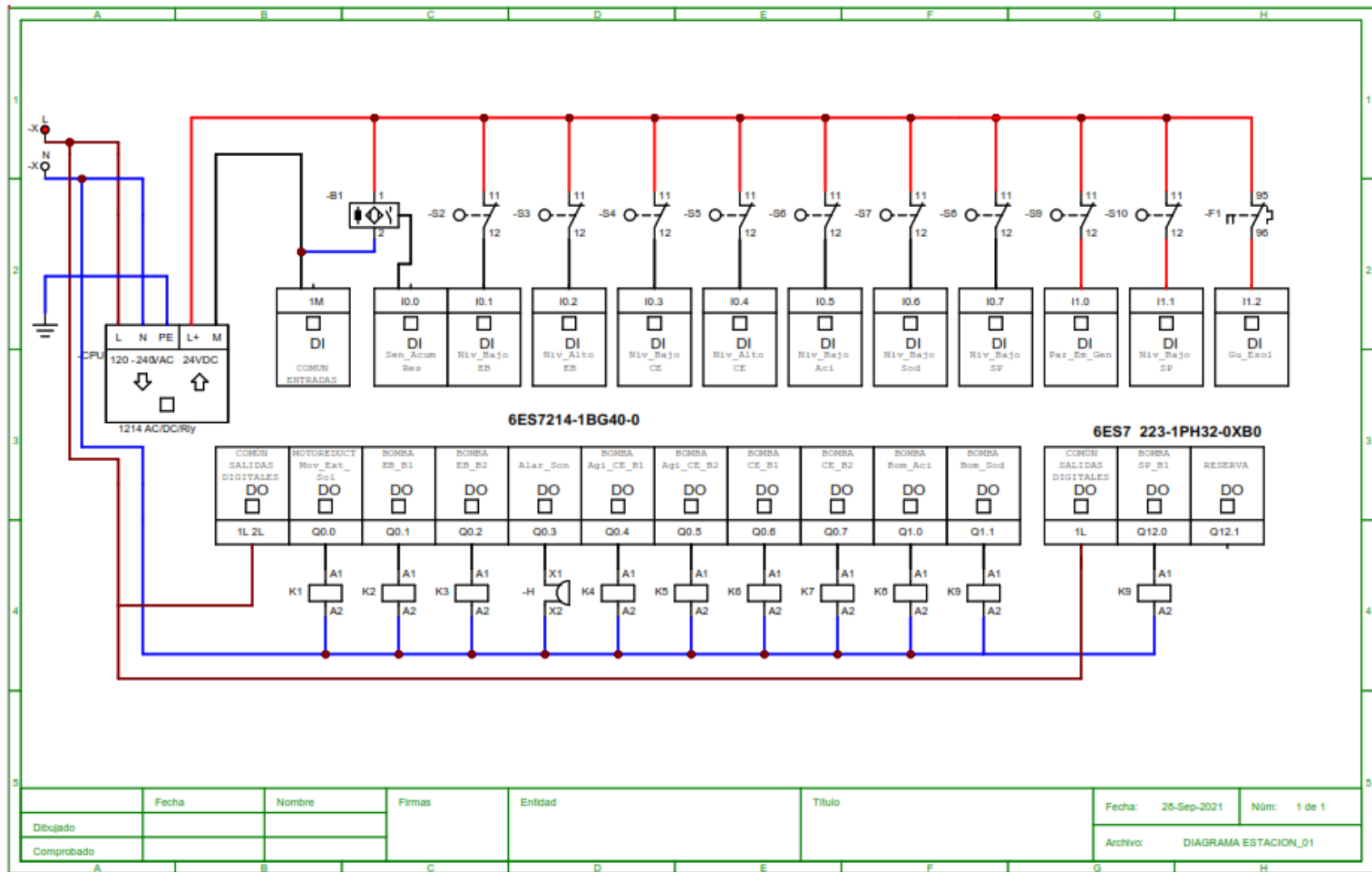


Figura 12. Plano eléctrico propuesto de salidas y entradas analógicas del PLC

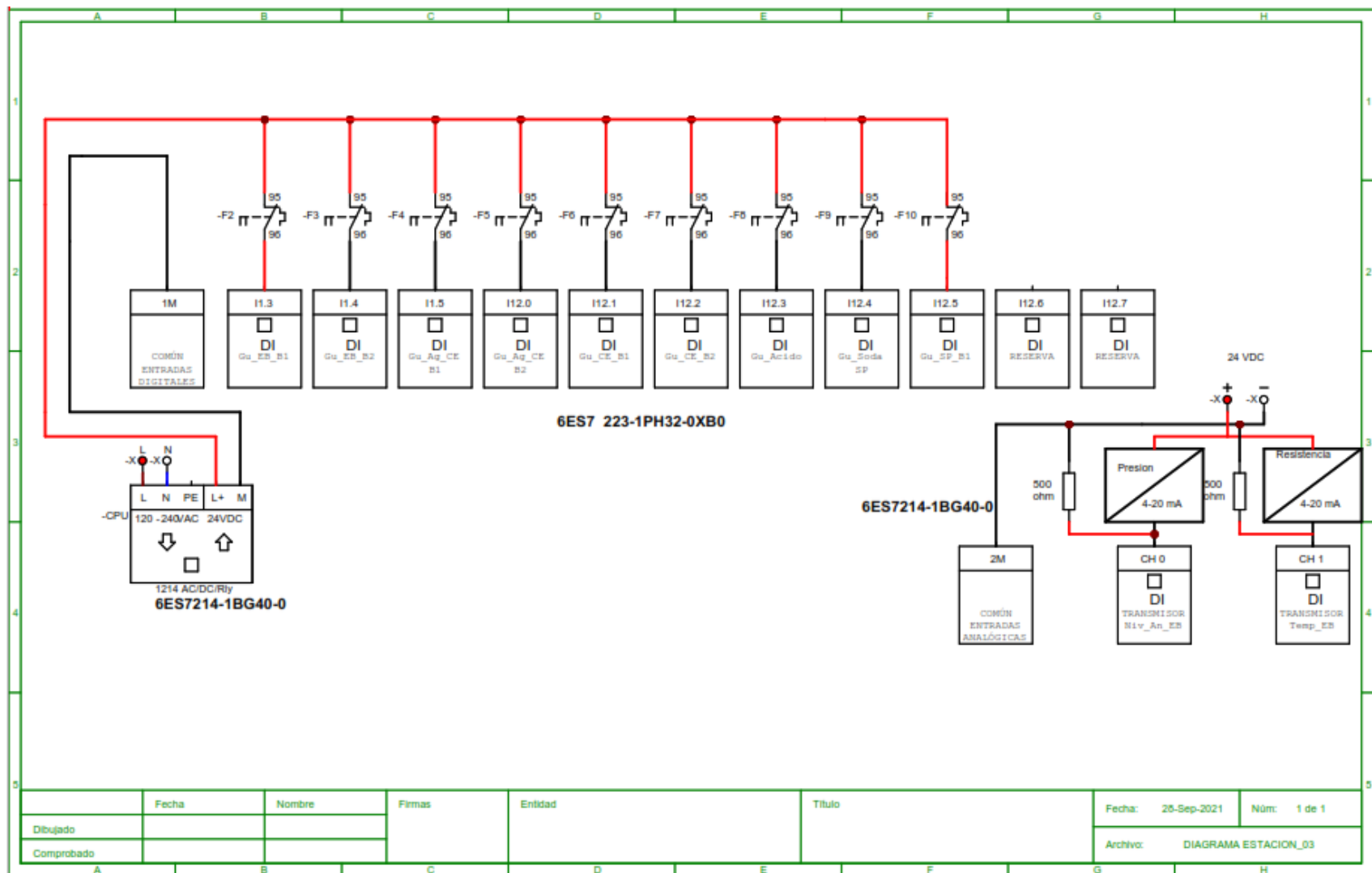


Figura 13. Plano eléctrico propuesto de entradas digitales y salidas analógicas del PL

Para la implementación de la parte de automatización del proceso que anteriormente se ha descrito y seleccionado, es necesario contar con un tablero eléctrico donde van a ir los componentes del circuito de control, que son básicamente el PLC y el HMI, considerando que el circuito de fuerza o de potencia se encuentra ya instalado con sus respectivos tableros.

El diseño del tablero se basa en las dimensiones de los elementos que intervienen en el circuito de control, para ello se selecciona un tablero metálico de 500x400x200mm, la cual en su interior está compuesto por los sistemas de protección eléctrica, borneras, fuente de alimentación, PLC y en su exterior ira colocado el HMI para que el operador tenga acceso al manejo de la misma, también contara con un sistema de refrigeración de los componentes internos mediante un ventilador.

El tablero de control cuenta con protección del circuito tales como una llave diferencial que permitirá la apertura de la misma ante cualquier fuga de corriente del circuito y una llave monofásica termomagnética de 6A, que protege la instalación ante una sobrecarga del sistema evitando el recalentamiento de los cables y a causa de ella genere algún accidente, el voltaje que llegara al tablero es de 220 VAC, pero la alimentación tanto para el PLC y HMI son de 24VDC, para ello se utiliza un fuente de alimentación de 5A que convertirá los 220VAC a 24VDC, también contara con un bloque de borneras tanto para la ambientación del circuito y de las diferentes señales de entradas y salidas. **Anexo 7**



- *Elaboración de la programación y simulación en el software tia portal versión 16*

El TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal), es un software de ingeniería de la firma de Siemens que ofrece un innovador sistema de ingeniería que conlleva a configurar de forma intuitiva y eficiente en los procesos de planificación y producción. El TIA portal incorpora nuevas versiones de software integrado tal como:

- **SIMATIC Step 7:** Software más utilizado para la programación de PLC Siemens.
- **WinCC:** Software para programación y configuración de Pantallas SIMATIC HMI
- **Stardrive:** Software utilizado para programación y configuración de variadores Siemens.

Existen diferentes versiones del TIA Portal, para este caso se utilizará la versión 16, que es una de las más actuales, teniendo diferentes beneficios en frente de las versiones anteriores.

Procedimiento de configuración y programación en TIA Portal V16

- Abrimos el software instalado en la PC, cuyo icono se muestra en la siguiente figura.



*Figura 14. Icono TIA Portal V16*

- Al abrir el software aparece la vista de Portal (figura 15), donde nos da varias opciones como el abrir un proyecto ya existente, crear un proyecto nuevo y migrar un proyecto. Se seleccionará en crear proyecto y se abrirá una nueva vista para creación del proyecto (figura 16) donde colocaremos algunos datos como nombre del proyecto, ruta, versión, autor y de ser el

caso algún comentario, luego de ello se seleccionará el botón crear.

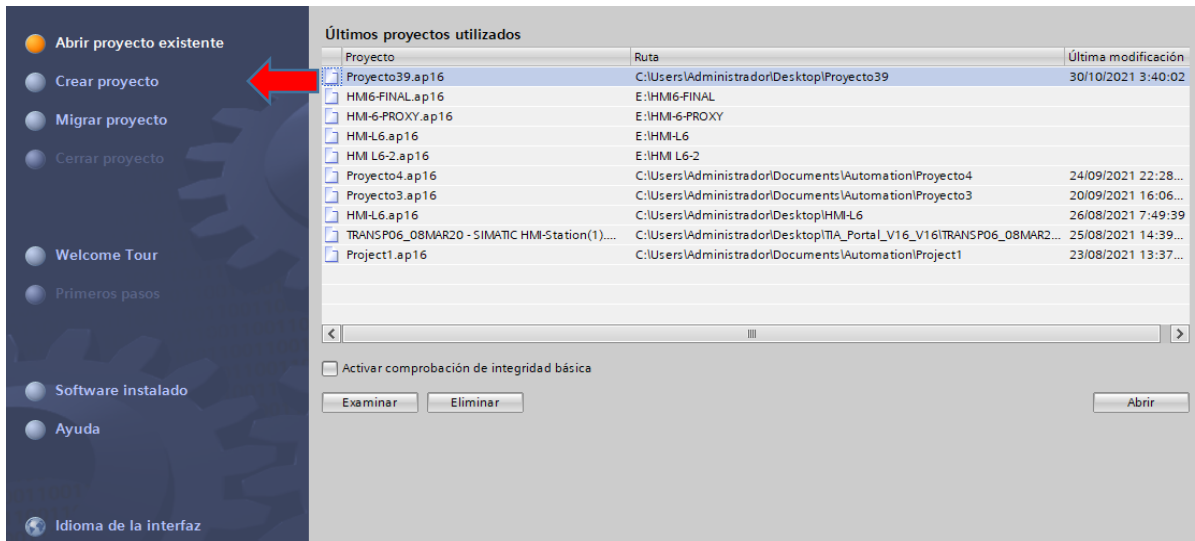


Figura 15. Vista del Portal

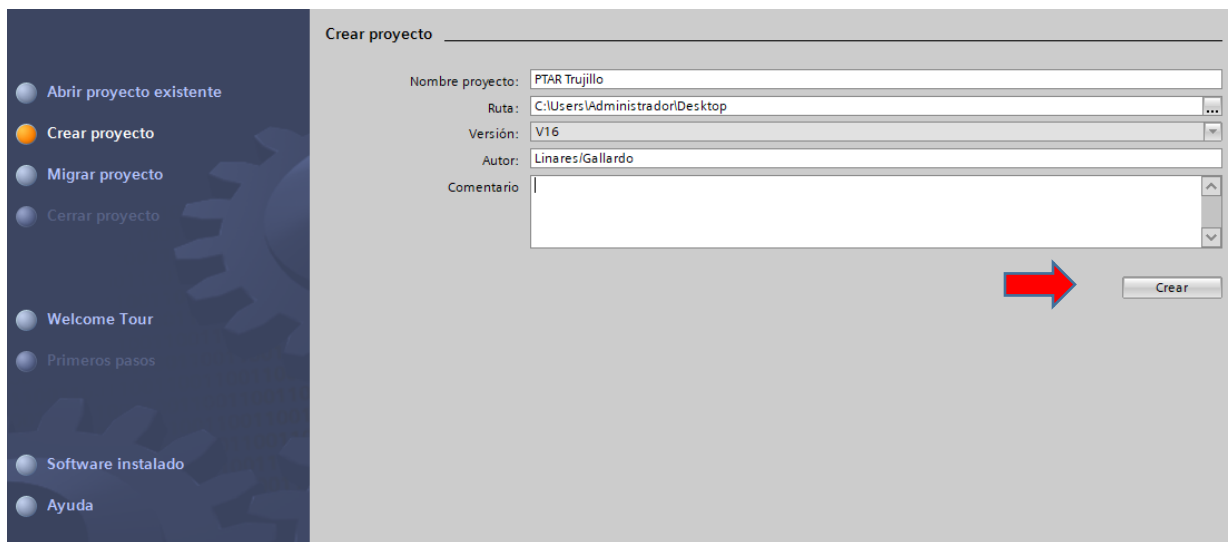


Figura 16. Crear proyecto

- Una vez creado el proyecto se procederá a la configuración de los dispositivos y redes, de acuerdo a los dispositivos físicos seleccionados anteriormente, como son el PLC y HMI, para ello se seleccionará configurar un dispositivo (figura 17).



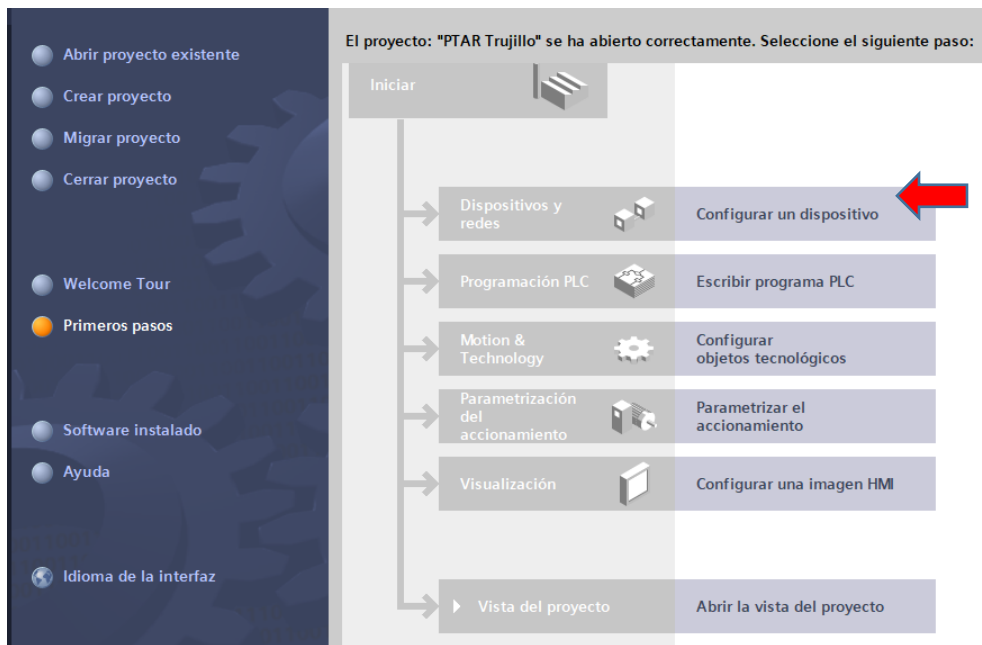


Figura 17. Configuración de dispositivos

- A continuación, agregaremos los dispositivos que están dentro del catálogo del TIA Portal, teniendo en cuenta el modelo y versión de cada dispositivo físico seleccionado, para ello seleccionaremos primero el PLC siendo el CPU 1214-1BG40-0xB0 versión 4.4 (figura 18) y el HMI KTP700 Basic PN versión 16.0 (figura 18).

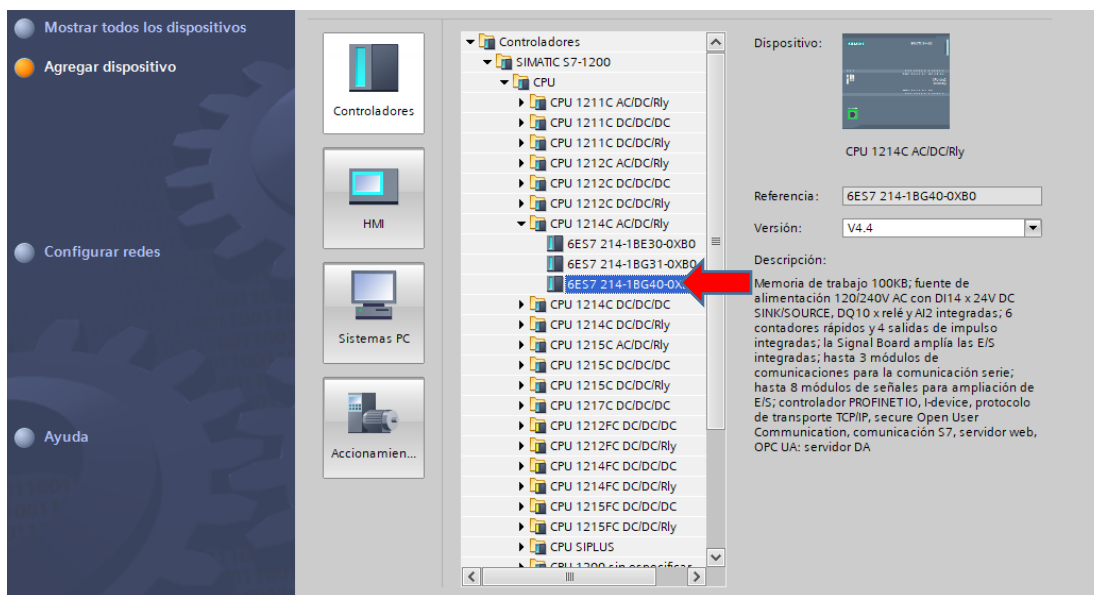


Figura 18. Selección de PLC

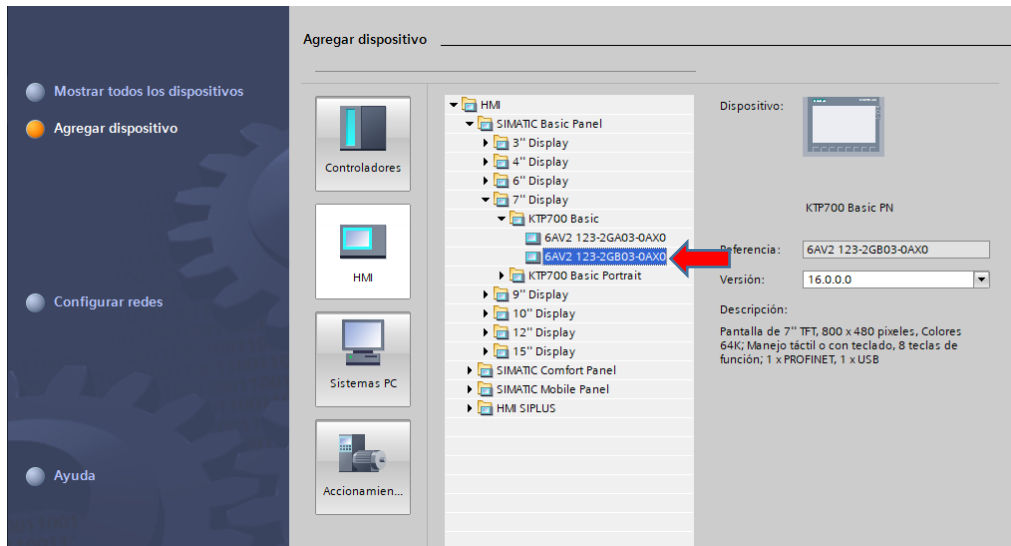


Figura 19. Selección de HMI

- Luego de haber seleccionado los componentes que van a ser configurados y programados procedemos a enlazarlos entre sí, para este caso por medio del protocolo de comunicación PROFINET (figura 20), para ello se configurara el IP de cada equipo, siendo para el PLC la dirección 192.168.1.20 y para el HMI la dirección 192.168.1.30.

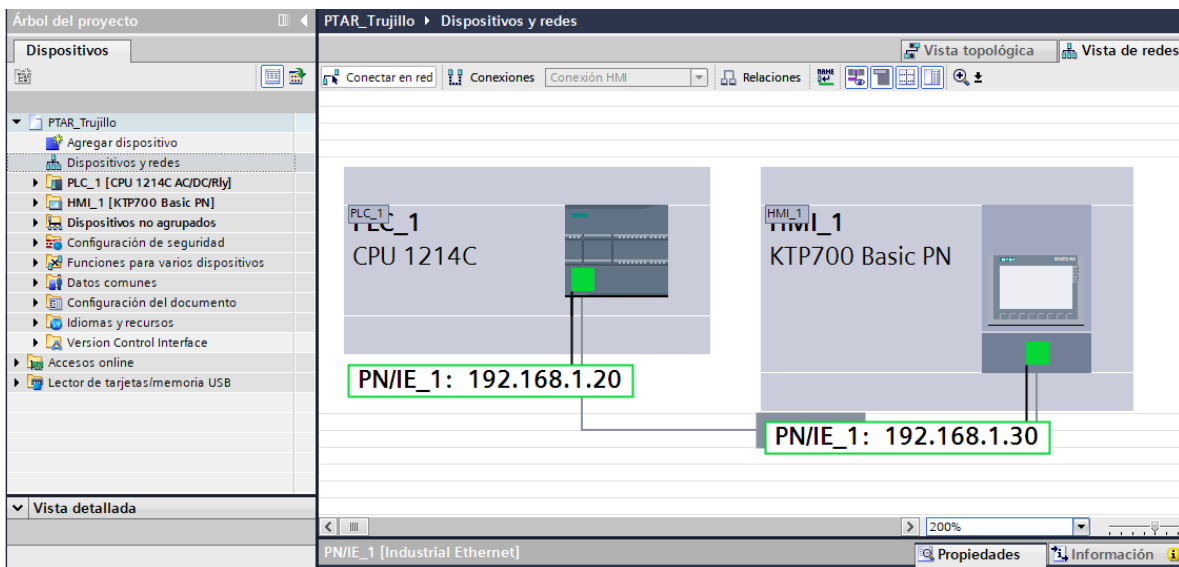


Figura 20. Comunicación entre PLC y HMI (PROFINET)

- Según las cantidades de entradas y salidas tanto analógicas como digitales a utilizar, el PLC seleccionado no tiene las suficientes entradas y salidas a

lo que necesitamos, por lo tanto, se va a utilizar módulos de ampliación que se añadirán en el bastidor 2 el módulo SM1234 que cuenta con 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas y en el bastidor 3 el módulo SM1223 que cuenta con 8 entradas digitales y 8 salidas digitales tipo relé (figura 21).

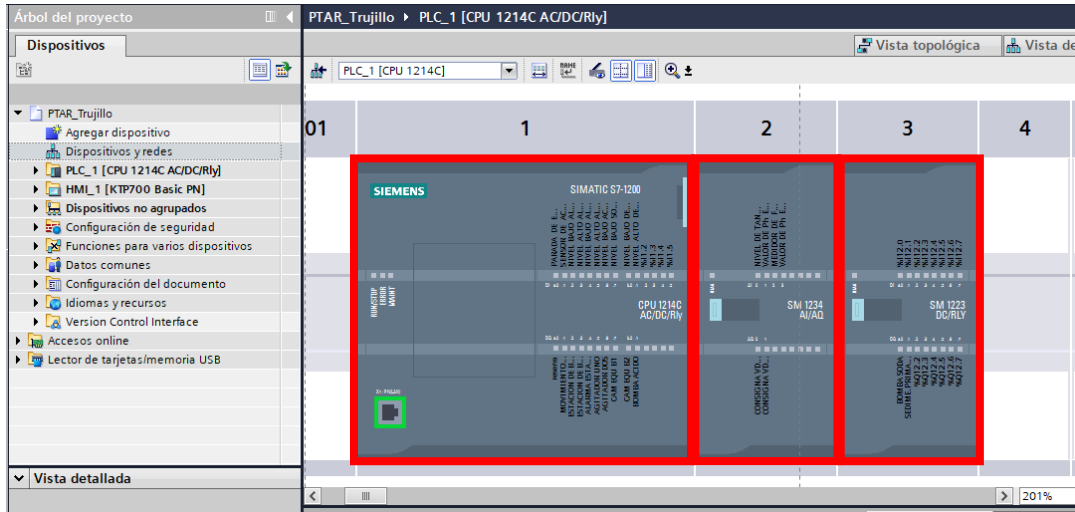


Figura 21. Configuración y ampliación de módulos de entrada y salidas

- Una vez de haber configurado el hardware procedemos ya a la programación del PLC propiamente dicho, donde primero se van a declarar las variables del PLC (figura 22) según lo descrito en el diafragma de instrumentación, ellos nos facilitaran en la programación al momento de seleccionar las entradas y salidas dentro de la lógica programada.

Variables PLC								
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	PARADA DE EMERGENCIA	Tabla de variables e...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	SENSOR DE ACUMULACIÓN DE ...	Tabla de variables e...	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	NIVEL BAJO ALCANZADO ESTC...	Tabla de variables e...	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	NIVEL ALTO ALCANZADO ESTC...	Tabla de variables e...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	NIVEL BAJO ALCANZADO CÁM ...	Tabla de variables e...	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	NIVEL ALTO ALCANZADO CÁM ...	Tabla de variables e...	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	NIVEL BAJO ÁCIDO	Tabla de variables e...	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	NIVEL BAJO SODA	Tabla de variables e...	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	NIVEL BAJO DE SEDIMEN.PRIMA...	Tabla de variables e...	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	NIVEL ALTO DE SEDIMEN.PRIMA...	Tabla de variables e...	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	reserva	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	MOVIMIENTO DE MALLA PARA ...	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	ESTACION DE BOMBEO B1	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	ESTACION DE BOMBEO B2	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	ALARMA ESTACIÓN DE BOMBE...	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	AGITADOR UNO	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	AGITADOR DOS	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	CÁM EQU B1	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	CÁM EQU B2	Tabla de variabl...	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 22. Variables del proceso

- Después de ello se procederá a añadir un bloque de organización OB1 (figura 23), un OB es un llamado por el sistema operativo de forma cíclica y constituye la interfaz entre el programa de usuario y el sistema operativo. Dentro de la programación existen diversos lenguajes según la norma DIN EN 61131-3, tales como el diagrama de funciones (FUP), diagrama de contactos (KOP) y listas de instrucciones (SCL y AWL), para fines del proyecto utilizaremos el diagrama de contactos.

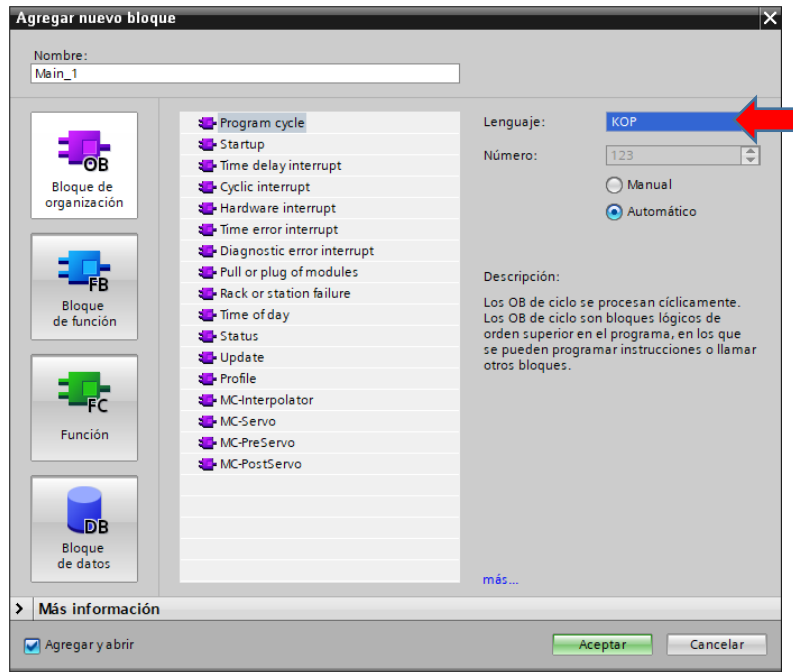


Figura 23. Agregar nuevo bloque de programación

- Después de agregar el OB1 realizaremos la lógica de programación en el PLC mediante el lenguaje KOP, de acuerdo a las condiciones descritas anteriormente en el proceso de la implementación de la automatización. Para ello se añadirá diferentes segmentos para la ejecución de cada paso de programación.

Las salidas analógicas del controlador de PH (JUMO AQUIS) son libremente escalables ya sea por corriente o tensión. A través de ellas se pueden emitir salidas de regulador, valores nominales, resultados matemáticos y señales de entrada analógicas (valor real). Además de las 2

salidas analógicas de serie de la placa básica. (En la figura 24) se nota que las salidas 4 y 5 del medidor JUMO AQUIS se conectan a las entradas analógicas del módulo de ampliación del PLC. Siendo relacionado el valor de 0 PH para 4 mA y de 14 PH para 20 mA.

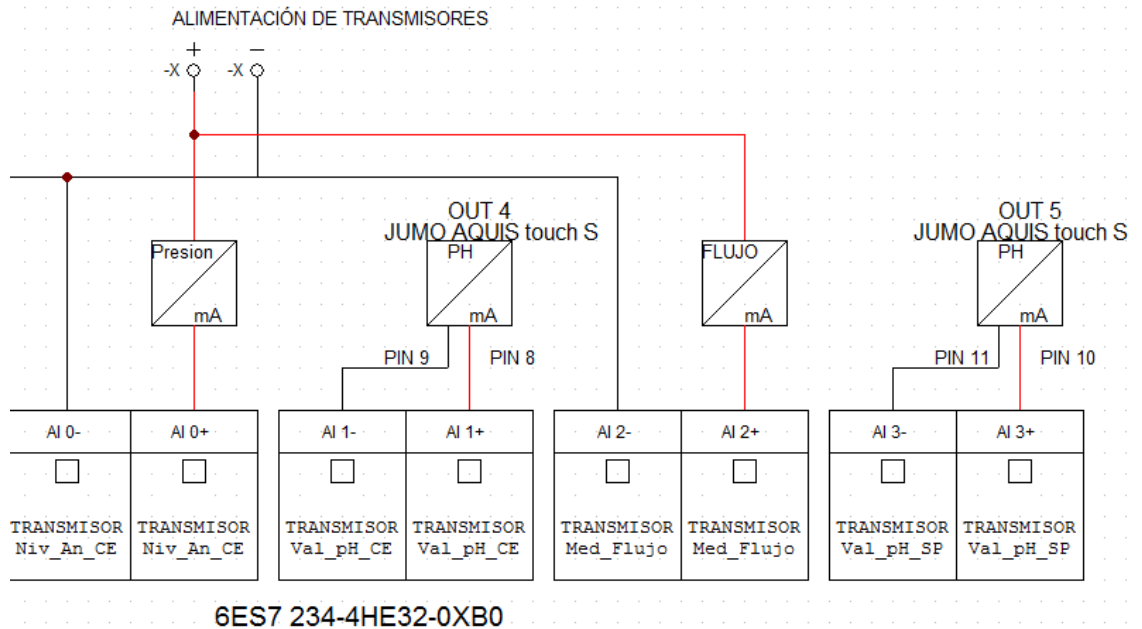


Figura 24. Configuración de pH y flujo en la entrada del PLC.

Cuando se trata de una entrada analógica de un plc S7 1200, ya sea de tensión o de corriente el valor máximo de la salida del ADC es 27648 para 10 VDC o 20 mA. Aplicando la regla de 3 simple, calculamos el valor de salida del ADC para los 4 mA:

**Tabla 21.** Conversión de señal normalizada a cuentas del PLC para pH

27648 cuentas	20 mA
5530 cuentas	4 mA

27648 cuentas	20mA
0 cuentas	0 mA

El cálculo que se hace realiza en la tabla anterior sirve para ajustar el bloque

NORM-X, en el valor MIN se ajusta a 5530.

Como el medidor brindará valores desde 0 PH hasta 14 PH, el bloque SCALE-X se ajusta de 0 a 14. Figura 25

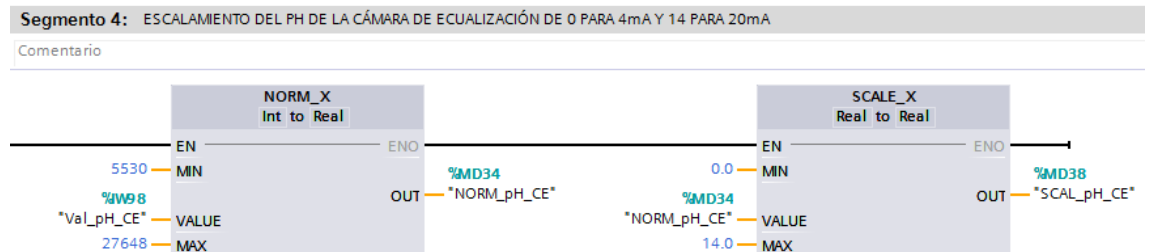


Figura 25. Escalamiento del pH en la cámara de ecualización

Para el caso de los sensores de nivel de tanque y de temperatura se hizo algo diferente. Los sensores entregan una señal de corriente de 4 a 20 mA, pero la entrada es de 0 a 10 VDC. Es decir, no hay compatibilidad. Por esa razón sea instalado un resistor de 500 ohmios entre la entrada del PLC y el común 2M (figura 26).

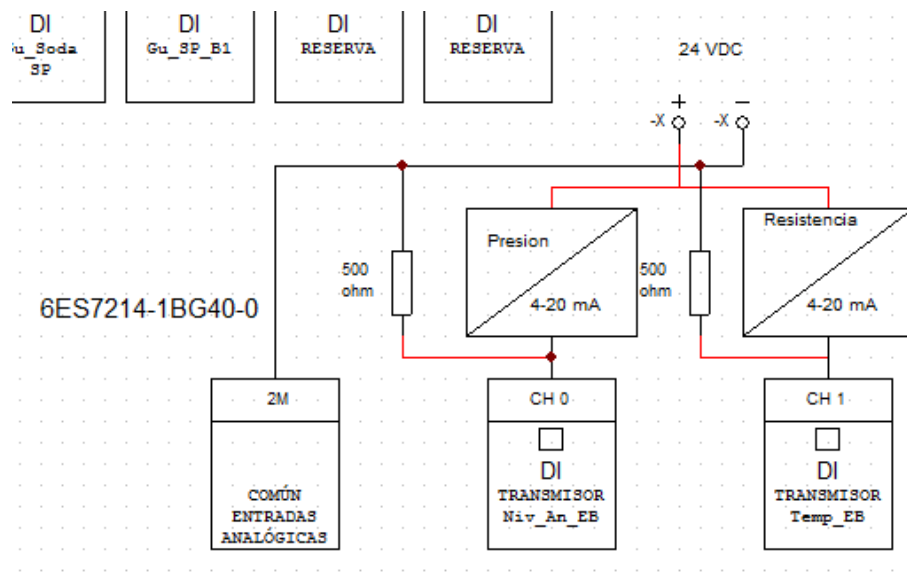


Figura 26. Configuración de entradas de los sensores de nivel de tanque y de temperatura.

Eso significa que los 0 mA producirán una caída de tensión de 0VDC y los 20mA una caída de tensión de 10 VDC. Lo que se visualiza en la siguiente tabla.

**Tabla 22.** *Conversión de señal normalizada a cuentas de PLC*

0 A	0 mA		500 ohmio	0 VDC
0.004 A	4 mA		500 ohmio	2 VDC
0.008 A	8 mA		500 ohmio	4 VDC
0.012 A	12 mA		500 ohmio	6 VDC
0.016 A	16 mA		500 ohmio	8 VDC
0.02 A	20 mA		500 ohmio	10 VDC

Nuevamente, aplicando la regla de 3 simple, el valor de salida de ADC para 2 voltios se visualiza en la siguiente tabla.

**Tabla 23.** *Análisis del número de VDC*

27648 cuentas	10 VDC
5530 cuentas	2 VDC

Y nos referimos al valor de 2 VDC porque es la caída de tensión cuando existan 4 mA circulando, es decir el valor mínimo de salida. Ya sea del sensor de nivel o el de temperatura.

En el módulo SCALE-X se ajusta de 0 a 3, porque es un sensor de nivel con valor mínimo de 0 metros y valor máximo de 3 metros. Lo cual se visualiza en la siguiente figura 27.

## Segmento 2: ESCALAMIENTO DEL NIVEL DEL LÍQUIDO DEL TANQUE DE ESTACIÓN DE BOMBEO

Comentario

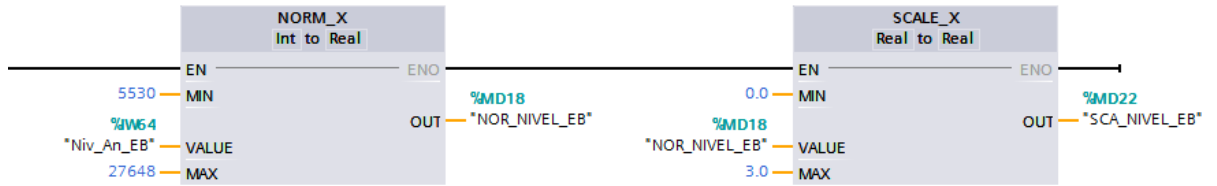


Figura 27. Escalamiento del nivel de líquido del tanque de la estación de bombeo

## Segmento 1: ESCALAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL TANQUE DE ESTACION DE BOMBEO

Comentario

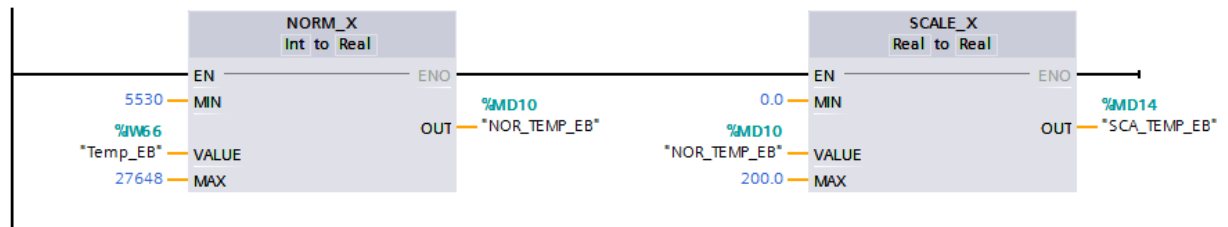


Figura 28. Escalamiento de la temperatura del tanque de estación de bombeo

En el módulo SCALE-X se ajusta de 0 a 200 porque el transmisor de Temperatura tiene como valor mínimo de 0 grados y valor máximo de 200 grados. Visualizado en la figura 28.

- Continuando con la programación de acuerdo a las condiciones requeridas en el proceso, una de ellas es el control de las bombas mediante niveles de los tanques (figura 29) y también que las bombas que tienen respaldo (bombas en paralelo), trabajen de forma alternada cada 8 horas (figura 30).



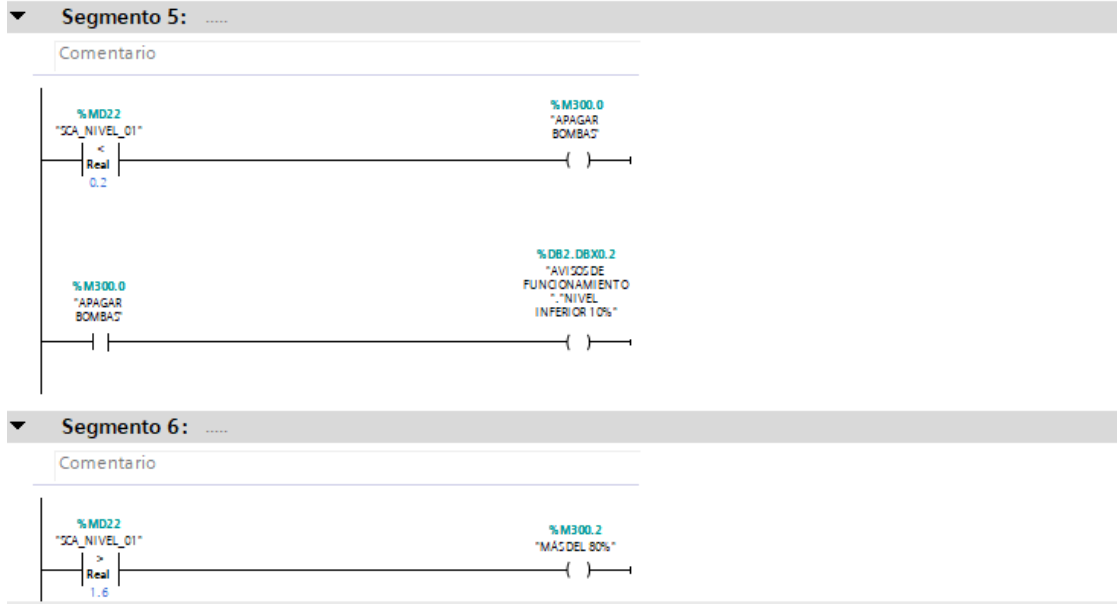


Figura 29. Arranque y parada de bombas por sensores de nivel

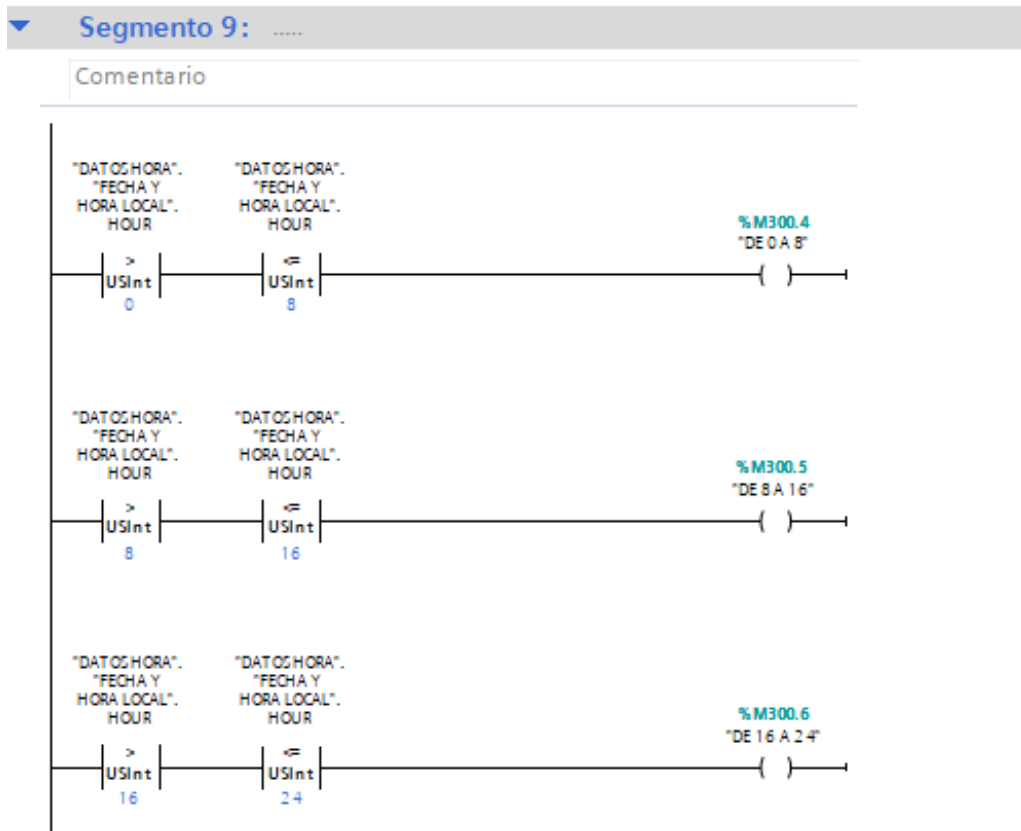


Figura 30. Lógica para arranque alternado de bombas

- Luego se realiza la lógica de programación del control PID, añadiendo un bloque PID Compact (figura 31), que va a regular el flujo del agua residual desde la cámara de ecualización hacia el sedimentador primario, este control permitirá que el margen de error entre la consigna asignada y el valor real del flujo, para ello se tiene que configura lo antes mencionado de los parámetros de entrada y salida (figura 32). Después de dar por concluido la programación de la lógica del PLC se extrae el informe a detalle del PLC, que se encuentra en el anexo N° 04.

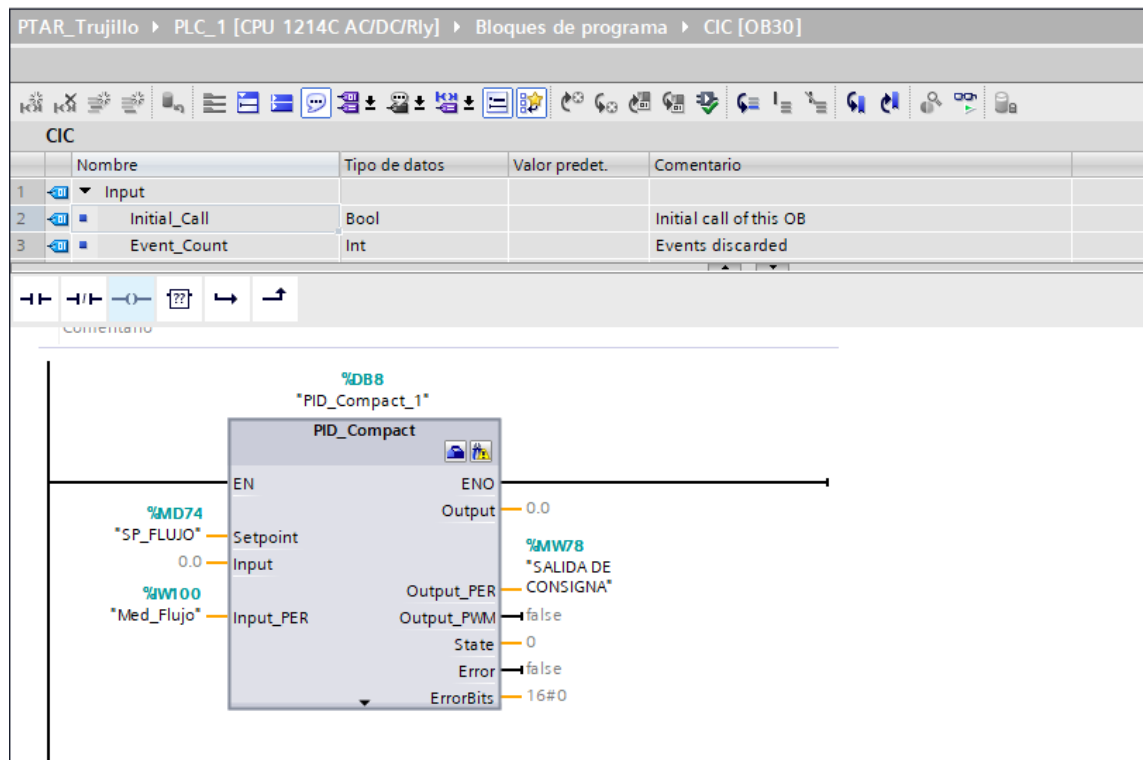


Figura 31. Bloque PID

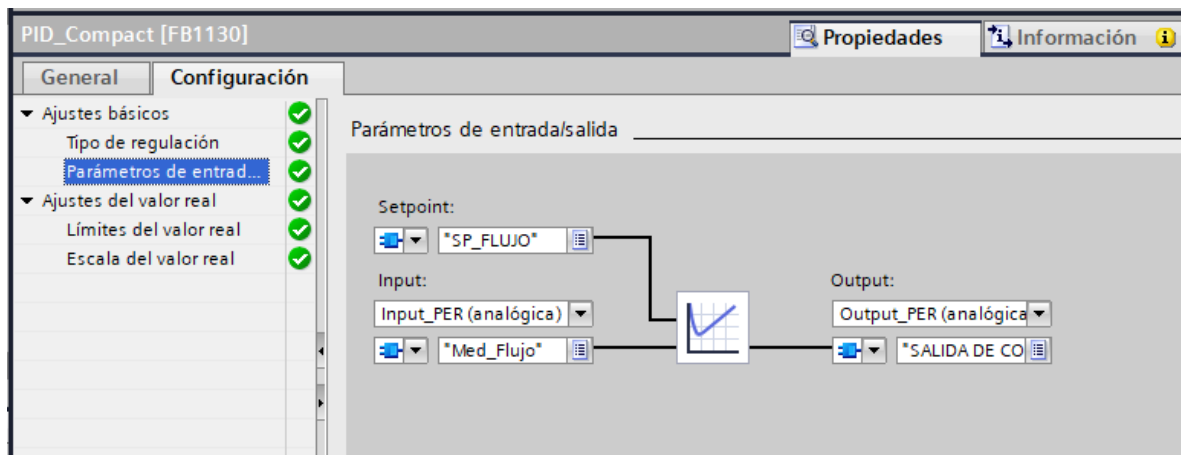


Figura 32. Configuración PID, parámetros de entrada y salida

- Después de lo mencionado procedimos a la configuración del HMI KTP700 Basic PN, la cual se inserta cinco pantallas nuevas, en la primera se configura la imagen principal del diagrama de instrumentación de la PTAR de Trujillo (figura 33), en la segunda pantalla se configura la estación de bombeo (figura 34) donde se visualiza las diferentes variables que se va a medir en esta estación, como es el nivel de tanque, la temperatura del agua residual, el estado de las bombas y demás variables, en la tercera pantalla se configura para visualizar las variables de la cámara de ecualización (figura 35), en la cuarta pantalla se configura para visualizar las variables del sedimentador primario (figura 36) y por último en quinta pantalla se configura la activación manual de las diferentes bombas, como también la activación manual de la alarma sonora (figura 37). Después de dar por concluido la configuración del HMI se extrae el informe a detalle del HMI, que se encuentra en el anexo N°05.

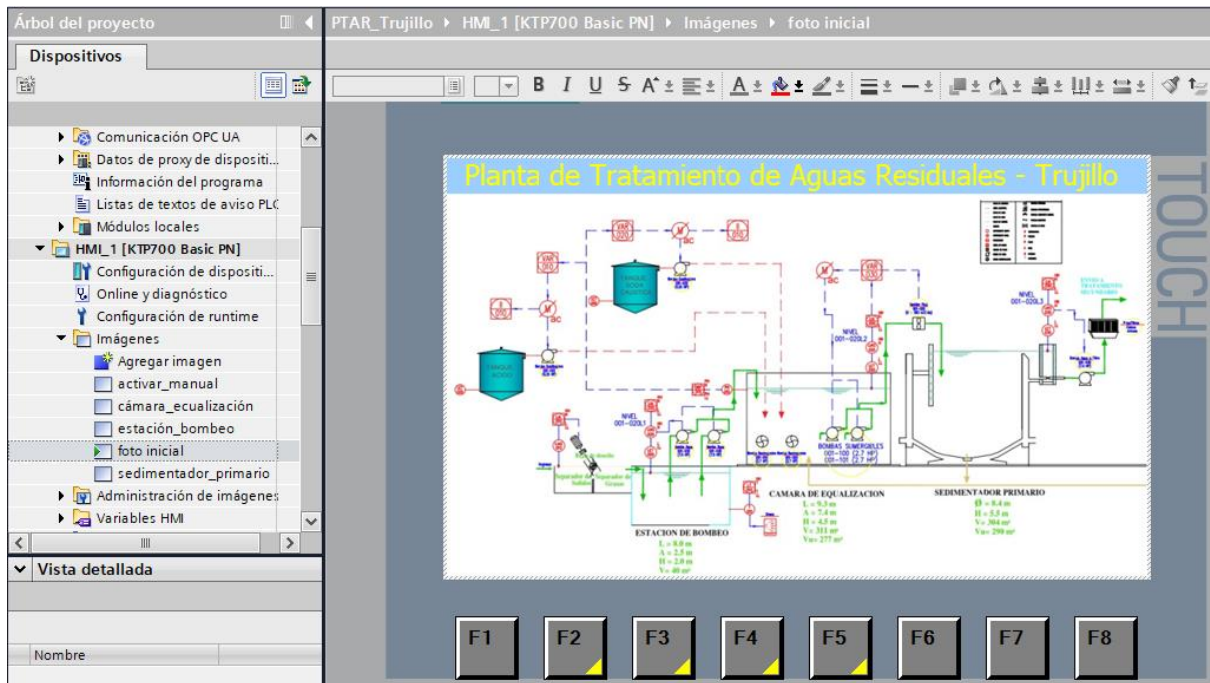


Figura 33. Configuración de imagen principal en HMI

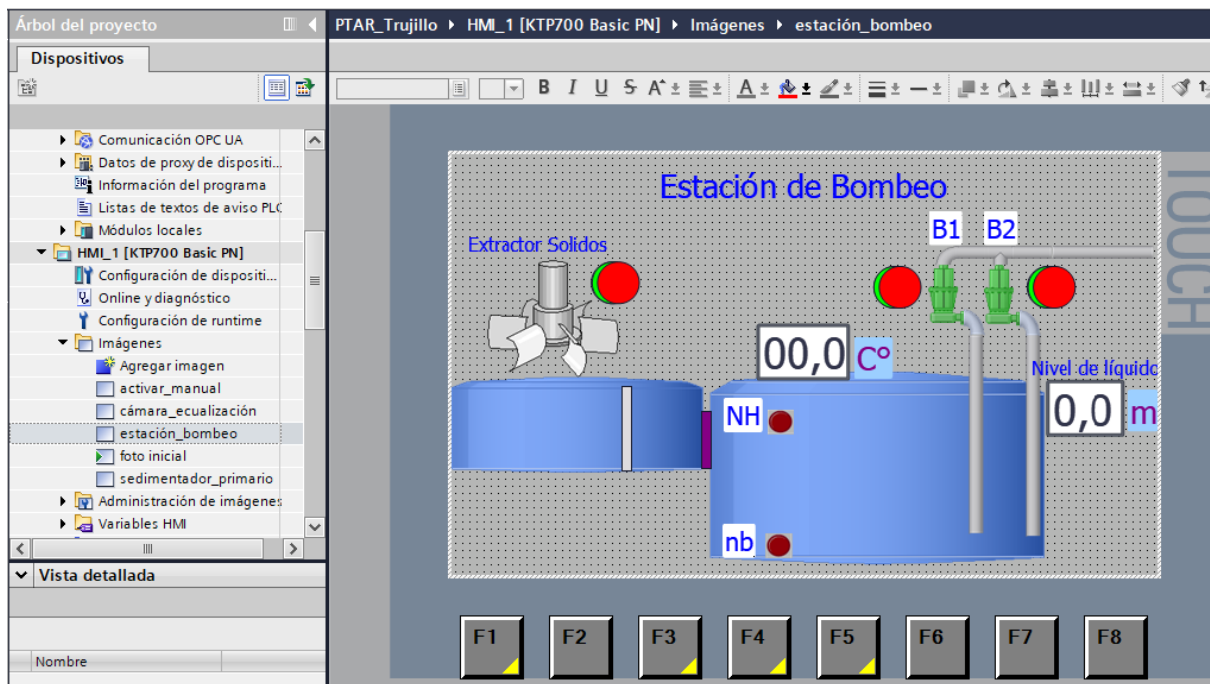


Figura 34. Configuración de imagen de estación de bombeo en HMI

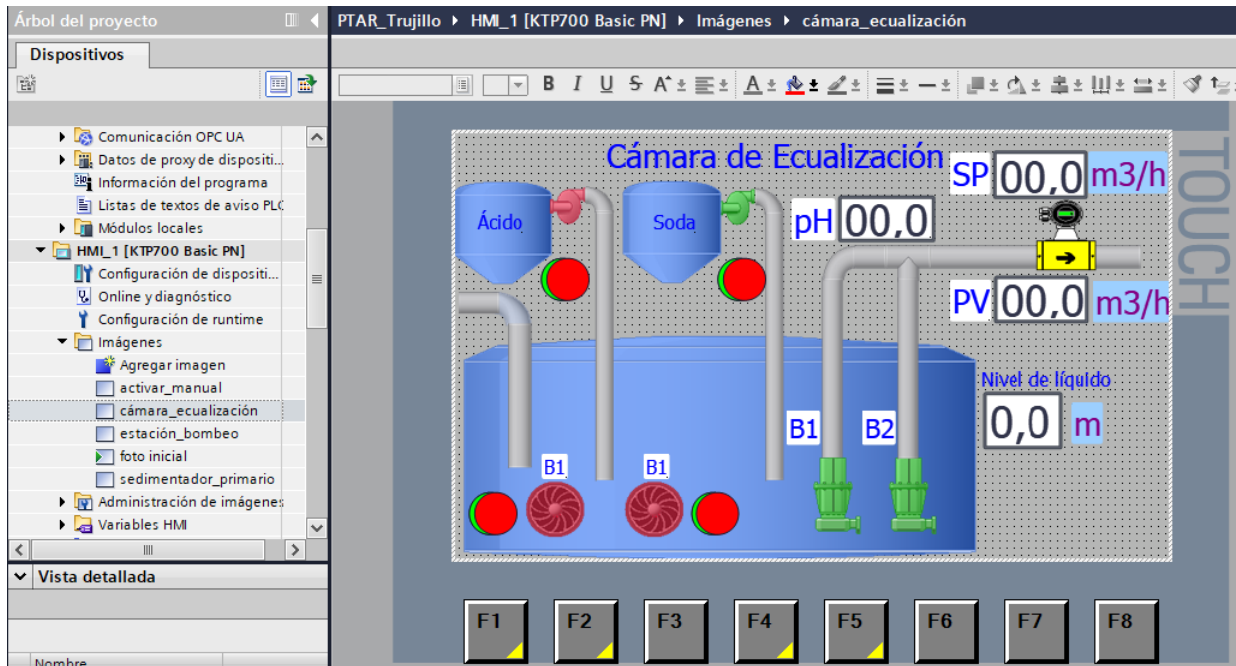


Figura 35. Configuración de cámara de ecuación en HMI

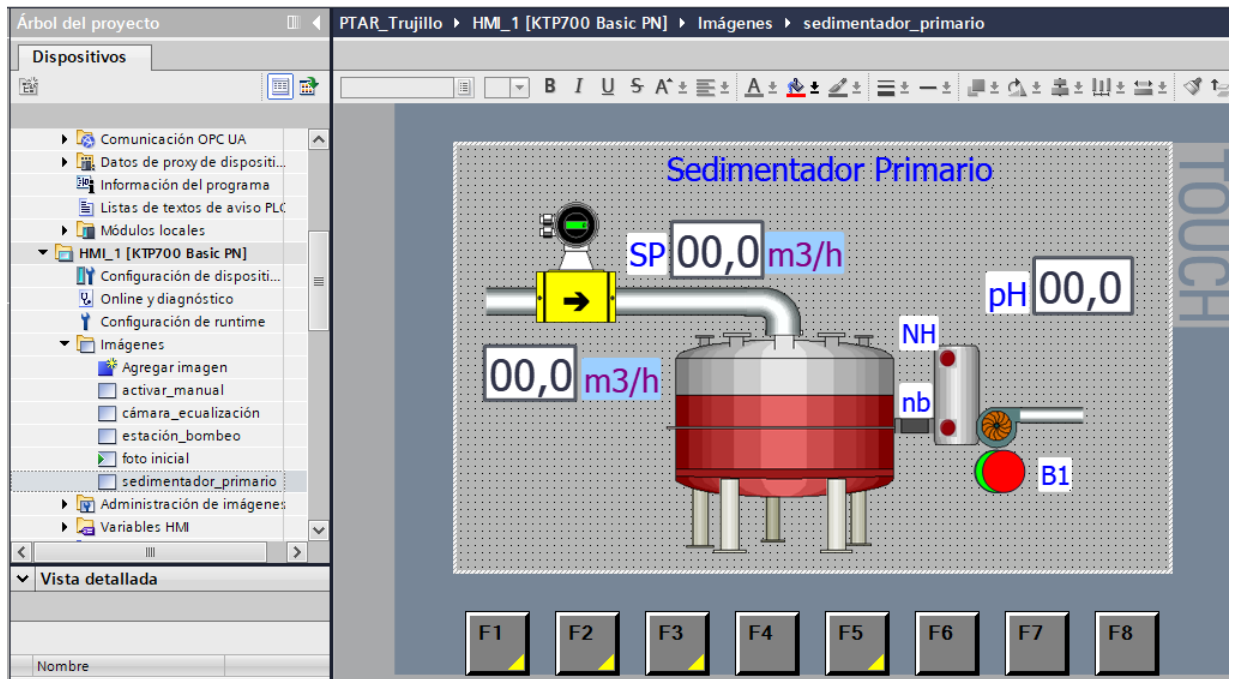


Figura 36. Configuración de imagen de sedimentador primario en HMI



Figura 37. Configuración de imagen de activación manual en HMI

- *Simulación de PLC y HMI*

Después de haber concluido con la programación del PLC y HMI se dio inicio a simular tanto el PLC con la aplicación dentro del software denominado PLC SIM (figura 38), la cual no permite cargar toda la programación realizada anteriormente al PLC virtual, además contiene una tabla de variables para forzar el estado de las mismas, por otro lado para simular el HMI también existe dentro del software la aplicación denominada RT Simulator (Figura 39), la cual permite ver las modificaciones y estados de las variables forzadas desde el PLC SIM.

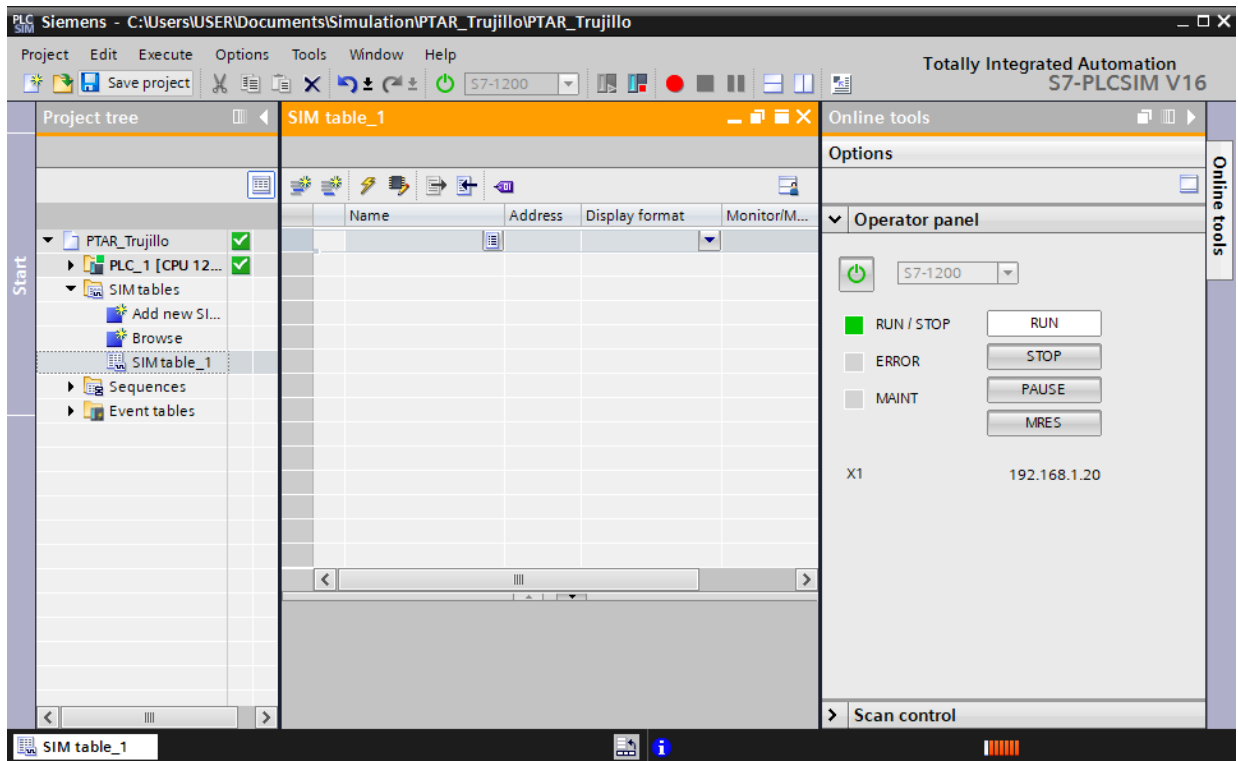


Figura 38. Aplicación PLC SIM

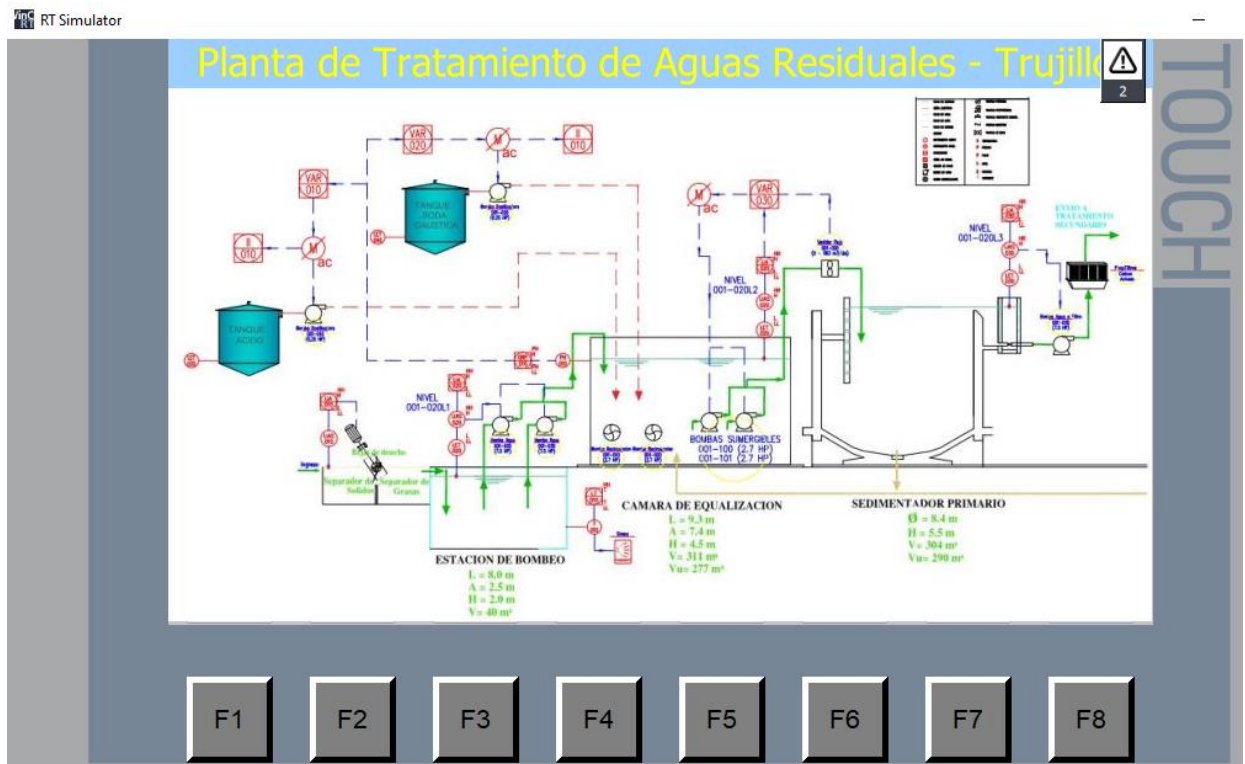


Figura 39. Aplicación RT Simulator

Luego vamos a crear una tabla de variables dentro del PLC SIM, donde se añaden las variables involucradas en la estación de bombeo, donde forzaremos las mismas y como resultado visualizar en el RT Simulator los cambios realizados, en la figura 10 se evidencia la temperatura y nivel de tanque simulada, teniendo valores de 30 °C y 2 metros de nivel de agua residual respectivamente.

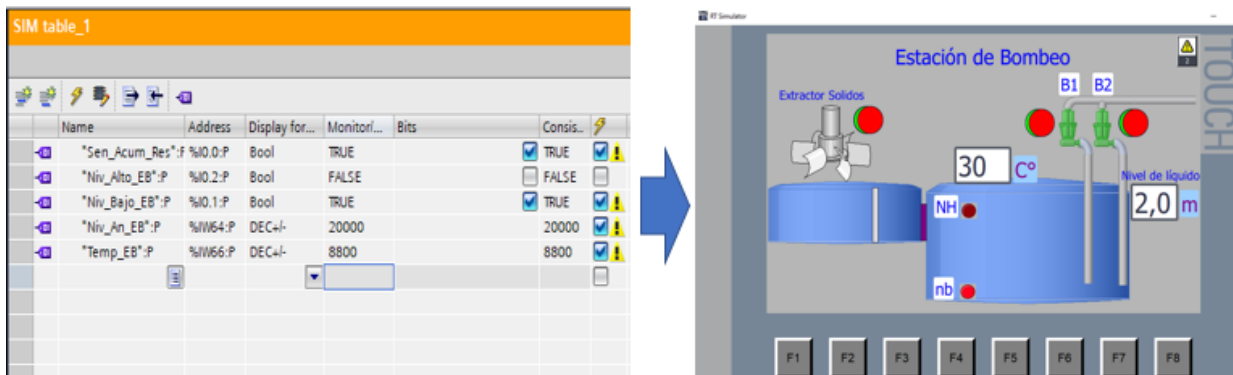


Figura 40. Simulación de variables de estación de bombeo

Tomando como referencia el procedimiento anterior ahora se crea una tabla de variables involucradas en la cámara de equalización, donde apreciamos que el pH es controlado dentro de los valores permisibles de 6 a 9, además de ello en esta etapa se controla el flujo del agua residual mediante un control PID (figura 41). De la misma forma se simula las variables del sedimentador primario donde también se visualiza el control del flujómetro y el pH en el SP (figura 42)

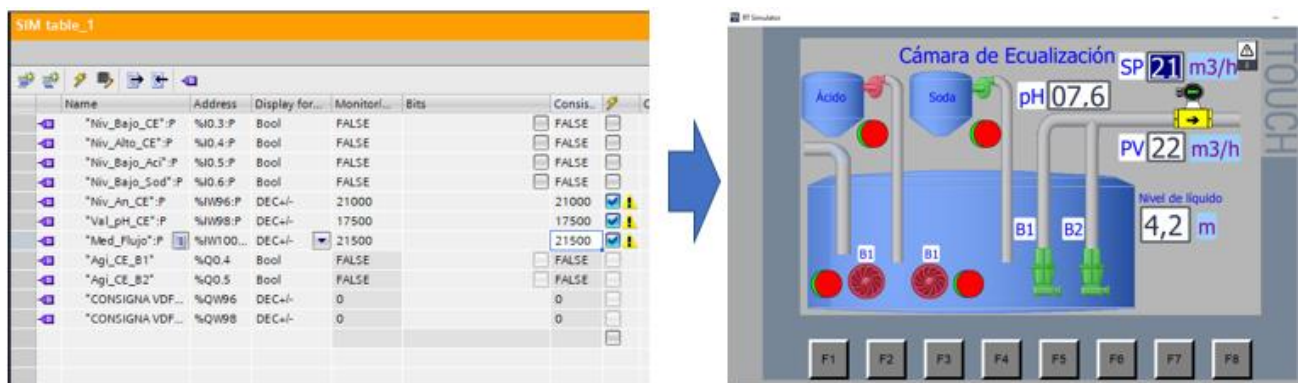


Figura 41. Simulación de variables de cámara de equalización



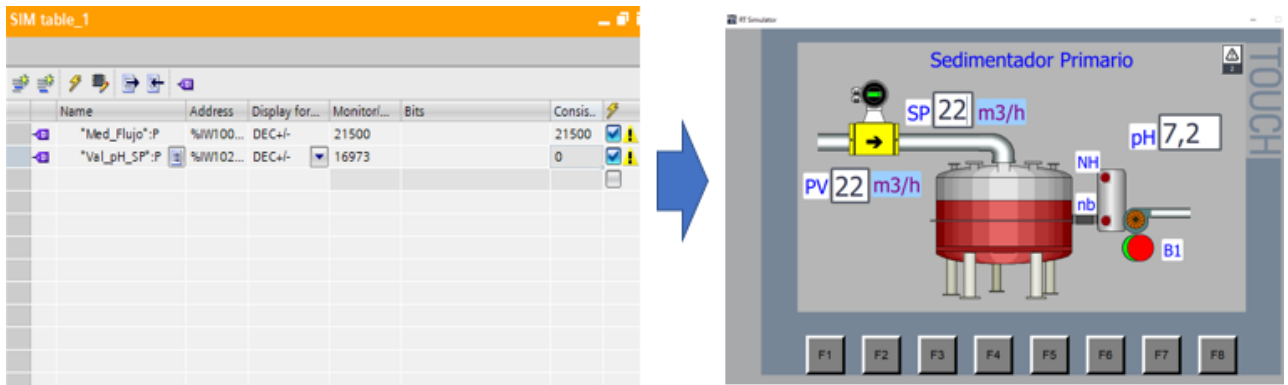


Figura 42. Simulación de variables de sedimentador primario

Se simula y visualiza en la pantalla HMI algunas alarmas configuradas en la programación (figura 43), para dar aviso al operador y de esa forma pueda actuar inmediatamente algún evento del sistema.

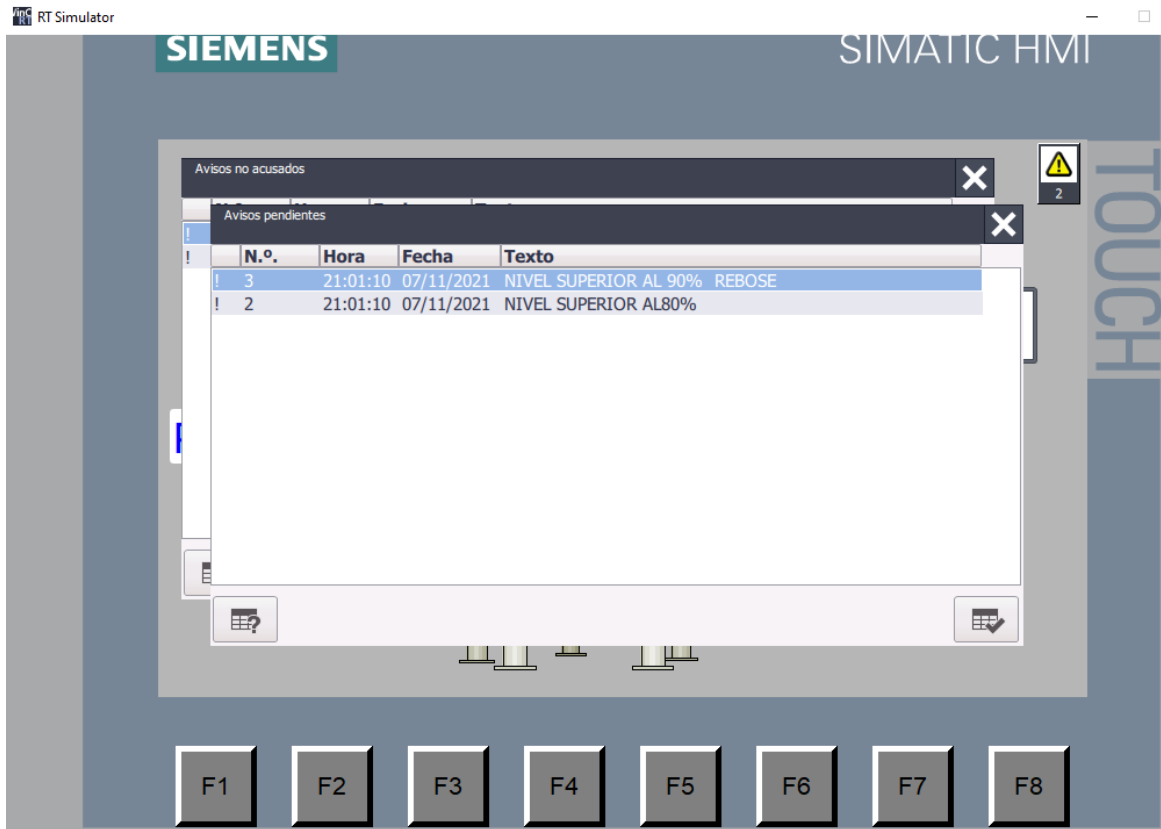


Figura 43. Simulación de avisos en el HMI

#### 4.4 Análisis del costo beneficio de la implementación de la propuesta

En este punto de la investigación se analiza la inversión estimada para la implementación del sistema automatizado propuesta en el tratamiento primario de la PTAR ubicada en la ciudad de Trujillo y se analiza también la reducción de costos generada por dicha mejora; con lo cual se tiene finalmente cuánto se invertirá y en cuánto tiempo se recuperará.

A continuación, se detalla cada uno de los recursos necesarios para la automatización propuesta:

- Inversión tangible e intangible de la propuesta

Inversión tangible: Aquí es donde se detallan los gastos en recursos visibles para la aplicación de la automatización del tratamiento primario en la empresa.

INVERSIÓN TANGIBLE					
CLASIFICACIÓN	DETALLE	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Componentes necesarios para implementar	Sensor de nivel hidrostático LMP 307i	UNIDAD	2	S/380.00	S/760.00
	Tablero y componentes de protección	UNIDAD	1	S/1,500.00	S/1,500.00
	Sensor de temperatura PT100 RTD	UNIDAD	1	S/380.00	S/380.00
	Sensores de nivel tipo boya	UNIDAD	4	S/74.90	S/299.60
	Variadores de frecuencia de 3 HP	UNIDAD	2	S/1,567.70	S/3,135.40
	Sensor inductivo m12	UNIDAD	1	S/32.00	S/32.00
Dispositivos necesarios para programación	PLC-CPU 1214C AC/DC/Relay	UNIDAD	1	S/1,300.00	S/1,300.00
	Módulo de entrada SIMATIC S7-1200	UNIDAD	1	S/450.00	S/450.00
	SIMATIC S7-1200, Módulo de E/S analógicas	UNIDAD	1	S/650.00	S/650.00
	Pantalla HMI KTP400 Basic	UNIDAD	1	S/1,521.60	S/1,521.60

Sub Total Componentes y dispositivos para automatización					S/10,028.60
Útiles y materiales de oficina	ESCRITORIO	UNIDAD	1	S/450.00	S/450.00
	SILLAS DE ESCRITORIO	UNIDAD	1	S/180.00	S/180.00
	HOJAS BOND	MILL	2	S/16.50	S/33.00
	LAPICEROS	UNIDAD	10	S/2.00	S/20.00
	CUADERNOS	UNIDAD	2	S/2.50	S/5.00
	USB 16GB	UNIDAD	2	S/15.00	S/30.00
	LÁPIZ	UNIDAD	4	S/1.00	S/4.00
	BORRADOR	UNIDAD	2	S/0.50	S/1.00
Sub Total Papelería en general y útiles de oficina					S/723.00
<b>TOTAL INVERTIDO</b>					<b>S/10,751.60</b>

- Inversión intangible: En este punto es donde se detallan los gastos en recursos no visibles para la aplicación de la automatización del tratamiento primario en la empresa.

INVERSIÓN INTANGIBLE				
CLASIFICACIÓN	DETALLE	N° COLABORADORES	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
Costos pre operativos	Ingeniero industrial (Diseño de planta)	1	S/3,500.00	S/3,500.00
	Arquitecto de software	1	S/15,000.00	S/15,000.00
	Ingeniero electrónico (Automatización)	1	S/20,000.00	S/20,000.00
	Ingeniero químico (Asesoría)	1	S/8,000.00	S/8,000.00
	Programador	1	S/7,000.00	S/7,000.00
	Software Procad P&ID	--	S/800.00	S/800.00
	Software TIA Portal	--	S/3,000.00	S/3,000.00
	Cade Simu	--	S/3,000.00	S/3,000.00
Sub Total Componentes y dispositivos para automatización				S/60,300.00

Costos operativos	Jefe de proyecto	1	S/12,000.00	S/12,000.00
	Operarios de apoyo	3	S/1,200.00	S/3,600.00
	Técnico electricista	2	S/1,500.00	S/3,000.00
	Capacitador de automatización (6 Capacitaciones al año)	1	S/8,000.00	S/8,000.00
Sub Total Costos operativos				S/26,600.00
<b>TOTAL INVERTIDO</b>				<b>S/86,900.00</b>

- Costos PRE y POST: Aquí es donde se detallan los costos en los que se incurre previo a la propuesta de la automatización del proceso primario de la PTAR y luego de la automatización para poder comparar el beneficio obtenido con la propuesta.

Costos de operación PRE (Previo a la mejora)	
Costos por paro de planta.	S/150,000.00
Riesgo en multas por desviaciones en parámetros	S/70,000.00
Otros	S/6,000.00

Costos de operación POST (Luego de la mejora)	
Costos por paro de planta.	S/50,000.00
Riesgo en multas por desviaciones en parámetros	S/0.00
Otros	S/2,000.00

Flujo de Caja económico para la mejora propuesta mediante la automatización en el tratamiento primario de la PTAR de Trujillo							
DETALLE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
<b>Costos de operación PRE</b>		S/226,000.00	S/226,000.00	S/226,000.00	S/226,000.00	S/226,000.00	
Costos por paro de planta.		S/150,000.00	S/150,000.00	S/150,000.00	S/150,000.00	S/150,000.00	
Riesgo en multas por desviaciones en parámetros		S/70,000.00	S/70,000.00	S/70,000.00	S/70,000.00	S/70,000.00	
Otros		S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00	S/6,000.00	
<b>Costos de operación POST</b>		S/52,000.00	S/52,000.00	S/52,000.00	S/52,000.00	S/52,000.00	
Costos por paro de planta.		S/50,000.00	S/50,000.00	S/50,000.00	S/50,000.00	S/50,000.00	
Riesgo en multas por desviaciones en parámetros		S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	S/0.00	
Otros		S/2,000.00	S/2,000.00	S/2,000.00	S/2,000.00	S/2,000.00	
Beneficio		S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	
Inversiones Tangibles	S/10,751.60						
Componentes necesarios para implementar	S/6,107.00						
Dispositivos necesarios para programación	S/3,921.60						
Útiles y materiales de oficina	S/723.00						
Inversiones Intangibles	S/167,900.00						
Costos pre operativos	S/60,300.00						
Costo del proyecto	S/70,000.00						
Costos operativos	S/26,600.00						
Viáticos y asignaciones	S/8,000.00						
Investigación y otros	S/3,000.00						
Imprevistos (5%)	S/8,932.58						
<b>TOTALES NETOS</b>	<b>-S/187,584.18</b>	<b>S/174,000.00</b>	<b>S/174,000.00</b>	<b>S/174,000.00</b>	<b>S/174,000.00</b>	<b>S/174,000.00</b>	<b>S/174,000.00</b>

Cálculo del VAN	S/439,646.88
Costo de Oportunidad del capital (COK)	12%
Cálculo de la TIR	88.90%
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	3.34

#### 4.5 Resultados de la implementación de la propuesta

Se analizaron los resultados obtenidos mediante la automatización en la eficiencia del proceso principal de la empresa y para ello se realiza el análisis detallado de los resultados. Es por ello que se determina la Los análisis contemplados para esta investigación son el análisis descriptivo y el análisis inferencial:

- *Análisis de los resultados de la implementación*

Haciendo un análisis de todo lo desarrollado en la investigación se tiene que:

- En el caso del tratamiento primario se destacó el hecho de que los análisis de las variables a controlar se encuentran a partir de la estación de bombeo; donde se desarrolla, siguiendo por el ecualizador y el sedimentador primario.
- El control del pH es el principal determinante en el proceso del tratamiento primario y al analizar el proceso productivo de este tratamiento se pudo determinar que en el ecualizador (quien es el encargado de controlar la que el pH se encuentre dentro de los parámetros), es dónde se dan los principales problemas de control del pH.
- En la cámara de ecualización es donde se colocan los sensores y el medidor de pH Jumo Aquis touch S para poder tener en la automatización un control de pH minucioso y que no quede nada a la casualidad en este proceso tan importante. Luego la cámara de ecualización genera el efluente al sedimentador primario, en el cual ya no se produce ningún proceso químico sino uno físico para pasar al tratamiento secundario.

- Para el análisis costo beneficio de la propuesta se tiene el siguiente resumen

**Tabla 24.** Resumen del análisis B/C de la propuesta de automatización

Resultados del análisis costo beneficio para la propuesta						
DETALLE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Costos de operación PRE</b>		S/226,000.00	S/226,000.00	S/226,000.00	S/226,000.00	S/226,000.00
<b>Costos de operación POST</b>		S/60,000.00	S/60,000.00	S/60,000.00	S/60,000.00	S/60,000.00
<b>BENEFICIO</b>		S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00
Inversión del proyecto	S/187,584.18					
<b>TOTALES NETOS</b>	-S/187,584.18	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00	S/174,000.00

En cuanto al beneficio costo de la propuesta de automatización es evidente la mejora en los costos y el beneficio que se obtiene con esta propuesta. Adicionalmente se presenta el resumen del Valor actual neto, el cálculo del TIR y la relación que existe entre el beneficio y el costo de la propuesta a continuación.

**Tabla 25.** Cálculo del VAN, TIR y Ratio del B/C de la propuesta

Cálculo del VAN	S/439,646.88
Cálculo de la TIR	88.90%
Cálculo del ratio Beneficio / Costo	3.34

Tomando en consideración el resultado obtenido se puede indicar que:

Debido a que el B/C ES > 1; entonces se indica que la propuesta para la implementación de un sistema automatizado de control en el tratamiento primario es viable

- *Análisis descriptivo de las variables: sistema automatizado y eficiencia.*
  - Sistema automatizado: Tomando en consideración los controles con los que se contaba en el tratamiento primario en el diagnóstico inicial se tiene que de un proceso manual y semi automático se pasó a un proceso automático.

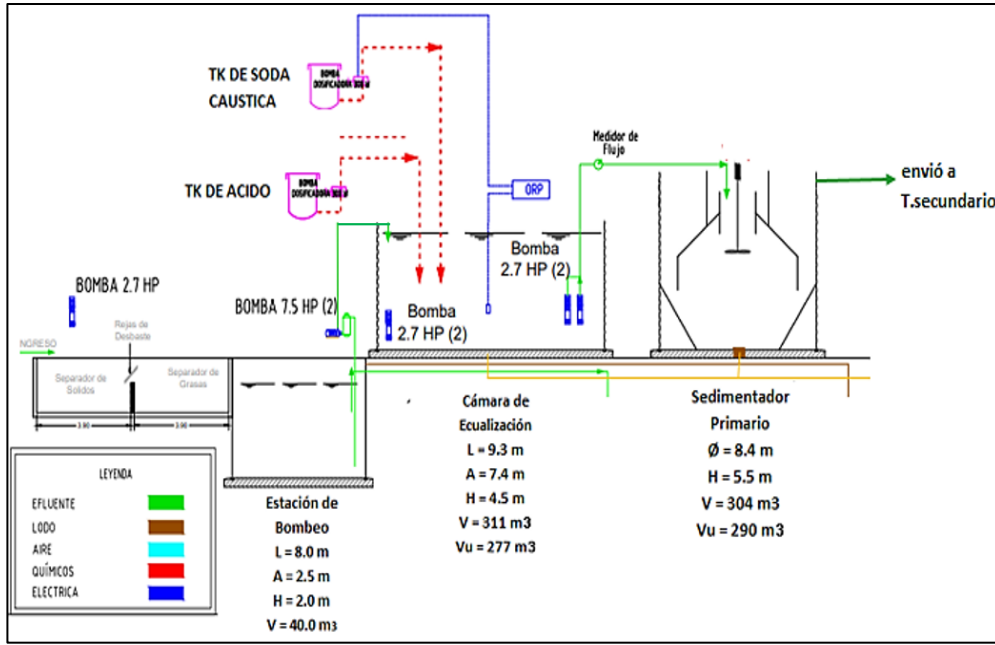


Figura 44. Proceso manual y semi automático del tratamiento primario. Realidad actual de la empresa.

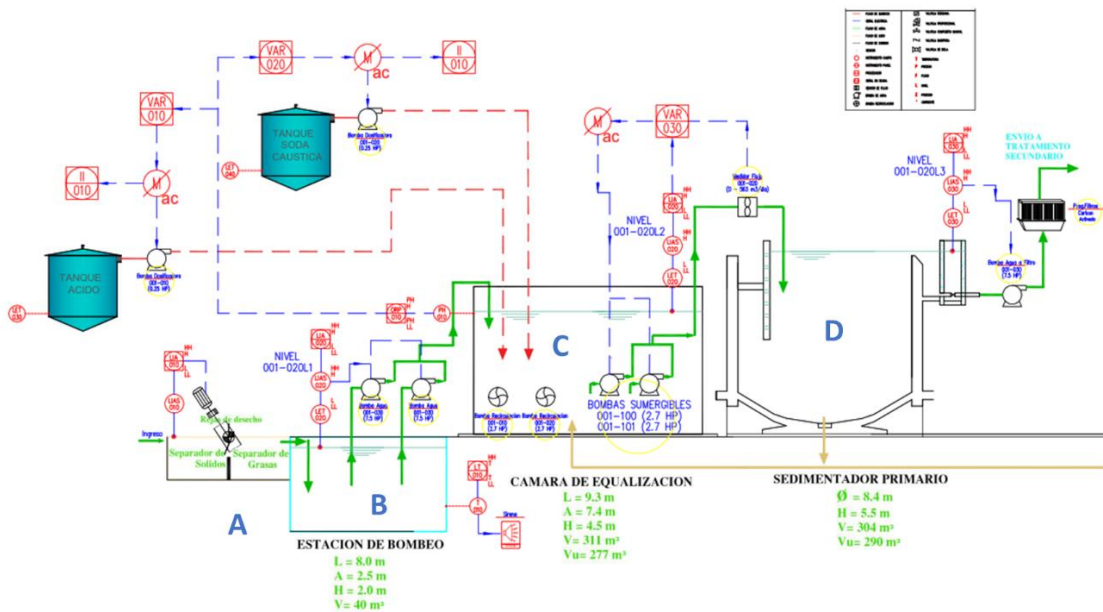


Figura 45. Diseño futuro de los controles desarrollados en la PTAR de forma automatizada



- Eficiencia: Para el análisis de la eficiencia es importante analizar la salida del efluente del equalizador del tratamiento primario, pues es aquí donde se concentra el mayor problema de desviación del pH y para ello se tiene la siguiente información pre y post test.

Dimensión: Efluente (ANTES)

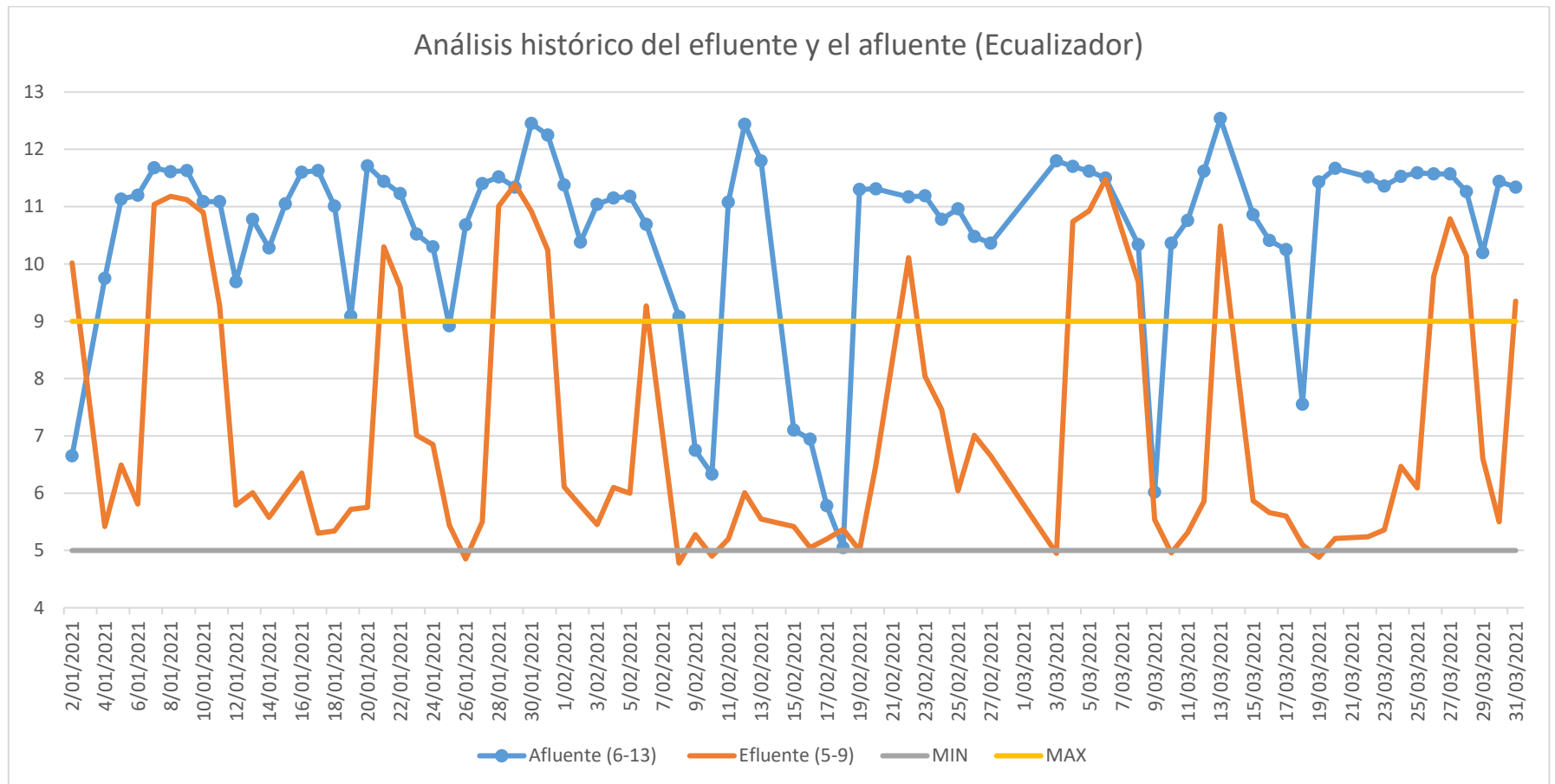


Figura 46. Análisis histórico del afluente y el efluente en el equalizador-PRE

## Dimensión 2: Efluente (DESPUES)

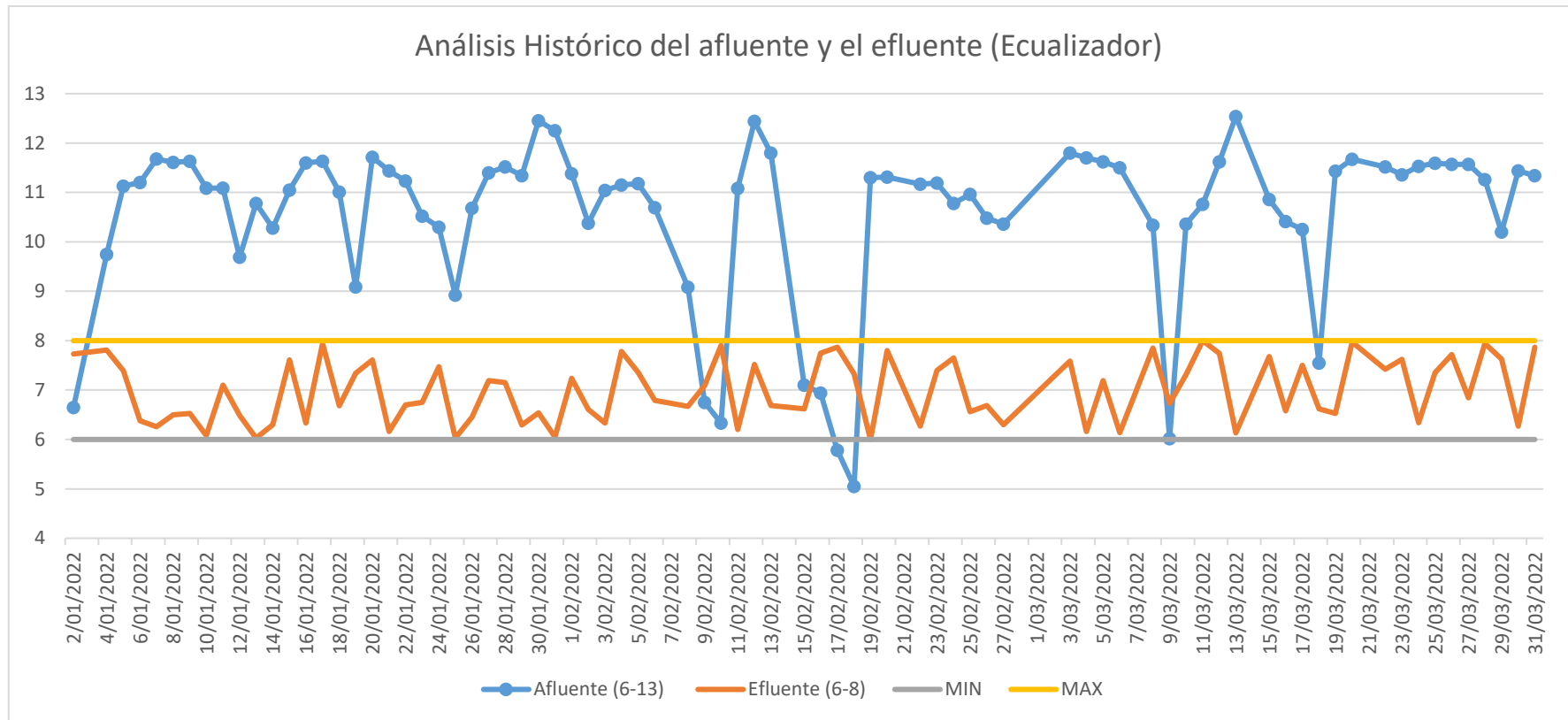


Figura 47. Análisis histórico del afluente y el efluente en el ecuador-POST

Con la revisión de los históricos del afluente y el efluente en los meses de enero a marzo de los años 2021 y 2022 se puede demostrar existe una evidente mejora de los niveles de PH, luego de pasar por el ecuador. Pues a pesar de ingresar con afluente por encima y por debajo de los parámetros que se requieren a la salida, en el caso del sistema automatizado controla que ahora a la salida de encuentre en el rango (pH de 6 a 8)

En el análisis descriptivo del afluente y el efluente tenemos que a pesar de que el rango de valores aceptados se reduce en la etapa post prueba ninguno de los valores sale de los parámetros establecidos a diferencia de la etapa previa a la automatización donde los valores superan o están muy por debajo de los parámetros establecidos. Con esto se puede demostrar que el proceso realizado en la PTAR que consistía en controles manuales y semi automáticos no era muy efectivo al momento de realizar las actividades diarias en la planta y que el sistema automatizado propuesta disminuye considerablemente los principales problemas evidenciados del proceso que se desarrolla en el ecualizador. Haciendo uso del SPSS se demuestra la evidente mejora de la salida del efluente antes y después del sistema automatizado en la PTAR, ya que en el post test se evidencia el cumplimiento real de los mínimos y máximos del efluente a la salida del ecualizador

**Tabla 26.** *Análisis estadístico descriptivo del efluente pre y post test.*

		<b>Estadísticos</b>	
		EfluentePRE	EfluentePOST
N	Válidos	79	79
	Perdidos	0	0
Media		7,1166	7,1422
Mediana		6,0100	7,1500
Moda		5,20 <sup>a</sup>	6,03 <sup>a</sup>
Desv. típ.		2,24456	,80567
Varianza		5,038	,649
Curtosis		-,998	,488
Error típ. de curtosis		,535	,535
Rango		6,70	3,30
Mínimo		4,78	6,00
Máximo		11,48	9,30
Percentiles	25	5,4200	6,5000
	50	6,0100	7,1500
	75	9,6000	7,6800

a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.

- *Análisis inferencial del proyecto.*

En el análisis inferencial, nos permitió validar la hipótesis de la investigación, donde se tiene lo siguiente:

- El  $H_0$  es la hipótesis nula
- El  $H_1$  es la hipótesis de investigación

Es importante tomar en cuenta que la hipótesis de investigación ( $H_1$ ) y la prueba de hipótesis nula ( $H_0$ ) se deben analizar para demostrar su veracidad. Para ello, primero se debe conocer si la distribución de las frecuencias del conjunto de datos es paramétrica o no paramétrica lo cual comúnmente se analiza mediante las pruebas de normalidad de Shapiro Wilk o de Kolmogorov Smirnov. En el caso de la investigación que cuenta con una muestra  $N \leq 50$  usaremos el estadígrafo Shapiro Wilk (puesto que se analiza la eficiencia de los 6 meses de enero a junio del 2021 para la pre test y del 2022 para el post test)

### ***Análisis de la hipótesis general***

$H_1$ : La implementación de un sistema automatizado en el control del tratamiento primario incrementará la eficiencia del tratamiento de agua residual en la PTAR industrial.

Prueba de Normalidad

Si:

Sig.  $< 0.05$  adopta una distribución no normal.

Sig.  $\geq 0.05$  adopta una distribución normal.

En donde la significancia (Sig.) es el nivel crítico del contraste. Para esto se tomaron los analizados del antes (pre test) y después (post test) de la eficiencia del tratamiento primario, resultado en lo siguiente:

**Tabla 27.** *Prueba Normalidad de la eficiencia*

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
EficienciaPRE	,180	6	,200*
EficienciaPOST	,279	6	,159

Fuente: Software SPSS

Como se observa en la tabla anterior el valor de la significancia (Sig.), en la pre y post prueba son mayores a 0,05, por lo tanto, los datos analizados son paramétricos y por ello se utilizará un estadígrafo paramétrico como lo es la T-Student. Luego de esto, se aplica T-Student para probar la hipótesis.

Hipótesis Nula (H0): La implementación de un sistema automatizado no incrementará la eficiencia del tratamiento de agua residual en la PTAR industrial.

$$H0 = \text{Automatización (pre) - Automatización (post)} \geq 0$$

Aquí se considera al actual mejor que la aplicación de automatización propuesta.

Hipótesis Alternativa (Ha)= La implementación de un sistema automatizado incrementará la eficiencia del tratamiento de agua residual en la PTAR industrial.

$$Ha = \text{Automatización (pre) - Automatización (post)} < 0$$

Aquí se considera que la automatización propuesta es mejor que el proceso actual.

Tomando en cuenta ello, se realiza la prueba t de student para las dos muestras relacionadas para la validación de la hipótesis.

Por lo tanto, el nivel de confianza es del 95% ( $1 - \alpha = 0.95$ ).

**Tabla 28.** Estadístico de contraste de la eficiencia.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
EficienciaPRE	3,320	5	,021	,40167	,0907	,7127
EficienciaPOST	108,552	5	,000	,94197	,9197	,9643

Fuente: Software SPSS

De lo resultante en la tabla el valor del nivel crítico de contraste es 0,000 con un nivel de confianza de 95%, es claramente menor que 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se concluye que la implementación de un sistema automatizado logra aumentar la eficiencia en los controles del tratamiento primario de la PTAR.

## V. Discusión

En el informe de tesis desarrollado se tiene la finalidad de desarrollar un sistema automatizado del control en el tratamiento primario para incrementar la eficiencia del proceso de una PTAR industrial.

La investigación de Palacios y Reyes (2020) realizó un análisis inicial de los controles de la empresa dónde se evidenció que ésta se desarrolla con controles manuales y semi automáticos. En concordancia con la presente investigación se realizó un diagnóstico inicial de los controles actuales de la PTAR donde se encontró que esta Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Trujillo también cuenta con controles manuales y semi automáticos y estos son el principal problema de las desviaciones en los parámetros del tratamiento primario.

En cuanto a la investigación de Puente (2019) se observó en el diagnóstico inicial que el nivel en que se cumplen medianamente los estándares en el tratamiento primario es de 60,8%, el 13,09 % cumple totalmente y el 4.4% no cumple; siendo el 21.8 % que no fue analizado. En similitud con esta investigación se observa en el PTAR de Trujillo un nivel de criticidad aún mayor respecto a los niveles de pH; ya que se tiene dentro del análisis en los principales controles que no existe un correcto cumplimiento de los valores establecidos por la empresa incluso en el caso del parámetro de pH, aun cuando este parámetro es el más relevante al momento de la salida del efluente al tratamiento secundario, ya que es dónde se desarrollan los procesos biológicos y es de vital importancia que se pueda dar una clara solución a esta situación en la empresa para una mejora continua de los procesos y así evitar demoras por paros de la planta que representan miles en gastos a la empresa.

La investigación de Oscanoa (2017) realizó una revisión de los controles en el proceso de oxidación dónde se analiza la necesidad de retirar el monitoreo constante por parte del operador, el cual cada 6 u 8 horas debía empezar cada operación con un control manual; esta investigación analiza y diagnóstica una realidad similar a la encontrada en la PTAR de la ciudad de Trujillo dónde se revisó

los controles y se identificaron sólo controles manuales y semiautomáticos que son la razón principal de las desviaciones en el parámetro pH y donde existen tiempos perdidos en controles de medición de parámetro, e incluso existen días en los que no se anotan las mediciones revisadas.

En la investigación de Oscanoa (2017) se desarrolló una estación de monitoreo diseñada para ser capaz de alertar cuando el nivel de alguno de los parámetros principales medido por el arreglo de sensores supera el nivel establecido en la PTAR. Con respecto a la automatización desarrollada en esta investigación tenemos que en tiempo real también es posible analizar y/o monitorear los principales parámetros del tratamiento primario de la PTAR, especialmente en la cámara de equalización de la PTAR de la ciudad de Trujillo que es dónde se evidencia los principales problemas de desviaciones en el parámetro pH medido a lo largo de la investigación. Se ahonda en el monitoreo y análisis del nivel de afluente y efluente en cada proceso; así como los niveles máximos permisibles para la empresa y que estos se encuentren dentro de los rangos establecidos por las entidades regulatorias de nuestro país.

En la investigación de Villalba (2020) se recopiló la información detallada de los avances de construcción de la PTAR de la Fase I con instalación de equipos, y de esa manera se presentó un diseño eléctrico para la ejecución y supervisión de la PTAR. Asimismo, conociendo e implementando las estrategias de control se seleccionaron los equipos adecuados. Esta información de selección de equipos utilizada y el diseño eléctrico para la supervisión de una PTAR fue considerado relevante en esta investigación, en la cual se desarrolló un diagrama de instrumentación y un diseño de la PTAR para analizar los principales puntos de control en el tratamiento primario; generando así una automatización en tiempo real del proceso.

En la investigación de Fernández y Pinto (2017), también se realizó todo el dimensionamiento y selección de los componentes de medición y transmisión necesarios para el proceso unitario y esos dispositivos se implementaron como

enlaces con el sistema de control desarrollándose toda la arquitectura del proceso. Con lo que se coincide en esta investigación debido a que la mejora del proceso se estima a partir de una correcta selección inicial de los componentes, evaluando lineamientos y/o valoraciones a cada componente para su evaluación, según las necesidades de la empresa y la relación que tengan con los objetivos de la propuesta de automatización generada en este proyecto.

En la investigación de Fernández y Pinto (2017) se desarrolló la arquitectura tecnológica esencial para la administración de una planta de procesamiento de aguas residuales, mediante la aplicación de la supervisión y control con todos los conjuntos necesarios para la adquisición, procesamiento y actuación final del proceso de tratamiento, desarrollando y aplicando un sistema experto, con base en el aprendizaje automático. Lo mencionado coincide con esta investigación debido a que en ambos casos se analiza la posibilidad de una supervisión y control mediante un sistema experto en el tratamiento de las aguas residuales, que posteriormente genera evidentes mejoras en la planta a corto y mediano plazo.

La investigación de Rajhans, More, Gambhir y Deshmukh (2020) realizó la simulación de toda la operación en el PLC, la cual luego sería mostrada en tiempo real en la pantalla SCADA; lo cual se consideró de vital importancia para analizar incluso los detalles más minuciosos del sistema automatizado de la planta en la que realizaron su investigación. La coincidencia con esta investigación está en que también se llegó a encontrar que los principales controles del sistema automatizado propuesto serían capaces de mostrar en tiempo real los niveles de caudal, el pH en que se encuentran las aguas residuales y también se podrá controlar no sólo los parámetros como el pH sino también será posible modificar la velocidad de las bombas sumergibles y por lo tanto el flujo de envío hacia el sedimentador.

En el trabajo de Oviedo (2016) se tiene que una vez implementada la propuesta se da la minimización del tiempo utilizado en cada batch en promedio de 3.5 horas, con lo cual se logró una reducción de tiempo del 70.8%, también fue posible



generar una mejora en los valores de sólidos disueltos totales (46 mg/l) y DQO (800 mg/l) (mejor caracterización a la anterior), lo que finalmente mejoró el rendimiento de la siguiente fase del proyecto. En el caso de esta investigación fue muy importante hallar la eficiencia final del tratamiento primario, especialmente concentrado en el efluente de la cámara de ecualización, dónde un inicio se tenían valores desde 20% hasta 83% y luego de la simulación para la automatización se lograron tener valores en un rango de entre 92% y 96%, con lo cual se demostró la evidente mejora.

En el trabajo de Páez (2020) se demostró que la rentabilidad que se obtendría al implementar la automatización sería muy beneficiosa para la empresa y en el caso de la investigación desarrollada se tiene que el análisis costo beneficio nos demostró no sólo que el proyecto era viable sino también muy rentable ya que en dicho análisis se obtuvo un VAN de S/411,963.67 y un TIR de 84.92% con una inversión inicial de S/186,429.18.

La investigación de Puente (2019) se desarrolló teniendo como objetivo principal gestionar la implementación de los estándares, procedimientos, requerimientos legales que permitan optimizar el sistema de tratamiento de los efluentes industriales para asegurar la calidad de los vertimientos encontrados dentro de la clase III de la PTAR del distrito de Huayllay de la Provincia y Departamento de Pasco. Este fin coincide con el objetivo principal de esta investigación puesto que también se pretende lograr una mayor eficiencia de los parámetros establecidos en la organización. Lo cual finalmente genera una mayor estabilidad en la continuidad del proceso de tratamiento de aguas residuales no sólo en el tratamiento primario que es donde se desarrolla la propuesta sino también en toda la planta.

## **VI. Conclusiones**

Al realizar la evaluación del estado actual de los controles del tratamiento primario de la PTAR se pudo identificar que los dos primeros procesos del tratamiento no necesitan de un mayor control que visitas periódicas para controlar el efluente. Los principales puntos críticos son la estación de bombeo, el ecualizador y el sedimentador primario.

Al momento de analizar los controles de la PTAR de Trujillo se tiene que las desviaciones más frecuentes en el tratamiento primario se dan en el sedimentador primario con un alto índice de frecuencia en el caso del parámetro pH y los controles manuales y semi automáticos no son suficientes para minimizar dichas desviaciones.

En el modelamiento y simulación de un sistema automatizado se evalúan los principales componentes que se necesitan para su desarrollo y al momento de analizar los más aptos para la empresa se tiene el detalle de que se debería contar con sensores inductivo, de nivel y de resistencia, así como variador de frecuencia, también se requiere un PLC y un HMI. Finalmente se requieren dos módulos, de entrada y salidas digitales y uno de entrada y salidas analógicas.

La automatización desarrollada genera controles en cada parte del proceso según los requerimientos y/o análisis de parámetros más relevantes y se tiene que finalmente se logra mejorar la eficiencia del principal parámetro PH en el efluente de la cámara de ecualización pues se tiene una medición inicial promedio de 51.5% a un 94% final, lo que demuestra la evidente mejora.

Desde un punto de vista de análisis costo beneficio la automatización de los controles en el tratamiento primario propuesta es viable, debido a que tiene un VAN de S/439,646.88 y un TIR de 88.9% con una inversión inicial de S/187,584.18.

## **VII. Recomendaciones**

Realizar una investigación constante de las nuevas tendencias o tecnologías desarrolladas para el sector en el que se ubica la empresa; es decir en procesos de tratamiento de aguas residuales, los cuales sean capaces de lograr procesos más eficientes y generen beneficios en las PTAR. Luego analizar el costo beneficio para su posterior implementación.

Al implementar el sistema automatizado de control en el tratamiento primario se sugiere también instalar un filtro de carbón activado a la salida del sedimentador primario; puesto que esto mejoraría la eficiencia en función al olor del efluente.

## VIII. Referencias

- ALVARADO RUIZ, José Alejandro. Supervisión SCADA de producción en un proceso de auto compostaje. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia. 2021
- ANA 2010. Reglamento de la ley de recursos hídricos – Artículo 111°,2010.
- ARIAS, Arias; DAVID, Heller. Revisión sistemática de la literatura del protocolo de comunicación industrial Profibus en la automatización industrial, durante el periodo 2001 al 2018. 2020.
- CARCACHE TÉLLEZ, Julio Cesar; OBREGÓN MENA, Emilio José; MURILLO BARRIOS, Ariel José. Evaluación de la eficiencia de los departamentos de vertido de la planta de tratamiento de aguas residuales de la urbanización Sierra Dorada, según la norma nacional NTON 05-027-05 con énfasis en carga orgánica. 2018. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ALTAFIN, Irene. Innovaciones en el Desarrollo e Implementación de Humedales Construidos para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Latinoamérica y El Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo, 2020.
- CORTÉS, Carmen Berenice Ynzunza; LANDETA, Juan Manuel Izar; CHACÓN, Jacqueline Guadalupe Bocarando. El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. Conciencia tecnológica, 2017, no 54, p. 33-45.
- ESPINOSA, C. E. Factibilidad del diseño de un humedal de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales municipales de 30.000 habitantes. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2014.
- NTP 214.060.2016. AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado. 2016
- FERNÁNDEZ, Enrique; PINTO, Diego. Diseño e implementación de un sistema experto para supervisión y control de una planta de tratamiento de aguas residuales de lodos activados. En XVIII Simposio Argentino de Inteligencia Artificial (ASAI)-JAIIO 46, Córdoba, 2017.
- HERNÁNDEZ, Fernández Y. Baptista; FERNÁNDEZ, C.; BAPTISTA, M. Procesos de la Investigación Cuantitativa. 2003.

Madera, C., Silva, J., y Peña, M. (2011). Sistemas combinados para el tratamiento de aguas residuales basados en tanques sépticos, filtro anaerobio y humedales subsuperficiales. Revista competitividad e ingeniería. 71 pág.

MINAM. (2010). Decreto supremo Nro. 003 - 2010 - MINAM. límites de máximos permisibles para efluentes de PTAR. Lima, Perú.

NEWHART, Kathryn B. y col. Análisis de rendimiento basados en datos de plantas de tratamiento de aguas residuales: una revisión. Investigación sobre el agua, 2019, vol. 157, pág. 498-513.

PÁEZ, Eduardo. Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de Oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera. 2020.

PALACIOS, Jeira y REYES, Camilo. Sistema de señalización, diseño y control para sedimentador y automatización de desarenador en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Tunja, 2020.

RAJHANS, Ankit, MORE, Sumit, GAMBHIR, Saurabh y DESHMUKH Vaibhav. Documento de investigación sobre planta de tratamiento de aguas residuales utilizando PLC y SCADA. Revista Internacional de Ciencias Aplicadas y Tecnología de Ingeniería Vol. 4, Edición 12, 2020. pp. 651-657.

ISSN: 2455-2143.

PUENTE, Adán. Optimización del sistema de tratamiento y disposición sanitaria de aguas residuales industriales para vertimiento clase III, provenientes de la boca mina del nivel 250 (EF 03) al río San José, 2019

OSCANOA, Héctor. Sistema mecatrónico para monitoreo automático de la calidad de las aguas residuales no domésticas en Lima Metropolitana, 2017

OVIEDO, Freddy. Automatización y Control Operacional de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de una productora cartonera. 2016

SARMIENTO SÁNCHEZ, Diego Javier. Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic S7-1200 para el laboratorio de automatización de la Universidad del Azuay. 2016. Tesis de Licenciatura. Universidad del Azuay.

VALERO, Oscar Andrés Ortiz, et al. Monitoreo remoto automatizado de calidad del agua en sistemas acuapónicos en São Paulo, Brasil. Edição/Edition, 2020, p. 223.

VILLACORTA RODRIGUEZ, Luis. Mejoramiento de los procesos de filtración mediante la automatización de las etapas de lavado y filtrado en la planta de tratamiento de agua potable del Proyecto especial Chavimochic. 2016.

VILLALBA, Andrés. Ejecución y Supervisión del Montaje de la Fase I de la PTAR Salitre para Suministro e Instalación de Equipos, Procesos de Instrumentación y Automatización–PTAR Salitre. 2020.

CORPORACIÓN LINDLEY (2013). Manual de operación y mantenimiento del proyecto: tratamiento de efluentes industriales – Trujillo.1

WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado. París, UNESCO.

PTAR Santa Rosa Trujillo. Manual de operación y mantenimiento. 2013.

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto (2014). Metodología de la investigación. Editorial McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V

## IX. Anexos

### Anexo 1. Operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente</b> Sistema automatizado	Es un conjunto de tecnologías que de manera secuencial logran alternativas de desarrollo para cualquier tipo de industrias. Automatizar significa optimizar las condiciones de calidad, seguridad y producción. Requiere el diseño como base principal de desarrollo y para crear el modelo virtual de cualquier parte del proceso. (Hernández y Mendoza, 2015).	La automatización y el control en tiempo real forman parte integral de operación de una PTAR. El control más habitual en la práctica es conservar un punto de ajuste (es decir, un valor ideal) utilizando lecturas del sensor y control de retroalimentación. (Newhart,2019), las mismas que se realizaran con el trabajo de campo con la observación directa.	Control y supervisión	Control y monitoreo de las variables en tiempo real.	Cuantitativa de Razón
			Redes de comunicación	Volumen de datos, rapidez de transmisión y rapidez de respuesta.	
<b>Variable Dependiente</b> Eficiencia.	La eficiencia es una expresión que se utiliza para medir la capacidad o el desempeño de un sistema para lograr ciertas metas y minimizar el uso de recursos (Julio Cesar Carcache et al., 2018).	Para determinar la eficiencia se debe analizar, todos los factores que inciden en la eficiencia de la planta de tratamiento y la relación entre ellos, hay dos: carga orgánica (medida a partir de DBO) y carga de sólidos en suspensión. (Julio Cesar Carcache et al., 2018). Para la cual se tomará muestras de agua para verificar si se cumple con los parámetros establecidos.	Parámetros	Concentración de DBO  Concentración de DQO  Potencial de hidrogeno (pH),  Temperatura  Volumen de lodos  Caudal	Cuantitativa de Razón
			Variabilidad	Tomas de muestra Tomas de decisiones	

Fuente: MINAN: Ministerio del Ambiente (marzo,2010) y Corporación Lindley (2008)

Anexo 2. Carta de presentación a la empresa



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Trujillo, 22 de septiembre del 2021

Carta N°036-2021-UCV-VA-P21/DE

Señor:  
Ing. German Romero Ríos – Omar Juárez Barreno

Gerente  
Empresa: Corporación Lindley S.A

Presente.-

De mi consideración:

Por medio del presente, es grato dirigirme a Usted a fin de saludarlo muy cordialmente a nombre de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad César Vallejo, con RUC: 20164113532, con dirección en la Av. Larco N° 1770 Urb. Las Flores Distrito y Provincia de Trujillo departamento de la Libertad y a la vez presentarle al Sr. Linares Nureña Ivan – Gallardo Marchena Jorge alumno del X ciclo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de esta Universidad.

Mediante la presente se le pide que les permita realizar su trabajo de investigación en su Empresa, para que dichos alumnos puedan sustentar su trabajo de investigación con la escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

Los Srs. Linares Nureña Ivan – Gallardo Marchena Jorge y así podrán realizar su investigación exitosamente, juntamente con su asesor.

Seguro de contar con su apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima.

Atentamente,

Mg. Mamulo Tongo Oscar Elmer  
Director Nacional  
INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA

Linares Nureña Ivan  
DNI: 45321362

Gallardo Marchena Jorge  
Alexander  
DNI: 76317733

41551831  
OMAR JUÁREZ



Anexo 3. Autorización de la empresa para uso de su información

**AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA**

Yo German Rondero Ruiz  
(Nombre del Representante legal o persona facultada en general al uso de datos)

Identificado con DNI 41764255 en mi calidad de Gerente General  
(Nombre del puesto del representante legal o persona facultada en general al uso de datos)

del área de Gerencia  
(Nombre del área de la empresa)

de la empresa Asea Comminator Limited  
(Nombre de la empresa)

con R.U.C. N° 20101024645, ubicada en la ciudad de Trujillo

**OTORGO LA AUTORIZACIÓN.**

Al señor(a, ta) Luis María Juan / Gaudencio Matheo José  
(Nombre completo del o los estudiantes)

Identificado(s) con DNI N° 43521867 y 76313335 de la ( ) Carrera profesional  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, para que utilice la siguiente información de la empresa:  
Planta de Lentes, Planta de Generación y  
Plantamiento, Planta Eléctrica, Planta Generación  
Arquitecturas.  
(Detallar la información a entregar)

con la finalidad de que pueda desarrollar su ( ) Trabajo de Investigación, (X) Tesis, para optar al grado de ( ) Bachiller, o (X) Título Profesional.

Indico si el Representante que autoriza la información de la empresa, quiere mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa.  
 Mencionar el nombre de la empresa.

  
Firma y sello del Representante Legal  
DNI: 41766211


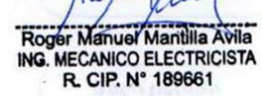
El Estudiante declara que los datos emitidos en esta carta y en el Trabajo de Investigación, en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el Estudiante será sancionado al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente, asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.

  
Firma del Estudiante: Luis María Juan  
DNI: 43521867

  
Firma del Estudiante: Gaudencio Matheo José  
DNI: 76313335

**Anexo 4. Validación de expertos**

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO**

Nombre del instrumento	Control y automatización en una PTAR
Objetivo del instrumento	Determinar la viabilidad de generar controles de automatización en una PTAR
Nombres y apellidos del experto	Roger Manuel Mantilla Ávila
Documento de identidad	17942325
Años de experiencia en el área	10 años
Máximo Grado Académico	Ingeniero mecánico eléctrico
Nacionalidad	Peruana
Institución	Proyecto especial chavimochic- división planta de tratamiento de agua potable Trujillo.
Cargo	Jefe de mantenimiento
Número telefónico	959541300
Firma	 
Fecha	DD /MM / AAAA

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Control y supervisión	Control en el tratamiento primario de una PTAR	Diagrama de instrumentación	1	1	1	1	
	Monitoreo de las variables en tiempo real	Uso de un software de monitoreo	1	1	1	1	
		Desarrollo y control en tiempo real	1	1	1	1	
Redes de comunicación	Volumen de datos	Información almacenada en programa	1	1	1	1	
	Rapidez de transmisión	Capacidad de envío de información	1	1	1	1	
	Rapidez de respuesta	Análisis y resultados en tiempo real	1	1	1	1	
Parámetros	Concentración de DBO	Niveles de DBO máx y mín.	1	1	1	1	
	Concentración de DQO	Niveles de DBO máx y mín.	1	1	1	1	
	Potencial de hidrogeno (pH),	Nivel máx (9) y min (6) en sedimentador primario	1	1	1	1	
	Temperatura	Nivel máx 37 °C	1	1	1	1	
	Volumen de lodos	<2000 mg/L	1	1	1	1	

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ x ]            Aplicable después de corregir [ ]


No aplicable [ ]

Sábado, 06 de noviembre de 2021

  
 Roger Manuel Mantilla Avila  
 ING. MECANICO ELECTRICISTA  
 R. C.I.P. N° 189661

-----  
Firma del Experto Informante

## CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Parámetros de operación en ventilador mecánico
Objetivo del instrumento	Determinar los parámetros de operación de un ventilador mecánico
Nombres y apellidos del experto	Carlos Martín Alfaro Ñiquen
Documento de identidad	44459254
Años de experiencia en el área	9 años
Máximo Grado Académico	Ing. mecánico electricista
Nacionalidad	Peruana
Institución	Ara Continental-Corporación Lindley
Cargo	Supervisor de mantenimiento
Número telefónico	959541300
Firma	 <p style="text-align: center; font-size: small;">             Carlos Martín Alfaro Ñiquen              ING. MECANICO ELECTRICISTA              R. CIP. N° 187324         </p>
Fecha	06 /11 / 2021

Criterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Control y supervisión	Control en el tratamiento primario de una PTAR	Diagrama de instrumentación	1	1	1	1	
	Monitoreo de las variables en tiempo real	Uso de un software de monitoreo	1	1	1	1	
		Desarrollo y control en tiempo real	1	1	1	1	
Redes de comunicación	Volumen de datos	Información almacenada en programa	1	1	1	1	
	Rapidez de transmisión	Capacidad de envío de información	1	1	1	1	
	Rapidez de respuesta	Análisis y resultados en tiempo real	1	1	1	1	
Parámetros	Concentración de DBO	Niveles de DBO máx y mín.	1	1	1	1	
	Concentración de DQO	Niveles de DBO máx y mín.	1	1	1	1	
	Potencial de hidrogeno (pH),	Nivel máx (9) y min (6) en sedimentador primario	1	1	1	1	
	Temperatura	Nivel máx 37 °C	1	1	1	1	
	Volumen de lodos	<2000 mg/L	1	1	1	1	

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ x ]            Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

Sábado, 06 de noviembre de 2021



Carlos Martín Alfaro Niquen  
ING. MECANICO ELECTRICISTA  
R. CIP. N° 187324

Firma del Experto Informante

**CERTIFICADO I**

**INTO**

Nombre del instrumento	Validación de Instrumentos
Objetivo del instrumento	Recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero
Nombres y apellidos del experto	Luis Enrique Alva Diaz
Documento de identidad	43679478
Años de experiencia en el área	4 años
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Privada del Norte
Cargo	Docente Tiempo Parcial
Número telefónico	943862841
Firma	
Fecha	06 /11 / 2021


Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Dimensión	Indicador	Ítem	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Control y supervisión	Control en el tratamiento primario de una PTAR	Diagrama de instrumentación	1	1	1	1	Na
	Monitoreo de las variables en tiempo real	Uso de un software de monitoreo	1	1	1	1	Na
		Desarrollo y control en tiempo real	1	1	1	1	Na
Redes de comunicación	Volumen de datos	Información almacenada en programa	1	1	1	1	na
	Rapidez de transmisión	Capacidad de envío de información	1	1	1	1	na
	Rapidez de respuesta	Análisis y resultados en tiempo real	1	1	1	1	na
Parámetros	Concentración de DBO	Niveles de DBO máx y mín.	1	1	1	1	na
	Concentración de DQO	Niveles de DBO máx y mín.	1	1	1	1	na
	Potencial de hidrogeno (pH),	Nivel máx (9) y min (6) en sedimentador primario	1	1	1	1	na
	Temperatura	Nivel máx 37 °C	1	1	1	1	na
	Volumen de lodos	<2000 mg/L	1	1	1	1	na

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable [ X ]            Aplicable después

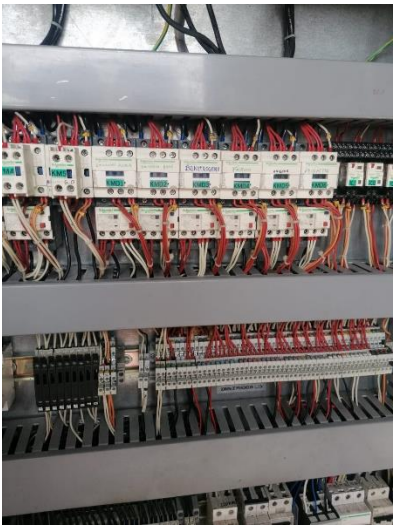
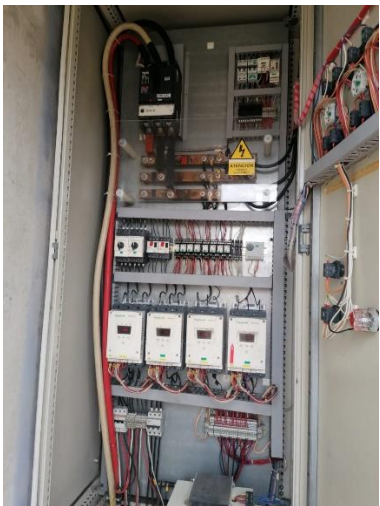
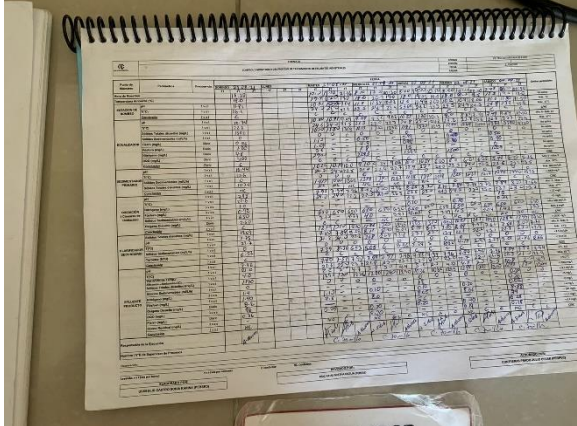
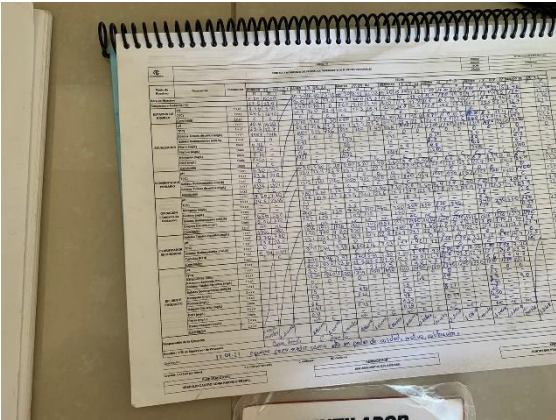
de corregir [ ] No aplicable [ ]

Sábado, 06 de noviembre  
de 2021

  
 -----  
**Luis Enrique Alva Díaz**  
 INGENIERO QUIMICO  
 R.CIP 125475






Firma del Experto Informante

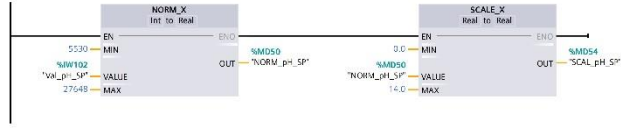
**Anexo 5.** Evidencia de los datos recopilados en la PTAR.



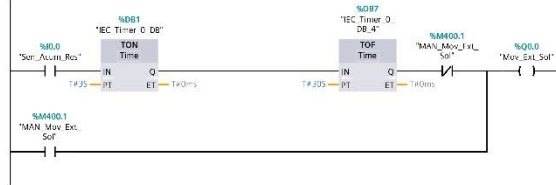


## Anexo 6. Evidencia y detalle del informe del PLC

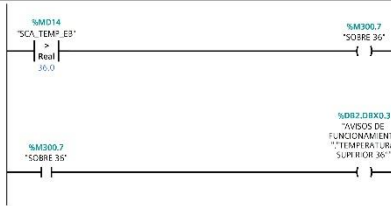
Totally Integrated Automation Portal																																																																	
<p>PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa</p> <p><b>Main [OB1]</b></p> <p><b>Main Propiedades</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">General</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nombre</td> <td>Main</td> <td>Número</td> <td>1</td> <td>Tipo</td> <td>OB</td> </tr> <tr> <td>Numeración</td> <td>Automático</td> <td></td> <td></td> <td>Idioma</td> <td>KOP</td> </tr> <tr> <th colspan="6">Información</th> </tr> <tr> <td>Título</td> <td>"Main Program Sweep (Cycle)"</td> <td>Autor</td> <td></td> <td>Comentario</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Versión</td> <td>0.1</td> <td>ID personalizado</td> <td></td> <td>Familia</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Valor predet.</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▼ Input</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Initial_Call</td> <td>Bool</td> <td></td> <td>Initial call of this OB</td> </tr> <tr> <td>Remanence</td> <td>Bool</td> <td></td> <td>=True, if remanent data are available</td> </tr> <tr> <td>Temp</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Constant</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						General						Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Numeración	Automático			Idioma	KOP	Información						Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Versión	0.1	ID personalizado		Familia		Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario	▼ Input				Initial_Call	Bool		Initial call of this OB	Remanence	Bool		=True, if remanent data are available	Temp				Constant			
General																																																																	
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB																																																												
Numeración	Automático			Idioma	KOP																																																												
Información																																																																	
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario																																																													
Versión	0.1	ID personalizado		Familia																																																													
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario																																																														
▼ Input																																																																	
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB																																																														
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available																																																														
Temp																																																																	
Constant																																																																	
<p><b>Segmento 1: ESCALAMIENTO DE LA TEMPERATURA DEL TANQUE DE ESTACION DE BOMBEO</b></p> 																																																																	
<p><b>Segmento 2: ESCALAMIENTO DEL NIVEL DEL LÍQUIDO DEL TANQUE DE ESTACIÓN DEBOMBEO</b></p> 																																																																	
<p><b>Segmento 3: ESCALAMIENTO DE NIVEL DE LA CÁMARA DE ECUALIZACIÓN</b></p> 																																																																	
<p><b>Segmento 4: ESCALAMIENTO DEL PH DE LA CÁMARA DE ECUALIZACIÓN DE 0 PARA 4mA Y 14 PARA 20mA</b></p> 																																																																	
<p><b>Segmento 5: ESCALAMIENTO DEL FLUJO DE 0 A 30 METROS CUBICOS HORA</b></p> 																																																																	
<p><b>Segmento 6: ESCALAMIENTO DEL PH DEL SEPARADOR PRIMARIO DE 0 PARA 4mA Y 14 PARA 20mA</b></p>																																																																	



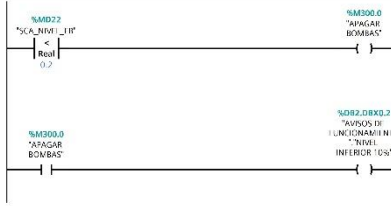
**Segmento 7: SE ACTIVA EL FUNCIONAMIENTO DEL ARRASTRE DE RESIDUOS**



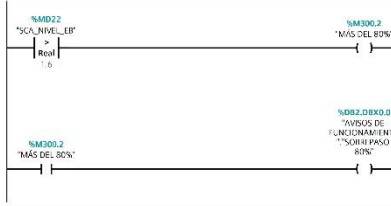
**Segmento 8: ACTIVA A LOS BIT EN EL BD AVISOS TEMPERATURA DEL TANQUE DE EB SUPERIOR A 36 GRADOS**



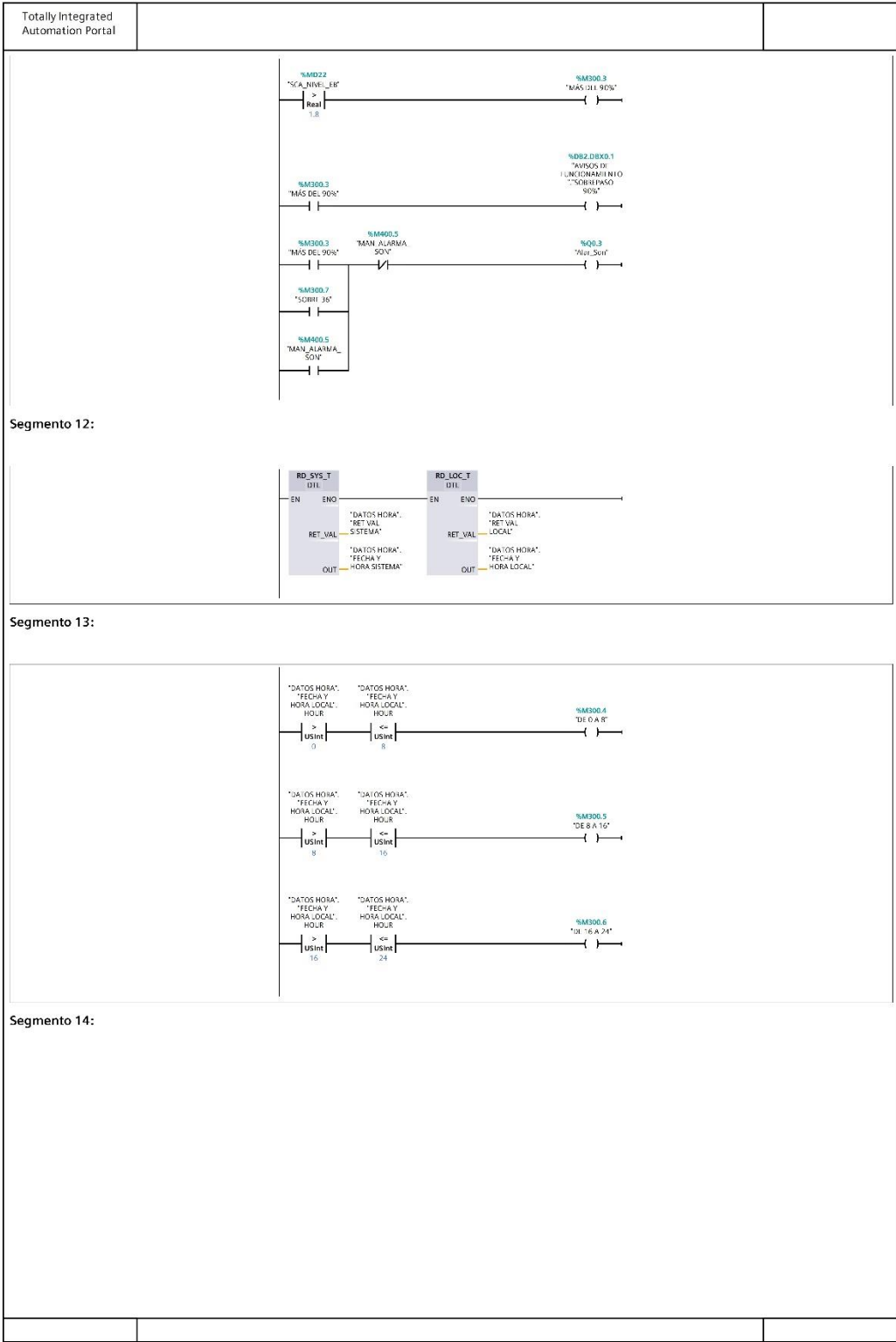
**Segmento 9: ACTIVA A LOS BIT EN EL BD AVISOS NIVEL INFERIOR AL 10%**



**Segmento 10: ACTIVA A LOS BIT EN EL BD AVISOS SOBREPASO DEL 80% DEL TANQUE DE CE**

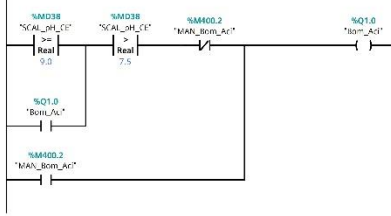


**Segmento 11: ACTIVA A LOS BIT EN EL BD AVISOS SOBREPASO DEL NIVEL DEL 90% DE CE ALARMA SONORA**

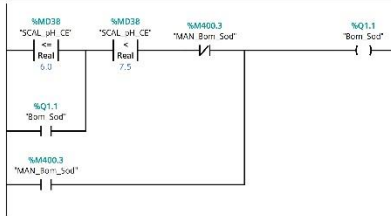


Totally Integrated Automation Portal

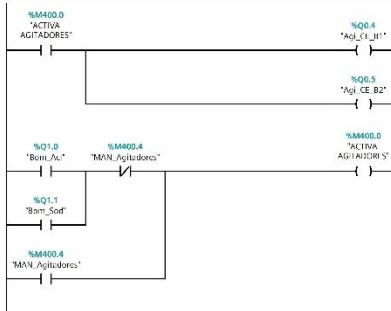
Totally Integrated Automation Portal



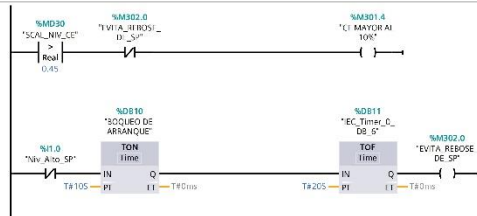
Segmento 18: ONTROL DE BOMBA DE BASE SI EL pH BAJA DE 6 SE ENCIENDE Y SI EL pH SUBE DE 7 SE APAGA



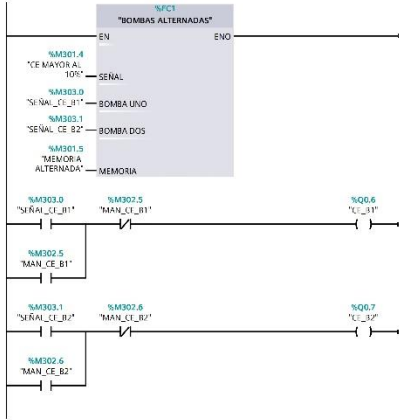
Segmento 19: AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1 Y B2



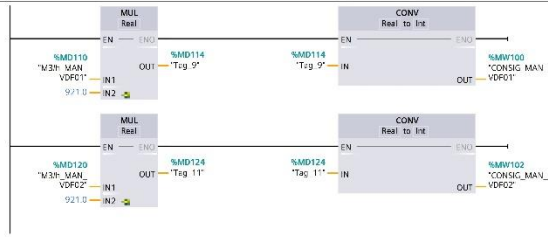
Segmento 20: SEÑAL QUE AVISA QUE LA CE SE ENCUENTRA A MÁS DEL 10% DE SU CAPACIDAD Y PERMITE EL BOMBEO



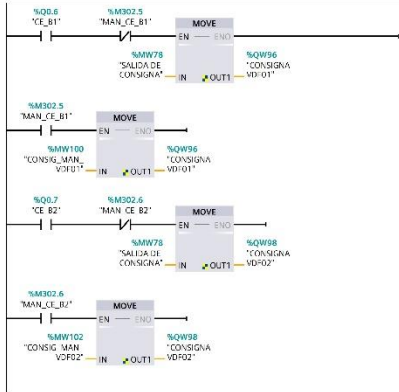
Segmento 21: CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1



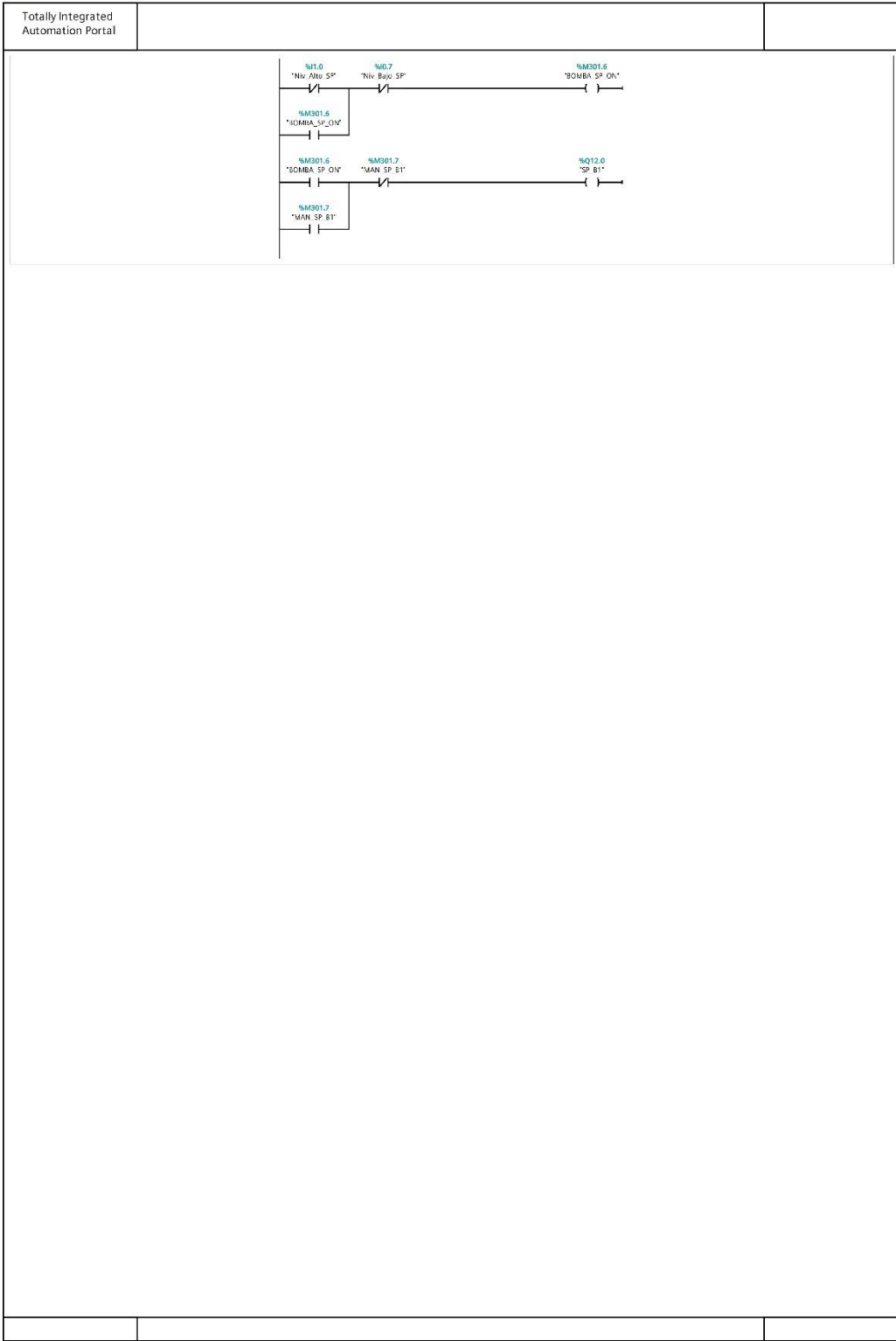
Segmento 22: NORMALIZADO DE LA SEÑAL MANUAL DE CONSIGNA PARA LOS VDF DE LA CE DESDE EL HMI 921\*30 ES 27648



Segmento 23: DE ACUERDO A LA BOMA QUE ESTA ACTIVA LA SALIDA DEL PID VA A LA "QWxx" RESPECTIVA.



Segmento 24: ARRANQUE DE LA BOMBA DEL SEDIMENTADOR CUANDO SE ACTIVA EL NIVEL ALTO Y SE APAGA CUANDO SE ACTIVA EL NIVEL BAJO



PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

**BOMBAS ALTERNADAS [FC1]**

**BOMBAS ALTERNADAS Propiedades**

**General**

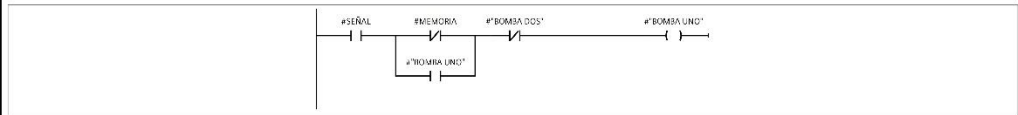
Nombre	BOMBAS ALTERNADAS	Número	1	Tipo	FC	Idioma	KOP
Numeración	Automático						

**Información**

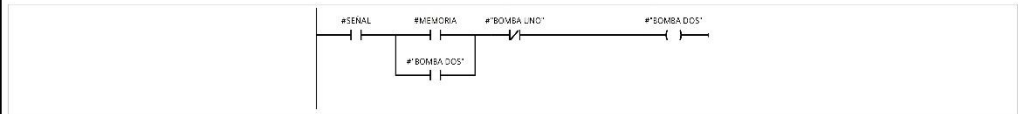
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
SEÑAL	Bool		
Output			
▼ InOut			
BOMBA UNO	Bool		
BOMBA DOS	Bool		
MEMORIA	Bool		
Temp			
Constant			
▼ Return			
BOMBAS ALTERNADAS	Void		

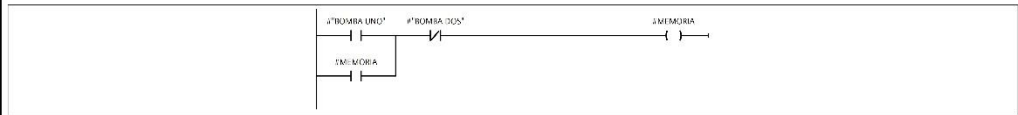
**Segmento 1:**



**Segmento 2:**



**Segmento 3:**



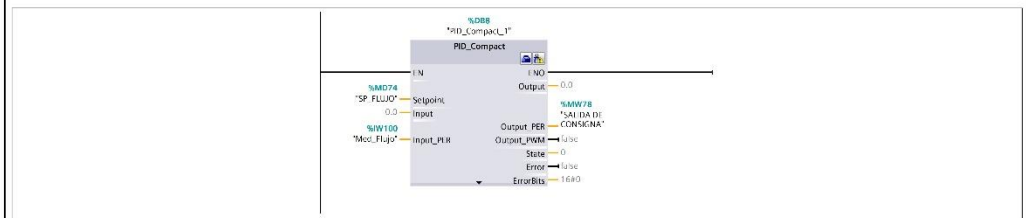
PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

CIC [OB30]

CIC Propiedades							
General							
Nombre	CIC	Número	30	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título		Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Event_Count	Int		Events discarded
Temp			
Constant			

Segmento 1:





PLC\_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly]

Variables PLC

Variables PLC						
Icon	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Visible en HMI Engineering	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Comentario
<input type="checkbox"/>	ACTIVA AGITADORES	Bool	%M400.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	ACTIVA BOMBA EB	Bool	%M70.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	Agi_CE_B1	Bool	%Q0.4	True	True	AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1
<input type="checkbox"/>	Agi_CE_B2	Bool	%Q0.5	True	True	AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2
<input type="checkbox"/>	Alar_Son	Bool	%Q0.3	True	True	ALARMA SONORA
<input type="checkbox"/>	APAGAR BOMBAS	Bool	%M300.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	Bom_Aci	Bool	%Q1.0	True	True	BOMBA DE ACIDO
<input type="checkbox"/>	Bom_Sod	Bool	%Q1.1	True	True	BOMBA DE SODA
<input type="checkbox"/>	BOMBA_SP_ON	Bool	%M301.6	True	True	
<input type="checkbox"/>	CE MAYOR AL 10%	Bool	%M301.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	CE_B1	Bool	%Q0.6	True	True	CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1
<input type="checkbox"/>	CE_B2	Bool	%Q0.7	True	True	CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2
<input type="checkbox"/>	CONSIG_MAN_VDF01	Int	%MW100	True	True	
<input type="checkbox"/>	CONSIG_MAN_VDF02	Int	%MW102	True	True	
<input type="checkbox"/>	CONSIGNA VDF01	Int	%QW96	True	True	CONSIGNA VARIADOR DE FRECUENCIA 01
<input type="checkbox"/>	CONSIGNA VDF02	Int	%QW98	True	True	CONSIGNA VARIADOR DE FRECUENCIA 02
<input type="checkbox"/>	DE 0 A 8	Bool	%M300.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	DE 8 A 16	Bool	%M300.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	DE 16 A 24	Bool	%M300.6	True	True	
<input type="checkbox"/>	EB_B1	Bool	%Q0.1	True	True	ESTACION DE BOMBEO B1
<input type="checkbox"/>	EB_B2	Bool	%Q0.2	True	True	ESTACION DE BOMBEO B2
<input type="checkbox"/>	EVITA_REBOSE_DE_SP	Bool	%M302.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	Gu_Acido	Bool	%I2.3	True	True	GUARDAMOTOR DE ACIDO
<input type="checkbox"/>	Gu_Ag_CE_B1	Bool	%I1.5	True	True	GUARDAMOTOR DE AGUITADOR DE CE B1
<input type="checkbox"/>	Gu_Ag_CE_B2	Bool	%I2.0	True	True	GUARDAMOTOR DE AGUITADOR DE CE B2
<input type="checkbox"/>	Gu_CE_B1	Bool	%I2.1	True	True	GUARDAMOTOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1
<input type="checkbox"/>	Gu_CE_B2	Bool	%I2.2	True	True	GUARDAMOTOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2
<input type="checkbox"/>	Gu_EB_B1	Bool	%I1.3	True	True	GUARDAMOTOR DE ESTACION DE BOMBEO B1
<input type="checkbox"/>	Gu_EB_B2	Bool	%I1.4	True	True	GUARDAMOTOR DE ESTACION DE BOMBEO B2
<input type="checkbox"/>	Gu_Esol	Bool	%I1.2	True	True	GUARDAMOTOR DE EXTRACCIÓN DE SÓLIDOS
<input type="checkbox"/>	Gu_Soda	Bool	%I2.4	True	True	GUARDAMOTOR DE SODA
<input type="checkbox"/>	Gu_SP_B1	Bool	%I2.5	True	True	GUARDAMOTOR DE SEDIMENTADOR PRIMARIO B1
<input type="checkbox"/>	M3lh_MAN_VDF01	Real	%MD110	True	True	
<input type="checkbox"/>	M3lh_MAN_VDF02	Real	%MD120	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Agitadores	Bool	%M400.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_ALARMA_SON	Bool	%M400.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Bom_Aci	Bool	%M400.2	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Bom_Sod	Bool	%M400.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_CE_B1	Bool	%M302.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_CE_B2	Bool	%M302.6	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_EB_B1	Bool	%M302.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_EB_B2	Bool	%M302.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Mov_Ext_Sol	Bool	%M400.1	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_SP_B1	Bool	%M301.7	True	True	
<input type="checkbox"/>	MÁS DEL 80%	Bool	%M300.2	True	True	
<input type="checkbox"/>	MÁS DEL 90%	Bool	%M300.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	Med_Flujo	Int	%IW100	True	True	MEDIDOR DE FLUJO
<input type="checkbox"/>	MEMORIA ALTERNADA	Bool	%M301.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	MEMORIA_EB_ALTERNADA	Bool	%M301.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	MENOR AL 10%	Bool	%M300.1	True	True	

Totally Integrated Automation Portal						
Icon	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Visible en HMI Engineering	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Comentario
	Mov_Ext_Sol	Bool	%Q0.0	True	True	MOVIMIENTO DE MALLA PARA EXTRACCIÓN DE SOLIDOS
	Niv_Alto_CE	Bool	%I0.4	True	True	NIVEL ALTO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Niv_Alto_EB	Bool	%I0.2	True	True	NIVEL ALTO ESTACIÓN DE BOMBEO
	Niv_Alto_SP	Bool	%I1.0	True	True	NIVEL ALTO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO
	Niv_An_CE	Int	%IW96	True	True	NIVEL ANALÓGICO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Niv_An_EB	Int	%IW64	True	True	NIVEL ANALÓGICO DE ESTACIÓN DE BOMBEO
	Niv_Bajo_Aci	Bool	%I0.5	True	True	NIVEL BAJO ÁCIDO
	Niv_Bajo_CE	Bool	%I0.3	True	True	NIVEL BAJO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Niv_Bajo_EB	Bool	%I0.1	True	True	NIVEL BAJO ESTACIÓN DE BOMBEO
	Niv_Bajo_Sod	Bool	%I0.6	True	True	NIVEL BAJO SODA
	Niv_Bajo_SP	Bool	%I0.7	True	True	NIVEL BAJO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO
	NOR_NIVEL_EB	Real	%MD18	True	True	
	NOR_TEMP_EB	Real	%MD10	True	True	
	NORM_FLUJO	Real	%MD42	True	True	
	NORM_NIV_CE	DWord	%MD26	True	True	
	NORM_pH_CE	Real	%MD34	True	True	
	NORM_pH_SP	Real	%MD50	True	True	
	Par_Em_Gen	Bool	%I1.1	True	True	PARADA DE EMERGENCIA GENERAL
	PRIMERO	Bool	%M301.0	True	True	
	SALIDA DE CONSIGNA	Int	%MW78	True	True	
	SCA_NIVEL_EB	Real	%MD22	True	True	
	SCA_TEMP_EB	Real	%MD14	True	True	
	SCAL_FLUJO	Real	%MD46	True	True	
	SCAL_NIV_CE	Real	%MD30	True	True	
	SCAL_pH_CE	Real	%MD38	True	True	
	SCAL_pH_SP	Real	%MD54	True	True	
	SEGUNDO	Bool	%M301.1	True	True	
	Sen_Acum_Res	Bool	%I0.0	True	True	SENSOR DE ACUMULACIÓN DE RESIDUOS
	SEÑAL_CE_B1	Bool	%M303.0	True	True	
	SEÑAL_CE_B2	Bool	%M303.1	True	True	
	SEÑAL_ON_EB_B1	Bool	%M302.1	True	True	
	SEÑAL_ON_EB_B2	Bool	%M302.2	True	True	
	SOBRE 36	Bool	%M300.7	True	True	
	SP_B1	Bool	%Q12.0	True	True	SEDIMENTADOR PRIMARIO B1
	SP_FLUJO	Real	%MD74	True	True	
	Tag_1	Bool	%M60.0	True	True	
	Tag_2	Bool	%M60.1	True	True	
	Tag_3	Bool	%M60.2	True	True	
	Tag_4	Bool	%Q12.2	True	True	RESERVA
	Tag_5	Bool	%Q12.3	True	True	RESERVA
	Tag_6	Bool	%Q12.4	True	True	RESERVA
	Tag_7	Bool	%Q12.5	True	True	RESERVA
	Tag_8	Bool	%Q12.1	True	True	RESERVA
	Tag_9	Real	%MD114	True	True	
	Tag_10	Int	%MW118	True	True	
	Tag_11	Real	%MD124	True	True	
	Tag_12	Int	%MW128	True	True	
	Tag_14	Bool	%I12.6	True	True	RESERVA
	Tag_15	Bool	%I12.7	True	True	RESERVA
	Temp_EB	Int	%IW66	True	True	TEMPERATURA DE ESTACIÓN DE BOMBEO
	TERCERO	Bool	%M301.2	True	True	
	Val_pH_CE	Int	%IW98	True	True	VALOR DE PH EN CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Val_pH_SP	Int	%IW102	True	True	VALOR DE PH EN SEDIMENTADOR PRIMARIO

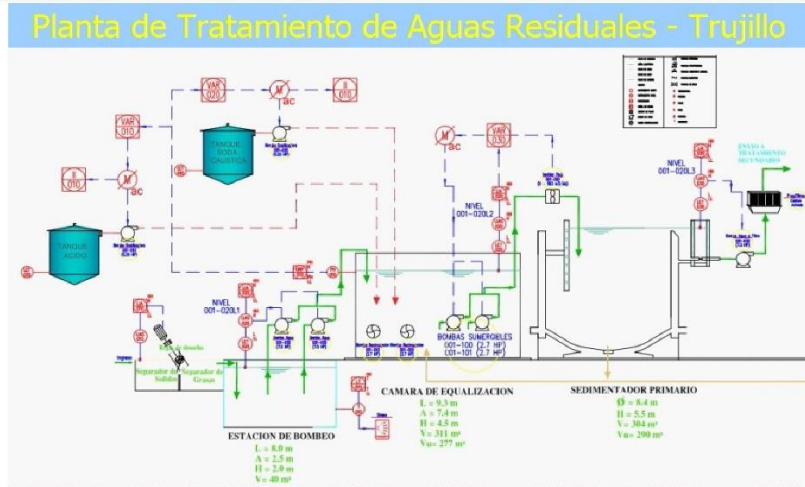
Totally Integrated Automation Portal						
PLC_1 [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Variables PLC						
Tabla de variables estándar [135]						
Variables PLC						
Icon	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Visible en HMI Engineering	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Comentario
<input type="checkbox"/>	ACTIVA AGITADORES	Bool	%M400.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	ACTIVA BOMBA EB	Bool	%M70.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	Agi_CE_B1	Bool	%Q0.4	True	True	AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1
<input type="checkbox"/>	Agi_CE_B2	Bool	%Q0.5	True	True	AGITADOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2
<input type="checkbox"/>	Alar_Son	Bool	%Q0.3	True	True	ALARMA SONORA
<input type="checkbox"/>	APAGAR BOMBAS	Bool	%M300.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	Bom_Aci	Bool	%Q1.0	True	True	BOMBA DE ACIDO
<input type="checkbox"/>	Bom_Sod	Bool	%Q1.1	True	True	BOMBA DE SODA
<input type="checkbox"/>	BOMBA_SP_ON	Bool	%M301.6	True	True	
<input type="checkbox"/>	CE MAYOR AL 10%	Bool	%M301.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	CE_B1	Bool	%Q0.6	True	True	CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1
<input type="checkbox"/>	CE_B2	Bool	%Q0.7	True	True	CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2
<input type="checkbox"/>	CONSIG_MAN_VDF01	Int	%MW100	True	True	
<input type="checkbox"/>	CONSIG_MAN_VDF02	Int	%MW102	True	True	
<input type="checkbox"/>	CONSIGNA VDF01	Int	%QW96	True	True	CONSIGNA VARIADOR DE FRECUENCIA 01
<input type="checkbox"/>	CONSIGNA VDF02	Int	%QW98	True	True	CONSIGNA VARIADOR DE FRECUENCIA 02
<input type="checkbox"/>	DE 0 A 8	Bool	%M300.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	DE 8 A 16	Bool	%M300.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	DE 16 A 24	Bool	%M300.6	True	True	
<input type="checkbox"/>	EB_B1	Bool	%Q0.1	True	True	ESTACION DE BOMBEO B1
<input type="checkbox"/>	EB_B2	Bool	%Q0.2	True	True	ESTACION DE BOMBEO B2
<input type="checkbox"/>	EVITA_REBOSE_DE_SP	Bool	%M302.0	True	True	
<input type="checkbox"/>	Gu_Acido	Bool	%I2.3	True	True	GUARDAMOTOR DE ACIDO
<input type="checkbox"/>	Gu_Ag_CE_B1	Bool	%I1.5	True	True	GUARDAMOTOR DE AGITADOR DE CE B1
<input type="checkbox"/>	Gu_Ag_CE_B2	Bool	%I2.0	True	True	GUARDAMOTOR DE AGITADOR DE CE B2
<input type="checkbox"/>	Gu_CE_B1	Bool	%I2.1	True	True	GUARDAMOTOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B1
<input type="checkbox"/>	Gu_CE_B2	Bool	%I2.2	True	True	GUARDAMOTOR DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN B2
<input type="checkbox"/>	Gu_EB_B1	Bool	%I1.3	True	True	GUARDAMOTOR DE ESTACION DE BOMBEO B1
<input type="checkbox"/>	Gu_EB_B2	Bool	%I1.4	True	True	GUARDAMOTOR DE ESTACION DE BOMBEO B2
<input type="checkbox"/>	Gu_Esol	Bool	%I1.2	True	True	GUARDAMOTOR DE EXTRACCION DE SOLIDOS
<input type="checkbox"/>	Gu_Soda	Bool	%I2.4	True	True	GUARDAMOTOR DE SODA
<input type="checkbox"/>	Gu_SP_B1	Bool	%I2.5	True	True	GUARDAMOTOR DE SEDIMENTADOR PRIMARIO B1
<input type="checkbox"/>	M3/h_MAN_VDF01	Real	%MD110	True	True	
<input type="checkbox"/>	M3/h_MAN_VDF02	Real	%MD120	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Agitadores	Bool	%M400.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_ALARMA_SON	Bool	%M400.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Bom_Aci	Bool	%M400.2	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Bom_Sod	Bool	%M400.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_CE_B1	Bool	%M302.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_CE_B2	Bool	%M302.6	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_EB_B1	Bool	%M302.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_EB_B2	Bool	%M302.4	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_Mov_Ext_Sol	Bool	%M400.1	True	True	
<input type="checkbox"/>	MAN_SP_B1	Bool	%M301.7	True	True	
<input type="checkbox"/>	MÁS DEL 80%	Bool	%M300.2	True	True	
<input type="checkbox"/>	MÁS DEL 90%	Bool	%M300.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	Med_Flujo	Int	%IW100	True	True	MEDIDOR DE FLUJO
<input type="checkbox"/>	MEMORIA ALTERNADA	Bool	%M301.5	True	True	
<input type="checkbox"/>	MEMORIA_EB_ALTERNADA	Bool	%M301.3	True	True	
<input type="checkbox"/>	MENOR AL 10%	Bool	%M300.1	True	True	

Totally Integrated Automation Portal						
Icon	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Visible en HMI Engineering	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Comentario
	Mov_Ext_Sol	Bool	%Q0.0	True	True	MOVIMIENTO DE MALLA PARA EXTRACCIÓN DE SOLIDOS
	Niv_Alto_CE	Bool	%I0.4	True	True	NIVEL ALTO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Niv_Alto_EB	Bool	%I0.2	True	True	NIVEL ALTO ESTACIÓN DE BOMBEO
	Niv_Alto_SP	Bool	%I1.0	True	True	NIVEL ALTO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO
	Niv_An_CE	Int	%IW96	True	True	NIVEL ANALÓGICO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Niv_An_EB	Int	%IW64	True	True	NIVEL ANALÓGICO DE ESTACIÓN DE BOMBEO
	Niv_Bajo_Aci	Bool	%I0.5	True	True	NIVEL BAJO ÁCIDO
	Niv_Bajo_CE	Bool	%I0.3	True	True	NIVEL BAJO DE CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Niv_Bajo_EB	Bool	%I0.1	True	True	NIVEL BAJO ESTACIÓN DE BOMBEO
	Niv_Bajo_Sod	Bool	%I0.6	True	True	NIVEL BAJO SODA
	Niv_Bajo_SP	Bool	%I0.7	True	True	NIVEL BAJO DE SEDIMENTADOR PRIMARIO
	NOR_NIVEL_EB	Real	%MD18	True	True	
	NOR_TEMP_EB	Real	%MD10	True	True	
	NORM_FLUJO	Real	%MD42	True	True	
	NORM_NIV_CE	DWord	%MD26	True	True	
	NORM_pH_CE	Real	%MD34	True	True	
	NORM_pH_SP	Real	%MD50	True	True	
	Par_Em_Gen	Bool	%I1.1	True	True	PARADA DE EMERGENCIA GENERAL
	PRIMERO	Bool	%M301.0	True	True	
	SALIDA DE CONSIGNA	Int	%MW78	True	True	
	SCA_NIVEL_EB	Real	%MD22	True	True	
	SCA_TEMP_EB	Real	%MD14	True	True	
	SCAL_FLUJO	Real	%MD46	True	True	
	SCAL_NIV_CE	Real	%MD30	True	True	
	SCAL_pH_CE	Real	%MD38	True	True	
	SCAL_pH_SP	Real	%MD54	True	True	
	SEGUNDO	Bool	%M301.1	True	True	
	Sen_Acum_Res	Bool	%I0.0	True	True	SENSOR DE ACUMULACIÓN DE RESIDUOS
	SEÑAL_CE_B1	Bool	%M303.0	True	True	
	SEÑAL_CE_B2	Bool	%M303.1	True	True	
	SEÑAL_ON_EB_B1	Bool	%M302.1	True	True	
	SEÑAL_ON_EB_B2	Bool	%M302.2	True	True	
	SOBRE 36	Bool	%M300.7	True	True	
	SP_B1	Bool	%Q12.0	True	True	SEDIMENTADOR PRIMARIO B1
	SP_FLUJO	Real	%MD74	True	True	
	Tag_1	Bool	%M60.0	True	True	
	Tag_2	Bool	%M60.1	True	True	
	Tag_3	Bool	%M60.2	True	True	
	Tag_4	Bool	%Q12.2	True	True	RESERVA
	Tag_5	Bool	%Q12.3	True	True	RESERVA
	Tag_6	Bool	%Q12.4	True	True	RESERVA
	Tag_7	Bool	%Q12.5	True	True	RESERVA
	Tag_8	Bool	%Q12.1	True	True	RESERVA
	Tag_9	Real	%MD114	True	True	
	Tag_10	Int	%MW118	True	True	
	Tag_11	Real	%MD124	True	True	
	Tag_12	Int	%MW128	True	True	
	Tag_14	Bool	%I12.6	True	True	RESERVA
	Tag_15	Bool	%I12.7	True	True	RESERVA
	Temp_EB	Int	%IW66	True	True	TEMPERATURA DE ESTACIÓN DE BOMBEO
	TERCERO	Bool	%M301.2	True	True	
	Val_pH_CE	Int	%IW98	True	True	VALOR DE PH EN CÁMARA DE ECUALIZACIÓN
	Val_pH_SP	Int	%IW102	True	True	VALOR DE PH EN SEDIMENTADOR PRIMARIO

HMI\_1 [KTP700 Basic PN] / Imágenes

foto inicial

Copia impresa de foto inicial

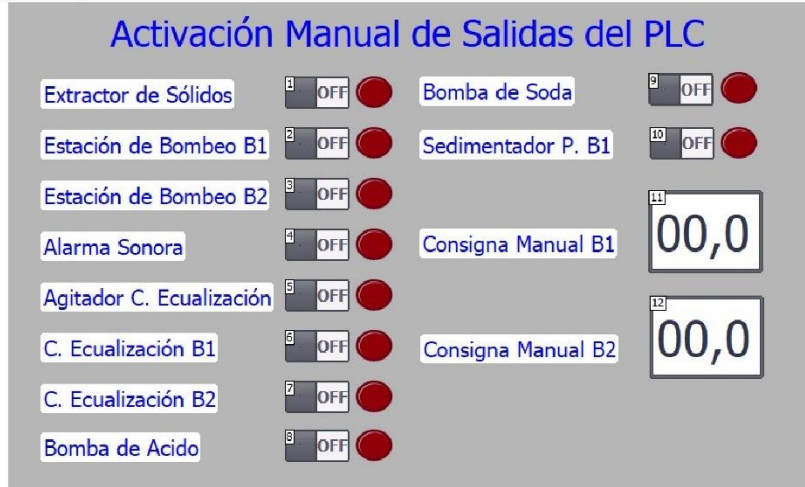


General					
Nombre	foto inicial	Color de fondo	198; 195; 198	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	1	Plantilla	Plantilla_1	Tooltip	
Niveles					
Nivel activo	0				
Nivel_0			Activada		
Nivel_1			Activada		
Nivel_2			Activada		
Nivel_3			Activada		
Nivel_4			Activada		
Nivel_5			Activada		
Nivel_6			Activada		
Nivel_7			Activada		
Nivel_8			Activada		
Nivel_9			Activada		
Nivel_10			Activada		
Nivel_11			Activada		
Nivel_12			Activada		
Nivel_13			Activada		
Nivel_14			Activada		
Nivel_15			Activada		
Nivel_16			Activada		
Nivel_17			Activada		
Nivel_18			Activada		
Nivel_19			Activada		
Nivel_20			Activada		
Nivel_21			Activada		
Nivel_22			Activada		
Nivel_23			Activada		
Nivel_24			Activada		
Nivel_25			Activada		
Nivel_26			Activada		
Nivel_27			Activada		
Nivel_28			Activada		
Nivel_29			Activada		
Nivel_30			Activada		
Nivel_31			Activada		
DinamizacionesEvento					
Nombre de evento	Creada				
Lista de funcionesDefinirVariable					
Variable	Número_imagen_variable	Valor	1		
Visor de gráficos_1					
Tipo	Visor de gráficos				
General					
Gráfico	foto_inicial				

HMI\_1 [KTP700 Basic PN] / Imágenes

activar\_manual

Copia impresa de activar\_manual



General

Nombre	activar_manual	Color de fondo	181; 182; 181	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	5	Plantilla		Tooltip	

Niveles

Nivel activo 0

Nivel_0	Activada
Nivel_1	Activada
Nivel_2	Activada
Nivel_3	Activada
Nivel_4	Activada
Nivel_5	Activada
Nivel_6	Activada
Nivel_7	Activada
Nivel_8	Activada
Nivel_9	Activada
Nivel_10	Activada
Nivel_11	Activada
Nivel_12	Activada
Nivel_13	Activada
Nivel_14	Activada
Nivel_15	Activada
Nivel_16	Activada
Nivel_17	Activada
Nivel_18	Activada
Nivel_19	Activada
Nivel_20	Activada
Nivel_21	Activada
Nivel_22	Activada
Nivel_23	Activada
Nivel_24	Activada
Nivel_25	Activada
Nivel_26	Activada
Nivel_27	Activada
Nivel_28	Activada
Nivel_29	Activada
Nivel_30	Activada
Nivel_31	Activada

Interruptor\_1

Tipo Interruptor

General

Valor de proceso		Valor Estado ON	1	Modo	interruptor
Texto ON	ON	Texto OFF	OFF	Gráfico ON	

Gráfico OFF

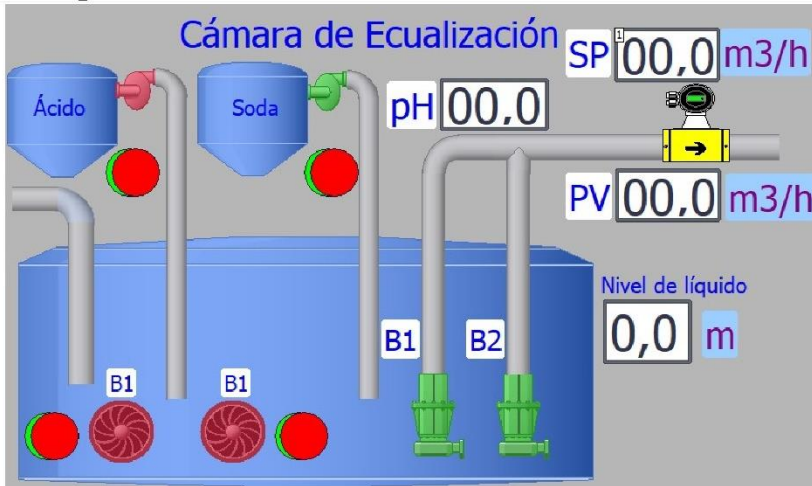
Apariencia

Color de primer plano	90; 89; 107	Color de fondo	99; 101; 115	Color de fondo del área interior ON	247; 243; 247
-----------------------	-------------	----------------	--------------	-------------------------------------	---------------

HMI\_1 [KTP700 Basic PN] / Imágenes

cámara\_equalización

Copia impresa de cámara\_equalización



<b>General</b>					
Nombre	cámara_equalización	Color de fondo	181; 182; 181	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	2	Plantilla		Tooltip	

<b>Niveles</b>	
Nivel activo	0

Nivel_0	Activada
Nivel_1	Activada
Nivel_2	Activada
Nivel_3	Activada
Nivel_4	Activada
Nivel_5	Activada
Nivel_6	Activada
Nivel_7	Activada
Nivel_8	Activada
Nivel_9	Activada
Nivel_10	Activada
Nivel_11	Activada
Nivel_12	Activada
Nivel_13	Activada
Nivel_14	Activada
Nivel_15	Activada
Nivel_16	Activada
Nivel_17	Activada
Nivel_18	Activada
Nivel_19	Activada
Nivel_20	Activada
Nivel_21	Activada
Nivel_22	Activada
Nivel_23	Activada
Nivel_24	Activada
Nivel_25	Activada
Nivel_26	Activada
Nivel_27	Activada
Nivel_28	Activada
Nivel_29	Activada
Nivel_30	Activada
Nivel_31	Activada

<b>Softkey_F1</b>	
Tipo	Tecla de función

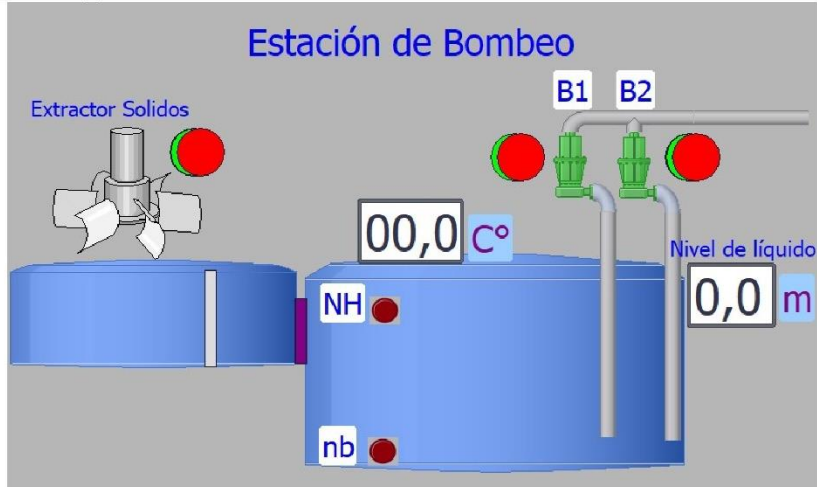
<b>General</b>					
Código de tecla	220	Asignación global	Desactivado	Gráfico	
Permiso		Variable LED		Bit de la variable LED	0

<b>DinamizacionesEvento</b>	
Nombre de evento	Pulsar tecla

HMI\_1 [KTP700 Basic PN] / Imágenes

estación\_bombeo

Copia impresa de estación\_bombeo



General					
Nombre	estación_bombeo	Color de fondo	181; 182; 181	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	3	Plantilla		Tooltip	

Niveles	
Nivel activo	0

Nivel_0	Activada
Nivel_1	Activada
Nivel_2	Activada
Nivel_3	Activada
Nivel_4	Activada
Nivel_5	Activada
Nivel_6	Activada
Nivel_7	Activada
Nivel_8	Activada
Nivel_9	Activada
Nivel_10	Activada
Nivel_11	Activada
Nivel_12	Activada
Nivel_13	Activada
Nivel_14	Activada
Nivel_15	Activada
Nivel_16	Activada
Nivel_17	Activada
Nivel_18	Activada
Nivel_19	Activada
Nivel_20	Activada
Nivel_21	Activada
Nivel_22	Activada
Nivel_23	Activada
Nivel_24	Activada
Nivel_25	Activada
Nivel_26	Activada
Nivel_27	Activada
Nivel_28	Activada
Nivel_29	Activada
Nivel_30	Activada
Nivel_31	Activada

Visor de gráficos\_2

Tipo	Visor de gráficos
------	-------------------

General

Gráfico	Gráfico_17
---------	------------

Apariencia

Color de fondo	173; 174; 181	Patrón de relleno fondo	Transparente	Ancho Borde	0
----------------	---------------	-------------------------	--------------	-------------	---

Estilo de línea	Compacto	Color Borde	0; 0; 0
-----------------	----------	-------------	---------

Representación

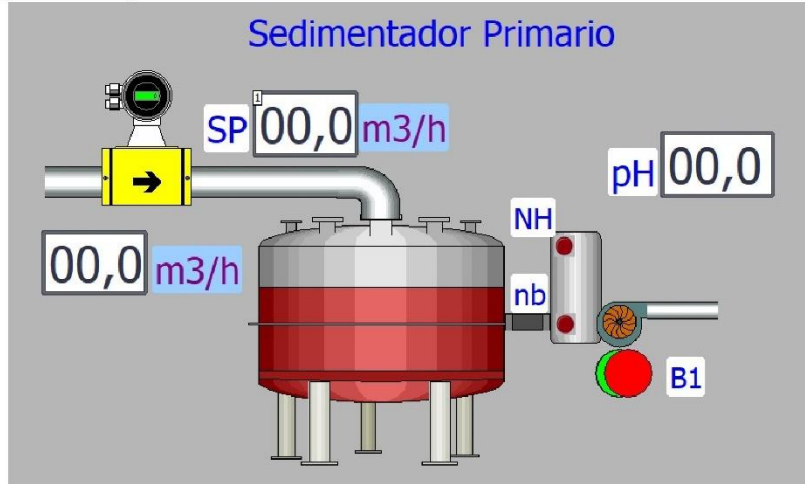
Posición X	290	Posición Y	246	Ancho	383
------------	-----	------------	-----	-------	-----



HMI\_1 [KTP700 Basic PN] / Imágenes

sedimentador\_primario

Copia impresa de sedimentador\_primario



<b>General</b>					
Nombre	sedimentador_primario	Color de fondo	181; 182; 181	Color Cuadrícula	0; 0; 0
Número	4	Plantilla		Tooltip	

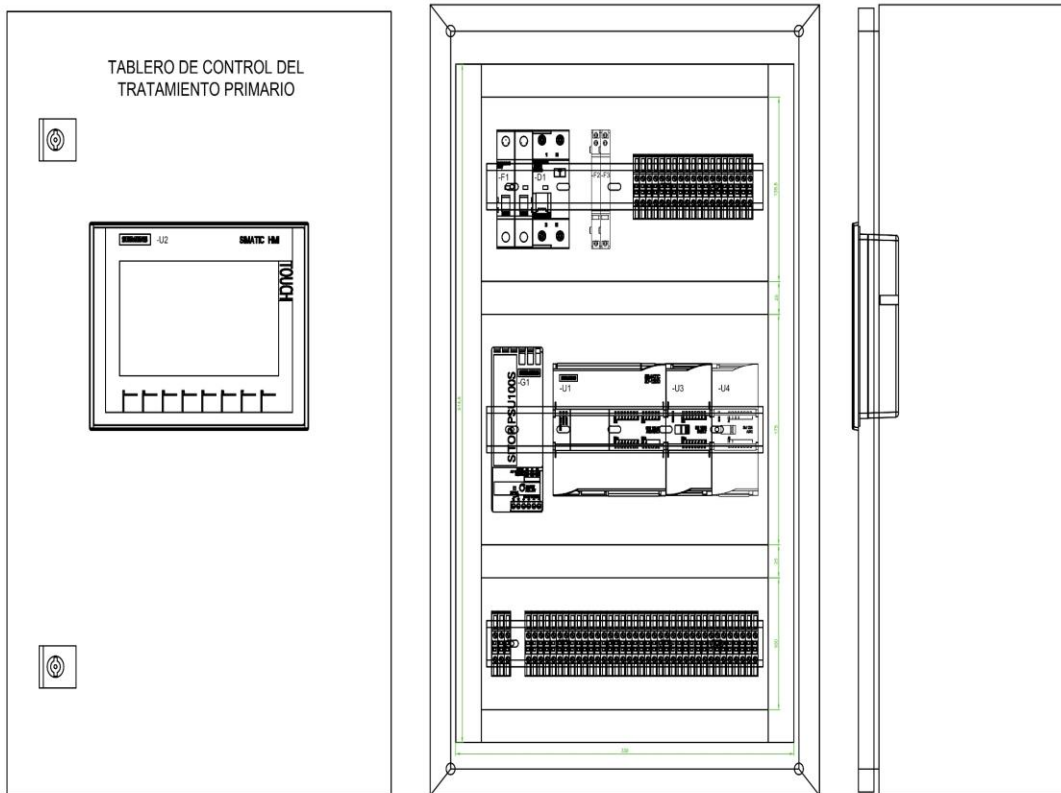
<b>Niveles</b>	
Nivel activo	0

Nivel_0	Activada
Nivel_1	Activada
Nivel_2	Activada
Nivel_3	Activada
Nivel_4	Activada
Nivel_5	Activada
Nivel_6	Activada
Nivel_7	Activada
Nivel_8	Activada
Nivel_9	Activada
Nivel_10	Activada
Nivel_11	Activada
Nivel_12	Activada
Nivel_13	Activada
Nivel_14	Activada
Nivel_15	Activada
Nivel_16	Activada
Nivel_17	Activada
Nivel_18	Activada
Nivel_19	Activada
Nivel_20	Activada
Nivel_21	Activada
Nivel_22	Activada
Nivel_23	Activada
Nivel_24	Activada
Nivel_25	Activada
Nivel_26	Activada
Nivel_27	Activada
Nivel_28	Activada
Nivel_29	Activada
Nivel_30	Activada
Nivel_31	Activada

**Visor de gráficos\_1**

Tipo	Visor de gráficos				
<b>General</b>					
Gráfico	Gráfico_6				
<b>Apariencia</b>					
Color de fondo	173; 174; 181	Patrón de relleno fondo	Transparente	Ancho Borde	0
Estilo de línea	Compacto	Color Borde	0; 0; 0		
<b>Representación</b>					
Posición X	222	Posición Y	202	Ancho	291

## Anexo 7. Evidencia y detalle del tablero eléctrico



F1: Interruptor termomagnético 2x6A  
F2: Fusible 10x38mm - CPU  
F3: Fusible 10x38mm - HMI

D1: Interruptor diferencial 6A, 30mA  
G1: Fuente 5A 24Vdc SITOP PSU100S  
U1: CPU 1214C Siemens AC/DC/RLY

U2: HMI KTP700 Siemens  
U3: SM 1223 Módulo de E/S Digitales  
U4: SM 1234 Módulo de E/S Analógicas

ESC: 1/4