



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Diseño de un Sistema de Bombeo Automatizado para suministrar
agua potable con bajo costo de operación y continuidad de servicio

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Chero Aquino, Luis Albert (ORCID: 0000-0001-8303-0691)

ASESOR:

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel (ORCID: 0000-0002-8127-4040)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

TRUJILLO - PERÚ

2021

Dedicatoria

*Con todo el amor del mundo dedico este trabajo de investigación a mis padres **Angela Aquino Yovera** y **Julio Chero Rivas**. Quienes siempre fueron, son y serán, mi gran motor y motivo de mi existir. Con el anhelo de proyectar día a día un mejor ser humano y profesional.*

De igual forma dedico esta investigación a todas las personas inmersas en la investigación, que confiarón en mi y me dieron la oportunidad para desarrollar mis habilidades.

*Con mucho cariño, para el amor más bonito, tierno y sincero, brindado por **Jeniffer Saavedra**, el cual siempre brindó luz a los momentos oscuros y destelló felicidad con su peculiar forma de ser.*

Agradecimiento

*Sin lugar a duda, agradecido eternamente con **Dios**, por brindarme día a día, salud, bienestar, trabajo y fortaleza para hacerle frente a las diversas adversidades de la vida. **¡Con Dios, todo es posible!***

*Agradecido infinitamente por el apoyo incondicional brindado por mis padres **Angela Aquino Yovera** y **Julio Chero Rivas**, quienes siempre me tuvieron confianza y brindaron un respaldo constante en las diferentes etapas de mi desarrollo profesional y personal.*

*Así mismo mi agradecimiento especial para todas las personas que contribuyeron al desarrollo de la presente investigación. En especial a mi asesores **Mg. Walter Castro Anticona** y **Dra. María Armas**. Por su tiempo, recomendaciones, tips y paciencia brindada de forma permanente.*

Índice de contenidos

Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	viii
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y diseño de investigación	18
3.2 Variables y operacionalización.....	18
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5 Procedimientos	21
3.6 Método de análisis de datos.....	22
3.7 Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN.....	163
VI. CONCLUSIONES.....	166
VII. RECOMENDACIONES	168
REFERENCIAS.....	169
ANEXOS	181

Índice de tablas

Tabla 1. Lotes comprendidos en Zona de presión 2	26
Tabla 2. Resultados de Litología	27
Tabla 3. Resultados de permeabilidad	27
Tabla 4. Pruebas de rendimiento en pozo.....	28
Tabla 5. Resultados de calidad de agua	28
Tabla 6. Ponderados para evaluación de criterios	31
Tabla 7. Evaluación de diseño conceptual	33
Tabla 8. Evaluación: bomba de agua	35
Tabla 9. Evaluación: bomba de cloro	37
Tabla 10. Evaluación: tubería de árbol de impulsión.....	39
Tabla 11. Evaluación: tubería en línea de impulsión	41
Tabla 12. Evaluación: válvula de purga.....	43
Tabla 13. Evaluación: válvula de alivio.....	45
Tabla 14. Evaluación: tablero de fuerza	47
Tabla 15. Características de VDF	48
Tabla 16. Evaluación: VDF	49
Tabla 17. Características de POWER METTERS.....	49
Tabla 18. Evaluación: POWER METTERS	50
Tabla 19. Características de BREAKER	50
Tabla 20. Evaluación: BREAKER.....	51
Tabla 21. Evaluación: tablero de control	52
Tabla 22. Características de PLC.....	53
Tabla 23. Evaluación: PLC	53
Tabla 24. Características de HMI	54
Tabla 25. Evaluación: HMI	54
Tabla 26. Características de Router VPN	55
Tabla 27. Evaluación: Router VPN.....	55
Tabla 28. Evaluación: medidor de nivel.....	57
Tabla 29. Evaluación: medidor de presión	59
Tabla 30. Evaluación: medidor de flujo	60
Tabla 31. Diseño de configuración combinado	61

Tabla 32. Niveles de cotas en sistema de bombeo	63
Tabla 33. Proyección estimada de consumo.....	65
Tabla 34. Proyección de horas de bombeo	69
Tabla 35. Velocidades técnico - económica, según método Ritchter	70
Tabla 36. Características de árbol de impulsión.....	72
Tabla 37. Características de línea de impulsión.....	73
Tabla 38. Características en caseta de válvulas en reservorio	73
Tabla 39. Características del agua.....	76
Tabla 40. Rugosidad de materiales 1	77
Tabla 41. Rugosidad de materiales 2.....	77
Tabla 42. Aplicación de diagrama de Moody para material 1	79
Tabla 43. Aplicación de diagrama de Moody para material 2.....	80
Tabla 44. Coeficiente "k" en pérdidas singulares	82
Tabla 45. Accesorios del sistema de impulsión.....	82
Tabla 46. Resultados de pérdidas por accesorios.....	83
Tabla 47. Asignación de caudal para bomba booster	89
Tabla 48. Cuadro de cargas en Tablero de Control	94
Tabla 49. Cuadro de cargas en Tablero de Fuerza.....	94
Tabla 50. Cuadro de cargas General	95
Tabla 51. Tabla de Capacidad de corriente conductor N2XOH 0.6/1 kV	98
Tabla 52. Selección de Interruptor general	99
Tabla 53. Tabla de Capacidad de corriente conductor Flat 600	100
Tabla 54. Selección de Interruptor para bomba de agua	101
Tabla 55. Tabla de Capacidad de corriente conductor THW-90.....	102
Tabla 56. Selección de Interruptor para bomba de cloro.....	103
Tabla 57. Conductores seleccionados en Tablero de Control.....	104
Tabla 58. Conductores seleccionados en Tablero de Fuerza	105
Tabla 59. Conductores seleccionados de Cargas generales	105
Tabla 60. Selección se tensión máxima de empleo y tensión de impulso.....	106
Tabla 61. Rigidez dieléctrica	107
Tabla 62. Selección grado IP	108
Tabla 63. Distancia mínima de aislamiento.....	109
Tabla 64. Variables I/O del sistema de bombeo.....	116

Tabla 65. Gatos proyectados	155
Tabla 66. Ingresos netos	156
Tabla 67. Resumen de presupuesto general	157
Tabla 68. Gastos de materiales.....	157
Tabla 69. Gastos de MOD.....	158
Tabla 70. Gastos de MOI	158
Tabla 71. Gastos de mantenimiento.....	159
Tabla 72. Desarrollo de Flujo de caja.....	161

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Flujo Laminar	8
Figura 2. Flujo Turbulento	9
Figura 3. Diagrama de Sankey	12
Figura 4. Caídas de tensión máxima admisible	13
Figura 5. Pirámide de Automatización.....	15
Figura 6. Diagrama P&ID de sistema de control	17
Figura 7. Proceso para el desarrollo de la investigación	22
Figura 8. Distribución de etapas en Urb.	25
Figura 9. Diagrama de emplazamiento del sistema de bombeo.....	63
Figura 10. Esquema de análisis	74
Figura 11. Ingreso de datos para dimensionamiento de bomba.....	86
Figura 12. Resultados de bombas aplicables a la necesidad.....	86
Figura 13. Curva de bomba seleccionada.....	87
Figura 14. Asignación de parámetros para bomba booster.....	90
Figura 15. Bombas booster aplicables a la solución	91
Figura 16. Curva de bomba seleccionada.....	92
Figura 17. Diagrama de emplazamiento de tablero de fuerza.....	110
Figura 18. Diagrama de emplazamiento de tablero de control	111
Figura 19. Arquitectura de comunicación	113
Figura 20. Diagrama P&ID del sistema de Bombeo	115
Figura 21. Ingreso a software Resource Configurator ®	117
Figura 22. Detección de hardware en PLC	118
Figura 23. Detección de licencia en PLC	119
Figura 24. Asignación de TAG's para I/O	120
Figura 25. Creación de nuevo proyecto	121
Figura 26. Asignación de IP en Logic Designer.....	122
Figura 27. POU: Entradas	123
Figura 28. Lectura de entradas digitales	123
Figura 29. Lectura de entradas análogas.....	124
Figura 30. Salidas análogas	125
Figura 31. Diagrama LAD.....	126

Figura 32. Secuencias de bombeo en LAD	126
Figura 33. Alarmas generadas por variables reales	127
Figura 34. Alarmas generadas por variables digitales.....	128
Figura 35. Modbus Maestro RTU	129
Figura 36. Lectura Modbus RTU de Analizador de red	130
Figura 37. Lectura Modbus RTU de medidor de flujo	131
Figura 38. Lectura ModbusRTU de variador de frecuencia	132
Figura 39. Lectura Modbus servidor TCP/IP	133
Figura 40. Lectura Modbus servidor TCP/IP registro 1x.....	134
Figura 41. Lectura Modbus servidor TCP/IP registro 3x.....	135
Figura 42. Lectura Modbus servidor TCP/IP registro 4x.....	136
Figura 43. Buffer de almacenamiento	137
Figura 44. Herramientas de Software Fast Tools ®	138
Figura 45. Ejecución de software	139
Figura 46. Asignación de línea de comunicación	140
Figura 47. Asignación de estación	141
Figura 48. Creación de TAG en estación	142
Figura 49. Creación de pantalla en SCADA	143
Figura 50. Creación de pantallas a partir de símbolos	144
Figura 51. Ingreso de credenciales a software.....	144
Figura 52. Menu principal de modo operador.....	145
Figura 53. Menu de Pozo 2	145
Figura 54. Pantalla de Arquitectura de comunicación	146
Figura 55. Pantalla de Diagrama de proceso	147
Figura 56. Pantalla de Tendencias.....	148
Figura 57. Pantalla de Alarmas	148
Figura 58. Enzabezado con señal ONLINE.....	149
Figura 59. Enzabezado con señal OFFLINE	149
Figura 60. Modo local.....	150
Figura 61. Modo remoto / manual	150
Figura 62. Encendido de bomba de agua	150
Figura 63. Encendido de bomba de cloro.....	151
Figura 64. Modo remoto / automático.....	151

Figura 65. Ingreso de horarios para secuencias	152
Figura 66. Selección de secuencia a ejecutar	152
Figura 67. Estado de bomba de agua	153
Figura 68. Valores de Analizador de red	154
Figura 69. Alarmas	154

Resumen

El recurso natural más importante para el ser humano es el agua , pues esta es la esencia para generar y sostener vida. Por lo que tener acceso a dicha sustancia hídrica es fundamental para el desarrollo de una sociedad (Duras, 2019).

El desarrollo de la presente investigación busca satisfacer la necesidad del acceso al agua potable, proyectando un sistema de bombeo automatizado. El cual hace uso del diseño morfológico combinatorio, enfocandose en obtener los componentes óptimos para la aplicación. Así mismo se contempla el diseño paramétrico, correspondiente para el sistema hidráulico, eléctrico y de control automático. El diseño hidráulico comprende lograr establecer el caudal nominal de bombeo, el volumen de almacenamiento, la demanda de volumen diario en función a la población, las horas de bombeo, las características de la tubería y las bombas de agua y cloro para el sistema; todo esto en función a normas y criterios especializados en la temática. Mientras que para el sistema eléctrico se comprende la máxima demanda, la selección de conductores por ampacidad y caída de tensión y el diseño de tableros; todo esto basado en el CNE, la NTP y la IEC. Con referente a la parte de control automático, se define la arquitectura de control conforme a la norma ISA, se declaran las variables de control y se realiza la programación bajo el lenguaje Ladder y función de bloques respectivamente. Cabe resaltar que se hace el desarrollo de las pantallas de control en un sistema SCADA para el monitoreo y control de las variables. Finalmente se hace el estudio del análisis económico de tal manera que se determine la viabilidad de la investigación con indicadores como el VAN, TIR y B/C. Logrando reducir los costos de operación y garantizando la continuidad de servicio de forma eficiente.

Palabras Clave: Sistema, agua, servicios.

Abstract

The most important natural resource for human beings is water, since this is the essence to generate and sustain life. Therefore, having access to this water substance is essential for the development of a society (Duras, 2019).

The development of this research seeks to satisfy the need for access to drinking water, designing an automated pumping system. Which makes use of the combinatorial morphological design, focusing on obtaining the optimal components for the application. Likewise, the parametric design is contemplated, corresponding to the hydraulic, electrical and automatic control system. The hydraulic design includes establishing the nominal pumping flow, the storage volume, the daily volume demand based on the population, the pumping hours, the characteristics of the pipes and the water and chlorine pumps for the system; all this based on specialized standards and criteria on the subject. While for the electrical system the maximum demand is understood, the selection of conductors by ampacity and voltage drop and the design of panels; all this based on the CNE, the NTP and the IEC. Regarding the automatic control part, the control architecture is defined in accordance with the ISA standard, the control variables are declared and the programming is carried out under the Ladder language and block function respectively. It should be noted that the development of the control screens is done in a SCADA system for the monitoring and control of the variables. Finally, the study of the economic analysis is carried out in such a way as to determine the feasibility of the investigation with indicators such as NPV, IRR and B / C. Achieving reducing operating costs and ensuring service continuity efficiently

Keywords: System, water, services.

I. INTRODUCCIÓN

Estudios desarrollados a lo largo de la historia afirman contundentemente que el agua, se establece como esencia de la vida para todo ser vivo. Siendo esta, la responsable de generar y sostener la vida, así como también la salud. Por lo que desde tiempos remotos se estipula como la sustancia hídrica que dignifica a todo ser humano. Sin embargo, aproximadamente existen 884 millones de personas, distribuidos en diversos lugares del mundo, que no cuentan con acceso a una fuente de agua potable. Teniendo dicha cifra desde primera instancia como muy alta; la realidad es mucho más severa, pues existen millones de personas que estadísticamente no son contabilizadas, lo cual sencillamente es muy preocupante. Se resalta drásticamente que las causas de la actual crisis de la sustancia hídrica, es generada principalmente por la desigualdad, falta de recursos económicos, falta de ejecución de proyectos, corrupción y burocracia en los poderes de gobierno. Impactando directamente, en el desarrollo de una determinada sociedad, cambios climáticos y el crecimiento de la contaminación (Pan et al., 2011), (Li et al., 2012), (Soni et al., 2018).

Con el objetivo de mitigar la crisis estipulada, las entidades internacionales en conjunto, han colaborado para crear conciencia, esto respecto al acceso de la sustancia hídrica vital. Lograndose establecer como derecho del ser humano, esto dentro del marco de los derechos humanos, en el año 2002 a través de la publicación N°15 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la Naciones Unidas, el mismo que es respaldado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Enfatizando que todos los estados gubernamentales están obligados a garantizar el acceso y cantidad suficiente del recurso hídrico. Logrando satisfacer las necesidades esenciales para el desarrollo del ser humano (Maran de Oliveira, 2017), (Duras, 2019), (Mimoso, Anjos y Teixeira, 2018).

La obtención o forma de adquirir la sustancia hídrica, depende mucho del lugar geográfico y las condiciones ambientales en donde se requiera abastecer. Entre las diversas formas de adquisición tenemos: plantas de agua potable, lagunas, manantiales, acueductos, norias, pozos superficiales, pozos subterráneos, cámaras de filtración, recolección de aguas pluviales, ríos, canales, estanques, agua de cisterna, embotellada, entre otras (Jara, 2018) (Paltán et al., 2020).

En cuanto a la técnica de captación del agua potable, se presentan diversas alternativas, las cuales interactúan directamente con las características de la fuente. Por ejemplo, para fuentes como: manantiales, plantas de agua potable y lagunas; se emplean sistemas de gravedad, los cuales son un conjunto de arreglos de tuberías que conducen la sustancia hídrica desde la captación hasta el lugar de abastecimiento, pasando previamente por un tratamiento para garantizar la calidad. Mientras que, para las fuentes de pozos subterráneos, cámaras de filtración y estanque; se emplean sistemas de bombeo que conducen la sustancia hídrica hacia un lugar de tratamiento y almacenamiento para el consumo requerido (Mhaskar, Ingale y Charhate, 2018), (Lizcano, Bolaños y Medina, 2016).

Todas las condiciones mostradas anteriormente no son ajenas para Perú, si bien es cierto que en los últimos años hemos mejorado, aún solo el 86% de la población que habita nuestro territorio, tiene disposición de agua potable. Quedando un gran margen pendiente por compensar. Así mismo la gran diversidad geográfica que presenta nuestro país, encaja perfectamente en las fuentes de agua y técnicas de captación mencionadas anteriormente. (Cairampoma y Villegas, 2016).

En la región La Libertad, provincia de Trujillo, se presentan predominantemente dos fuentes de agua potable, las cuales son: 1 planta de tratamiento de agua potable con una producción promedio establecida en 1250 l/s y 49 pozos de agua subterránea, los cuales en conjunto tienen una producción promedio de 890 l/s (Valdez, 2017), (Sunass, 2018).

Para realizar la captación de agua de pozo subterráneo, es indispensable realizarlo a través de un sistema de bombeo, el cual posee como variante al tipo de bomba necesaria para la aplicación, adecuándose a las características de emplazamiento. Pudiendo ser bomba de eje vertical, horizontal o sumergible (Wang et al., 2020).

Así mismo el accionamiento de estos sistemas de bombeo pueden ser realizados de diferentes formas, esto en función a la necesidad, requerimiento, característica o presupuesto empleado. Pudiendo tener sistemas de accionamiento eléctrico en tipo de arranque directo, estrella triángulo, arrancador suave o variador de velocidad. Con tipo de control manual, automático, remoto-manual o remoto-automático (Gevorkov et al., 2018).

A la fecha, con la coyuntura que se viene desarrollando, el uso de sistemas automatizados viene dando pasos agigantados y los sistemas de bombeo de agua potable no son la excepción. Así mismo el monitoreo en tiempo real del proceso a través de tecnología VPN es lo más innovador, conllevando al desarrollo de la industria, enfocándose en ampliar el sistema IOT o también llamado internet de las cosas (Lazarte, Chávez y Alvarado, 2018).

Dentro de la provincia de Trujillo, distrito de Moche, se encuentra la Urb. Altos del Valle. La misma que se encuentra compuesta por 6 etapas o sectores. Siendo estas distribuidas en 2 zonas de presión. A las cuales se les denomina zona de presión 1 (ZP1) y zona de presión 2 (ZP2). A la fecha, dicha urbanización es abastecida, con el suministro que proporciona un pozo, denominado pozo 1 (PZ1) el cual bombea agua al reservorio (RV1). El PZ1 se encuentra diseñado para habastecer la demanda de la ZP1, netamente. Sin embargo el crecimiento de la población de forma esporádica. Ha conllevado a poblar la ZP2. Estableciéndose que, el PZ1 no tiene la capacidad para poder satisfacer la demanda de la ZP1 y la ZP2. Conllevando a generar la falta del recurso hídrico y continuidad del servicio en los usuarios. Con el objetivo de

mitigar esto, se adquiere agua mediante camiones cisternas que cobran en promedio S/ 10 por cada m³, en comparación con la tarifa pagada en el distrito el cual es de S/ 3.74 por cada m³ y un cargo fijo de S/ 3.903. Se establece que se paga más de 2 veces del costo promedio por adquirir el recurso hídrico. Cabe resaltar que el agua adquirida mediante camiones cisternas, no acreditan confiabilidad de tener las características necesarias para considerar al producto vendido, como apta para el ser humano. Ya que estas son empresas privadas que en muchos de los casos no cuentan con sus certificados aprobados o son adulterados. Lo cual puede impactar drásticamente en la población, generando en un posible futuro enfermedades en los habitantes, esto por consumir agua no calificada para dicho fin.

Así mismo dicha urbanización, dispone desde el 2018 con un pozo perforado, aforado y respectivamente analizado, para suministrar agua potable, sin embargo por temas burocráticos, no se ha registrado ningún estudio del sistema de bombeo para poder abastecer a la ZP2.

Al presentar la problemática planteada, nace el interés de poder realizar la investigación sobre el diseño del sistema de bombeo para mitigar la necesidad latente. Cabe resaltar que no solo se plantea diseñar un sistema de bombeo típico, sino que se busca una solución automatizada que garantice la calidad del suministro hídrico de forma constante y se realice a bajo costo de operación.

Habiéndose establecido la problemática, nace la siguiente interrogante:

¿Cómo suministrar agua potable con bajo costo de operación y continuidad de servicio?

Partiendo de la premisa establecida en la problemática. El presente trabajo de investigación, establece como esencia, la justificación tecnológica, buscando desarrollar una solución óptima acorde a la necesidad. Por otro lado, el diseño deseado es considerado como ingeniería aplicada, la cual es regida por los estándares nacionales e internacionales, así como las normativas vigentes. Todo esto con el objetivo de mitigar la necesidad de agua potable, esto con

bajo costo de operación y continuidad de servicio. A demás, a nivel valorativo, permite establecer una metodología óptima, la cual servirá como base para futuros proyectos relacionados con la propuesta planteada.

Según lo detallado, se establece que para el presente trabajo de investigación el objetivo general (OG) es: Diseñar un Sistema de Bombeo Automatizado. Para lograr el desarrollo del OG, es necesario realizar los objetivos específicos (OE); los cuales consisten en: Desarrollar el análisis morfológico para un sistema de bombeo de pozo tubular; diseñar y seleccionar los componentes hidráulicos; diseñar y seleccionar los componentes eléctricos; programar mediante software el sistema de bombeo automatizado y analizar económicamente la viabilidad de la investigación.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a los temas relacionados con la presente investigación, se encontró un proyecto de investigación donde el autor (Sonoco, 2016), desarrolló el diseño de un sistema de bombeo de agua potable para la comunidad de Pallina Chico, en donde para la parte paramétrica aplicó conceptos de cálculo de demanda poblacional, dotación futura y volumen requerido del sistema. Mientras que para el diseño proyectado, se basó en los conceptos que se establecen en las Leyes de Bernoulli y la Ley de la Continuidad. Así mismo para el accionamiento de la electrobomba empleó un sistema de arranque directo simple, el cuál gobernaba el sistema. Logrando de esta forma, establecer las características óptimas y mitigar la necesidad del suministro de agua potable a la comunidad.

Otra interesante aplicación de la temática, es la que se presenta en un investigación, el la cual el autor (Gancino, 2019), diseño un sistema de control automático, desarrollado para las estaciones de bombeo pertenecientes a libertad bajo/alto, las cuales son administradas por la empresa pública metropolitana de agua potable. El cual, a diferencia de la investigación anteriormente presentada, esta no solo se centra en las teorías relacionadas con la mecánica de fluidos, sí no que también enfatiza teorías de los sistemas eléctricos, donde selecciona los elementos de protección en función a la corriente de diseño calculada. Así como también selecciona los conductores adecuados. Todo esto es realizado con el objetivo de garantizar el óptimo funcionamiento del sistema. Respecto al sistema automático, en la parte de fuerza emplea arrancadores de estado suave para accionar las bombas y un controlador de tipo micro PLC, para poder realizar el control de nivel de tanque, todo realizado a plena carga. Logrando controlar el nivel de forma óptima, de tal modo que se eviten los reboses y pérdidas de agua. Lo cual conllevó a establecer un ahorro de 3,639.26kWh con un costo de \$ 4,735.22.

Como parte de sistemas de bombeo automático, también se pueden encontrar trabajos (Kolesnikov, Shprekher y Malkov, 2019), donde resaltan el desarrollo de los beneficios de automatizar un sistema de bombeo tipo prototipo, controlado por un variador de frecuencia. Donde se desarrolló un algoritmo horario para las diferentes velocidades necesarias en el proceso, utilizando lenguaje de bloques (FBD) para establecer las tareas a ejecutar por el controlador y fijando los puntos de accionamiento. Logrando eficiencia y exactitud en la ejecución de horarios. Mejorar el rendimiento de la bomba, al hacerla funcionar en su punto de eficiencia más alta (98%). Y garantizando la continuidad y confiabilidad del sistema, para dotar del suministro hídrico necesario según la demanda.

En un artículo de investigación (Lvyuan et al., 2017) se estableció el método de funcionamiento más óptimo para un determinado sistema de bombeo. El cual tomó como puntos relevantes el análisis de las variables físicas de presión, caudal y nivel. Siendo estas obtenidas a través de balances de energía. Logrando establecer los parámetros óptimos de operación. Donde se garantiza que las variables controladas sean estables para el modo de operación requerido. Así mismo, las variables físicas fueron proyectadas en un sistema SCADA el cual muestra el diagrama de proceso y el comportamiento del sistema ante diferentes eventos a los cuales es sometido el proceso. Logrando reducir costos de operación y optimización del sistema. Del mismo modo se visualizan históricos de las variables de proceso para ser analizadas en función a la necesidad.

Así también respecto a la temática de automatización, se encontró una investigación (Berrios, 2013), que consistió en diseñar e implementar un módulo didáctico en automatización y control, para la programación aplicada al PLC SIMATIC S7-1200 CPU1214C, el cual es acoplado a un módulo piloto existente. Dicha investigación, aborda la estructura del controlador mencionado, desde su funcionalidad básica, hasta la más compleja, haciendo uso de la norma IEC 61131-3, para el entorno de programación en el controlador. Así mismo, emplea el software TIA PORTAL® V11 y STEP

BASIC® V10.5, para la programación en el controlador y la Interface Máquina Hombre (HMI) respectivamente. Otra herramienta muy importante donde hace énfasis, es en los protocolos de comunicación, en donde realiza ensayos bajo los buses PROFINET y PROFIBUS DP, basándose en la topología maestro – esclavo para la transmisión de datos. Logrando consecuentemente desarrollar guías de ejemplos aplicativos, para sistemas de control a lazo abierto y cerrado. Metodologías para enlaces de comunicación con buses de campo, escalamiento de variables en comportamiento lineal y estrategias para la optimización de recursos en los lenguajes de programación.

En cuanto a las teorías y conceptos relacionados con el proyecto de investigación tenemos:

Flujo laminar: Se dice que un flujo es laminar, cuando el movimiento de las partículas es suave y ordenado, así mismo las pérdidas son proporcionales a la velocidad de estas. Por otro lado las trayectorias de cada una de estas no se cortan entre sí, tal cual muestra la figura 1(Landau y Lifshitz, 2002).

Flujo Turbulento: Se establece como aquel fluido, que en condiciones de movimiento, presenta irregularidades en sus partículas de desplazamiento. Lo cual conlleva a generar pérdidas de energía, siendo estas proporcionales al cuadrado de la velocidad, tal cual muestra la figura 2 (Martín, 2018).

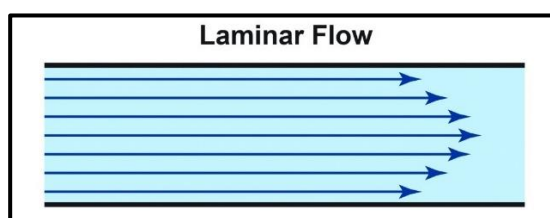


Figura 1. Flujo Laminar

Fuente: (Arregui et al., 2017)

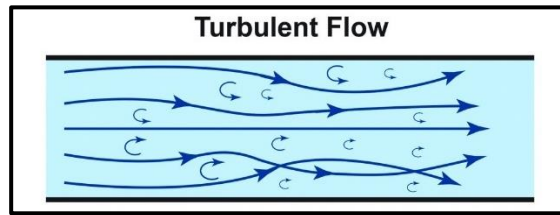


Figura 2. Flujo Turbulento

Fuente: (Arregui et al., 2017)

Número de Reynolds (N_{RE}): Número adimensional el cual mide la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas de un fluido. Así mismo este parámetro determina la condición entre un flujo laminar o turbulento (Cengel, 2007).

Caudal o gasto (Q): Se define como la cantidad de fluido que circula por una tubería en un determinado tiempo (I. Martín, R. Salcedo, 2011) esta determinado por:

$$Q_{(m^3/s)} = v_{(m/s)} \times A_{(m^2)}$$

Donde Q es caudal, v es velocidad del fluido y A es la sección transversal de la tubería.

Ecuación de Bernulli: Se establece a partir de la primera ley de la termodinámica, la misma que describe la conservación de la energía. Esta misma evalúa el comportamiento de los fluidos a lo largo de las tuberías. Así mismo el análisis de esta ecuación expresa el análisis en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen cerrado. Teniendo hipótesis de: fluido incompresible, densidad constante, régimen estacionario y viscosidad nula (sin fuerzas disipativas) (Delfosse y Gural, 2014) estableciéndose en:

$$P_1 + g\rho z_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + g\rho z_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Donde P_1 es presión en el punto 1, g es la gravedad, ρ es densidad, z_1 es posición de referencia 1, v_1 es velocidad en el punto 1, P_2 es presión en el punto 2, z_2 es posición de referencia 2, v_2 es velocidad en el punto 2.

Sin embargo cuando se consideran pérdidas de fuerzas, la expresión se modifica (Delfosse y Gural, 2014) quedando en:

$$P_1 + g\rho z_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + g\rho z_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \text{pérdidas}$$

Pérdidas de carga por fricción (primarias): Representan las pérdidas generadas por el movimiento, esto por existir fuerzas de resistencia las cuales se oponen al mismo, convirtiéndose en energía térmica que se disipa a través de las paredes de la tubería que circula (Pérez, 2015). Se evalúa a través de la ecuación de **Darcy**, la cual se presenta a continuación:

$$H_P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

Donde f es el factor de fricción, L es longitud de tubería (m), v es velocidad (m/s), D es diámetro de la tubería (m) y g es gravedad en m/s^2 .

Para determinar el factor f se hace uso del diagrama de **Moody** en cual determina el factor en función al número de Reynolds y la relación de rugosidad del material (Pérez, 2015) presentando:

$$Re = \frac{v \times D}{\gamma}$$

Donde v es velocidad (m/s), D es diámetro (m), así mismo γ es viscosidad cinemática en (m^2/s).

Para la relación de rugosidad:

$$r = \frac{\epsilon}{D} \text{ (mm)}$$

Donde ϵ es rugosidad (mm), D es diámetro (mm).

Pérdidas de carga localizada o en accesorios (secundarias): Estas pérdidas ocurren en tramos cortos, puntualmente en los accesorios que poseen la línea por donde se conduce el fluido, se considerarán pérdidas menores (INACAP, 2015) esta expresado por:

$$H_s = k \times \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

Donde k es el coeficiente de fricción dado por cada accesorio, v es velocidad (m/s) y g es gravedad (m/s²).

Potencia para transporte de fluidos: hace referencia al trabajo útil requerido para poner en movimiento al fluido entre un punto de referencia y otro (ATECYR y IDAE, 2013), esta dado por:

$$P = \rho g Q H_m \text{ (w)}$$

Donde P es potencia útil, g es la gravedad (m/s²), ρ es densidad (kg/m³), H_m es altura (m).

Para establecer la potencia necesaria del motor en una electrobomba se debe considerar las pérdidas generadas en el conjunto de mecanismos, el cual es expresado por el diagrama de Sankey aplicado a bombas. Donde a partir de la potencia requerida por el fluido, se aplican eficiencias.

La figura 3 muestra el desglose de eficiencias aplicados a bombas, donde en primera instancia se consideran las pérdidas hidráulicas, debido a pérdidas internas en el fluido. Luego se aplican las pérdidas volumétricas, referente a lo generado en el rodete. Así mismo se consideran las pérdidas mecánicas correspondiente a las mismas generadas en el eje de bomba. Finalmente se aplica las pérdidas eléctricas generadas por el motor (ATECYR y IDAE, 2013).

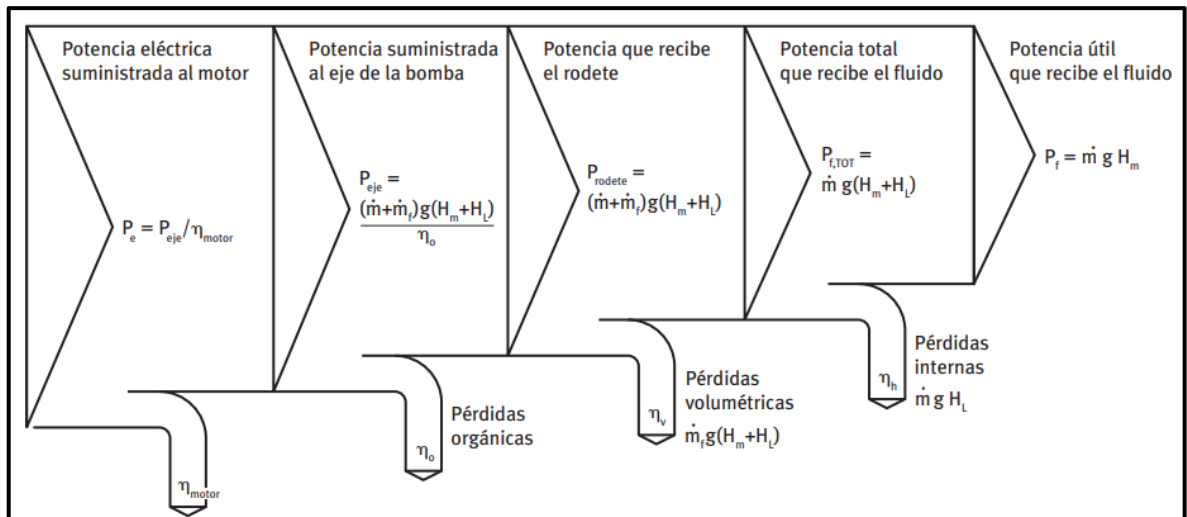


Figura 3. Diagrama de Sankey

Fuente: (ATECYR y IDAE, 2013)

Máxima demanda: Hace referencia a la potencia útil que se requiere en una determinada instalación durante el tiempo de vida útil. (Ministerio de Energía y Minas, 2006). Encontrándose compuesta por las diferentes cargas instaladas y la respectiva aplicación de los factores de demanda. Expresada por:

$$M_T = C_1 \times f_1 + C_2 \times f_2 + \dots + C_n \times f_n$$

Donde M_T es la máxima demanda total (kW), C_x es la carga instalada y f_x es el factor de demanda aplicado según la necesidad.

Cálculo de corriente de diseño para conductor eléctrico: Hace referencia a la cantidad de corriente admisible, la cual puede circular a través de un conductor eléctrico (Mujal, 2002), esta dada por:

$$I_n = \frac{P}{K \times V \times \cos\phi}$$

Donde I_n es corriente nominal (A), P es potencia (kW), K es factor en sistema (1 para 1Ø y $\sqrt{3}$ para 3Ø, V es tensión (V) y $\cos\phi$ es factor de potencia.

Una vez calculada la corriente nominal en el sistema, se aplica un factor adicional de 25% a 30% para obtener el valor de la corriente de diseño. Esto por que los conductores deben trabajar a un 75% de su capacidad nominal (Ministerio de Energía y Minas, 2006), por lo que quedaría:

$$I_d = I_n \times \%$$

Donde I_d es corriente de diseño (A), I_n es corriente nominal (A) y % es el factor adicional.

Caída de tensión en conductores: Representa la cantidad de tensión admisible como pérdida en un conductor, correspondiente a dos puntos en evaluación. La figura 4, muestra en (a) conductor de acometida, un porcentaje máximo de 1% admisible como caída, respecto a la tensión de operación. En el punto (b) alimentador, se permite una caída de tensión de 1.8% y en el punto (c) circuito derivado una máxima caída de tensión de 2.2% (Ministerio de Energía y Minas, 2008). A continuación se presenta dicha imagen que grafica lo descrito.

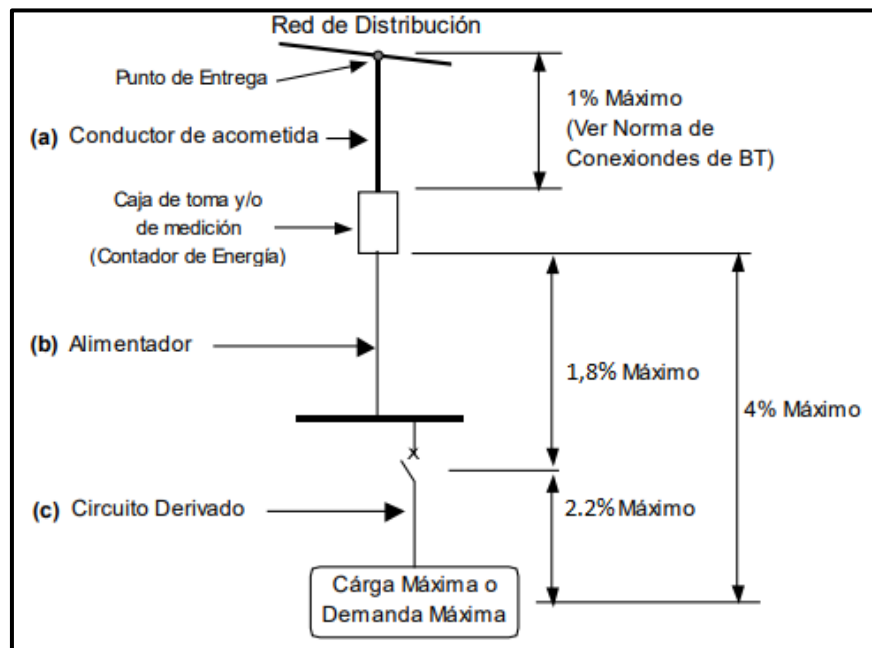


Figura 4. Caídas de tensión máxima admisible

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2008)

Para determinar la sección mínima del conductor con los porcentajes anteriormente establecidos. Se toma en cuenta la longitud, corriente de diseño, factor de potencia y tensión del sistema. (Mujal, 2002). Dando como resultado la expresión:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I_d \times \text{Cos}\phi}{\Delta V \times V}$$

Donde S es sección transversal (mm²), ρ es resistividad del cobre ($0.0172 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$), L es longitud (m), $\text{Cos}\phi$ es factor de potencia, ΔV es % de caída de tensión y V es tensión del sistema (V).

Modelo OSI aplicado al entorno OT: Hace referencia a la arquitectura de interconexión en sistemas abiertos, a los cuales se les conoce como OSI (Open System Interconnection).

El enfoque al entorno OT (Tecnología de Operación) lo aplica en 5 capas:

Capa 1: Campo - Muestra el nivel más bajo, donde se encuentran los equipos relacionados con el medio físico, encargados de recopilar la información del campo (Salazar y Correa, 2011).

Capa 2: Control - Encargada del direccionamiento de las variables, acceso a los instrumentos, detección de errores y distribución de tramos para el control del flujo (Andres, 2005).

Capa 3: Supervisión - Identifica los enrutamientos para una o más redes. Usando los datos captados para reflejarlo en una plataforma e interactuar remotamente (Alcocer Quinteros et al., 2020).

Capa 4: Operación - Recolecta y almacena la data en un centro de datos, para analizar las variables recopiladas a lo largo del tiempo y contribuir a la toma de decisiones necesarias (Toledo y Narváez, 2017).

Capa 5: Información - Establece y mantiene un enlace de comunicación entre una estación o más, así mismo permite monitorear variables desde cualquier acceso a la nube, permitiendo transmitir datos de cualquier índole (Castellanos, 2012).

A continuación, la figura 5 muestra la topología en el entorno OT, mostrando el nivel 0 donde se encuentran los sensores; nivel 1 donde están los equipos de control como PLC; el nivel 2 donde está el sistema de supervisión como SCADA; nivel 3, donde están los sistemas de operación como la base de datos y finalmente el nivel 4 donde está la red de información que transmite la data a la nube y puede ser accedida desde cualquier dispositivo con acceso a la misma.

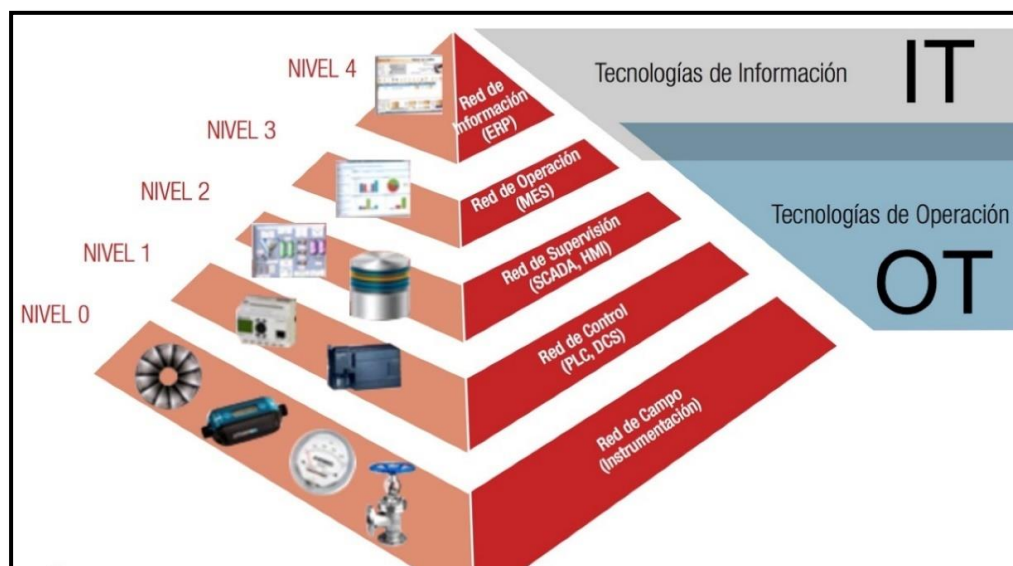


Figura 5. Pirámide de Automatización

Fuente: (Alcocer Quinteros et al., 2020)

Hardware y software en sistemas automatizados: Si bien existe un sin número de marcas diversas en el mercado, todas estas se integran en definiciones de forma única, las cuales son:

RTU: Establecida como la Unidad Remota Terminal, encargándose de recopilar los datos de los elementos finales (sensores) y retransmitiendo a la unidad central (Nuratch, 2018).

PLC: Los PLC (Programmable Logic Controller), son los equipos encargados de controlar el proceso, bajo comandos previamente establecidos. Hoy en día un PLC también se encuentra compacto y definido como un RTU con CPU, disminuyendo espacio y dinero (Farsi, 1995).

IED: Un IED (Intelligent Electronic Devides), es un dispositivo inteligente, con propiedades integradas para desarrollar tareas de control, regulación y comunicación básicas (Casin, 2019).

Sistema SCADA: Se establece como SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), al software capaz de permitir un acceso remoto a un determinado conjunto de variables inmersas en un proceso, pudiendo monitorear y controlar. Todo esto a través de un conjunto de herramientas de comunicación (Haijing et al., 2006).

Sistema ERP – MES: Se denota ERP (Entreprise Resorce Plannig) a la planificación de recursos dentro de una entidad, a base de variables tomadas dentro de un proceso y MES (Manufacturing Execution System) a la gestión de los materiales y/o herramientas necesarias para aplicar en los procesos, así como establecer un stock disponible (Rodríguez, 2013).

Diagrama de instrumentación P&ID: Se llama diagrama P&ID (Piping and instrumentation diagram) al esquema de instrumentos y tuberías, en donde se muestra a toda la instrumentación sobre el flujo de proceso a controlar. Permitiendo relacionar a los elementos encargados en la medición y/o control, con códigos, los cuales comúnmente se les denomina “TAG” de instrumento (Carballo S. y Romero L., 2011).

En la figura 6, se muestra un ejemplo de P&ID, aplicado a las variables de flujo y presión. Mostrando un lazo cerrado gobernado por el controlador PIC, tomado datos de los sensores FT, PT, PE, PI, PT, LSH y LSL; con el objetivo de actuar sobre los actuadores FV, PV y SZ. Permitiendo mantener una variable constante.

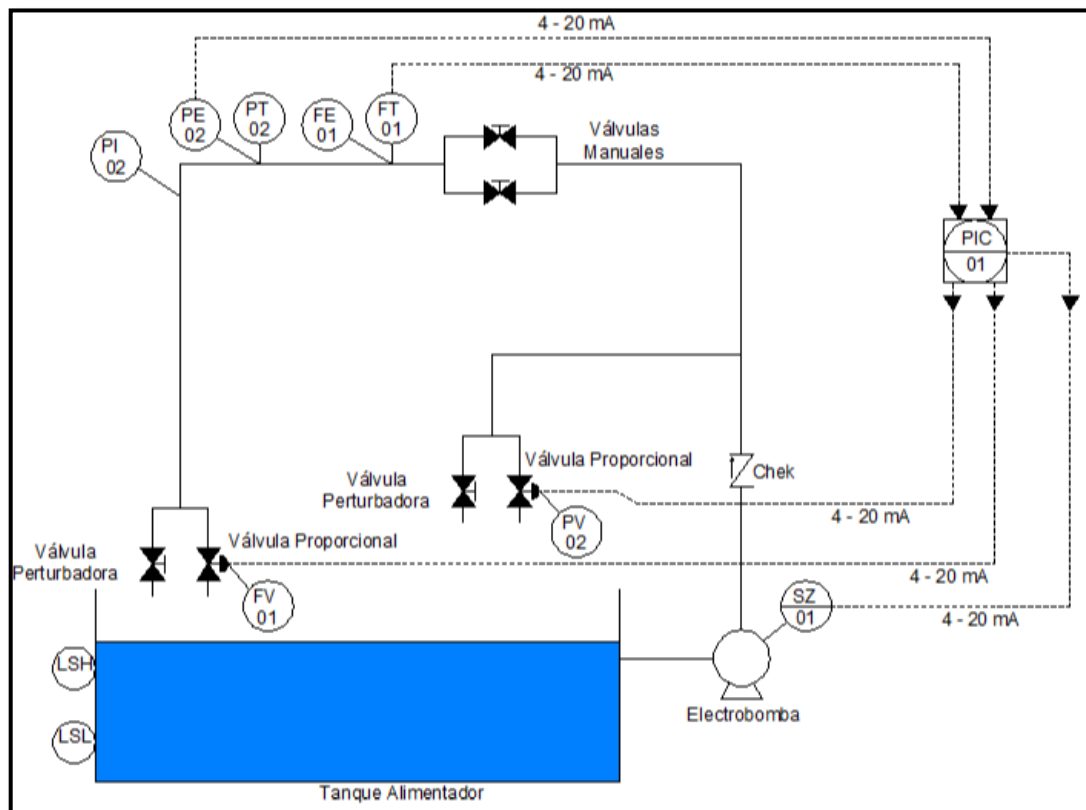


Figura 6. Diagrama P&ID de sistema de control

Fuente: (Alcocer Quinteros et al., 2020)

Los símbolos, abreviaturas y nomenclaturas empleados para un diagrama, se encuentra regido por estándares. Uno de ellos, que viene siendo difundido en el entorno mundial es la denominada, Norma ISA (Instrument Society of América), en especial la S5.1 (Carballo S. y Romero L., 2011).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Se establece como investigación aplicada, ya que se hará uso del método científico, basándose en metodologías, protocolos y tecnologías para dar solución a la problemática establecida (Baudean, 2015).

Diseño de investigación: la naturaleza del proyecto a desarrollar, conlleva a establecer un Diseño Pre-Experimental, dado que se limita el campo aplicativo, anulando la comparación con otros grupos. Por lo que se analizan solo las variables declaradas.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente: Diseño del Sistema de Bombeo Automatizado.

Variable dependiente: Suministro de agua potable.

Las tablas de operacionalización de variables, se presenta en el Anexo 1.

3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población (N): Todos los tipos de sistemas de bombeo y accionamientos para suministrar agua potable.

Muestra (n): Sistema de bombeo de agua potable con bomba sumergible y accionamiento automático.

Muestreo (x): No probabilístico, por juicio propio.

Unidad de análisis (UA): Sistema de bombeo con bomba sumergible y accionamiento automático para suministrar agua potable.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

- **Observación:** se hizo uso del paso primordial del método científico. El cual en primera instancia nos brinda la información, de la necesidad básica respecto al acceso del recurso hídrico más importante para el ser humano. Así mismo esta circunstancia crea un conjunto de costos elevados, respecto al modo de operación para la adquisición de esta sustancia, lo cual impacta negativamente sobre los habitantes. Mediante esta técnica se logra evaluar las condiciones de campo, la necesidad latente y las disposiciones pertinente. Por lo que se desarrolló una visita en campo en los establecimientos donde se proyecta instalar el sistema de bombeo de agua potable.
- **Entrevista:** habiéndose observado la problemática se realiza una entrevista con un contacto cercano a la administración de la entidad, para validar la información adquirida en campo, todo esto necesario para el procesamiento de la información.
- **Análisis documental:** la presente investigación hace uso de las fuentes primarias brindadas, evaluando los planos de detalle de las diferentes zonas de presión, el estado de las pruebas de aforo realizada, la lotización de la urbanización y las longitudes proyectadas para el sistema. Así mismo se hace uso de literatura especializada y de normas técnicas vigentes para el diseño del sistema planteado. Tesis, artículos de investigación, manuales y catálogos.

Instrumentos de recolección de datos:

- **Guía de observación:** consta de una serie de anotaciones previamente seleccionadas, de la información básica y necesaria, respecto a los puntos precisos en donde se proyecta implementar el diseño propuesto.
- **Cuestionario:** se hace uso de un conjunto de preguntas establecidas, de los datos y requerimientos solicitados para realizar el respectivo diseño.
- **Ficha de registro de datos, libros, artículos, manuales, catálogos:** se hace uso del registro de los datos predominantes para el desarrollo de la investigación. Los cuales servirán como base fidedigna para la posible implementación del diseño propuesto. Así mismo se emplea literatura especializada para las temáticas comprendidas en la investigación.

La tabla resumen de las técnicas e instrumentos de la recopilación de datos, se presenta en el Anexo 2.

Validación y confiabilidad:

- El desarrollo y los cálculos obtenidos se encuentran validados por las normas estándares vigentes, tales como: Código Nacional Eléctrico (CNE), Norma Técnica Peruana (NTP) y Comisión de Electrotecnia Internacional (IEC).
- La documentación es validada por ingenieros especialistas en la temática, en función a criterios de la solución establecida.

3.5 Procedimientos

La presente investigación es realizada mediante las siguientes etapas que se detalla a continuación:

- **Recolección de datos:** se realizó una visita en campo para solicitar información relevante para la investigación, tales como: número de lotes, manzanas, zona de presiones, características del pozo, disposición de terreno y cotas de terreno.
- **Esquematar:** en función a la información recolectada y a las necesidades, se estableció las características morfológicas del sistema, plasmandolas mediante diagramas de emplazamiento, los cuales fueron establecidos para el sistema de bombeo, accionamiento eléctrico y de control automático.
- **Diseño y selección:** se desarrolló el lineamiento paramétrico para los conceptos del sistema de bombeo, accionamiento eléctrico y de control automático. Todos estos siguiendo literaturas especializadas y normas vigentes.
- **Programación:** se desarrolló las configuraciones necesarias emuladas en PLC, y Sistema SCADA, en función a las normativas vigentes y a los parámetros de operación requeridos.
- **Análisis económico:** según los recursos de ingresos y egresos se proyectó un flujo de caja, el cual es analizado con el objetivo de evaluar la viabilidad de la investigación planteada. Así mismo se hace uso de indicadores como el VAN, TIR y B/C.

3.6 Método de análisis de datos

La presente investigación utiliza métodos cuantitativos para obtener resultados de razón numéricos. Según lo estipulado, en la Figura. 1, se presenta el diagrama de proceso planteado para la obtención de resultados, mostrando sus diferentes etapas, que comprende este mismo.

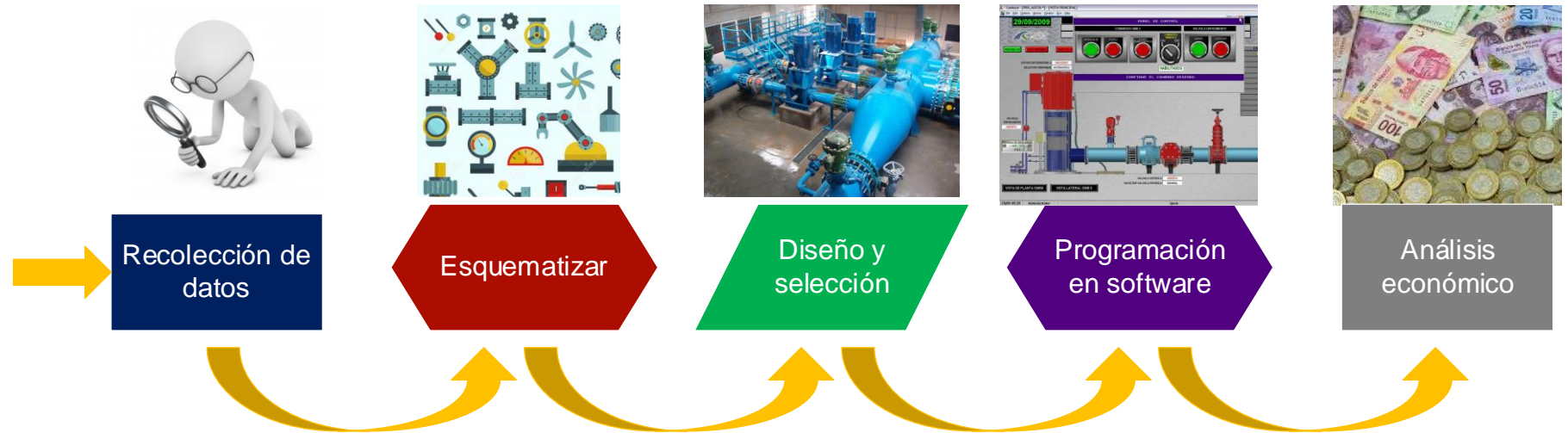


Figura 7. Proceso para el desarrollo de la investigación

Fuente: Elaboración propia

3.7 Aspectos éticos

Se presentan los siguientes lineamientos éticos aplicados al desarrollo de la presente investigación:

- ❖ Respetar los derechos de autor presentados en los antecedentes, teorías, figuras y tablas. Empleando la información únicamente como respaldo teórico de la investigación.
- ❖ Se respeta la información recopilada según las características presentes en campo, y son tomadas únicamente con carácter de investigación.
- ❖ La investigación presenta validéz científica que contribuye a la sociedad, el cual es aplicado a un proceso específico, el mismo que puede ser estudiado para su implementación en aplicaciones con temáticas que guarden semejanzas.
- ❖ El archivo de la investigación se encontrará disponibles para todas las personas sin discriminar sexo, raza, religión, educación, política u otra razón.

IV. RESULTADOS

4.1 Desarrollo del análisis morfológico para un sistema de bombeo de pozo tubular

4.1.1 Análisis de datos recopilados

A continuación se detallan las condiciones iniciales de la investigación, de tal manera que se pueda contextualizar la problemática establecida. Todo esto, haciendo uso de la recopilación de los datos adquiridos. Cabe resaltar que los datos recopilados que se muestran, son consecuencia de la visita en campo realizada, la entrevista con el contacto administrativo y el análisis de la documentación adquirida.

La urbanización (Urb.) en cuestión se encuentra distribuida en 6 etapas. Estas mismas se dividen en 4 zonas de presión, las cuales son distribuidas según las cotas geográficas del terreno. Actualmente se cuenta con un pozo de agua denominado PZ-01 el cual abastece al reservorio existente (RV) y con estos mismos se logra abastecer a la zona de presión 1.

El crecimiento esporádico de la población en la urbanización, conllevó a copar rápidamente la zona de presión 2 (ZP-2), la cual a la fecha no cuenta con una fuente de agua potable de servicio continuo. Sin embargo, para poder abastecer a esta zona, se hace uso de agua brindada por camiones cisternas de origen privado. Esta agua adquirida por este medio, tiene un valor de S/. 10 cada m³, lo cual es un costo excesivo en comparación por la tarifa establecida en el sector por la entidad pública que brinda agua, la cual es fijada a S/. 3.74 cada m³. Expuesto esto, los gastos generados a la administración de la urbanización son demasiado elevados. Además se precisa que el agua comprada a camiones cisternas, de origen privado, no garantizan tener condiciones óptimas para admitir al recurso

hídrico como una sustancia efectivamente habilitada para el consumo humano.

Tal cual se ah detallado anteriormente, la zona afectada por la falta del recurso hídrico es la zona de presión 2, la cual dentro de su alcance, contempla las etapas I, II, IV, V y VI. Teniendo dentro de estas mismas un total de 783 lotes. A continuación en la figura 4, se muestra, dentro del plano topográfico de la urbanización, la zona de presión afectada, la cual se encuentra sombreada de color verde; la misma que también muestra las diferentes etapas que contiene ésta.

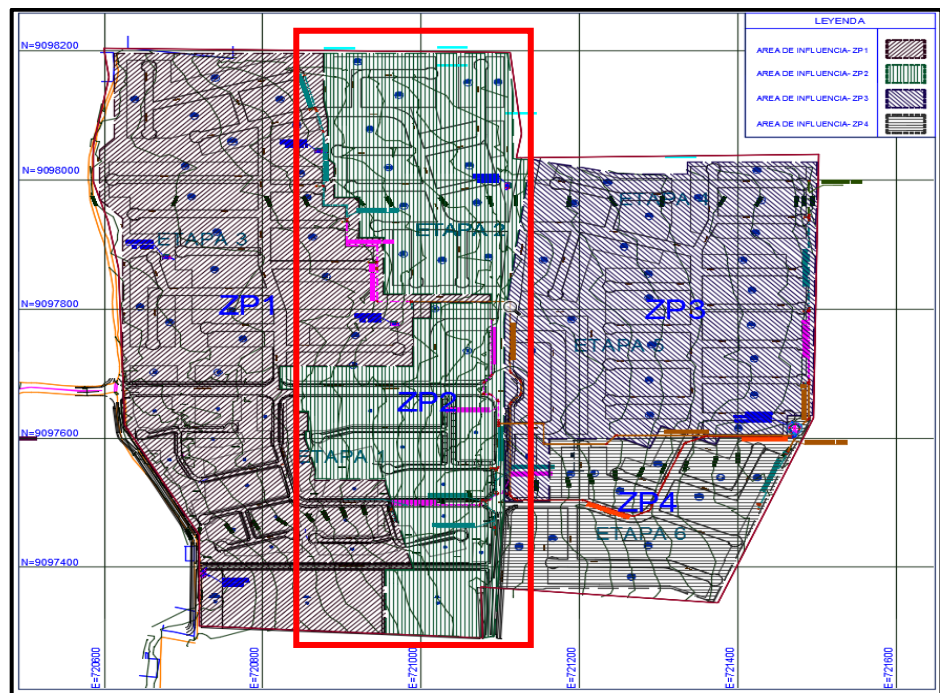


Figura 8. Distribución de etapas en Urb.

Fuente: Plano topográfico de Urb.

Como se ha mencionado anteriormente la zona de presión 2 consta de 783 lotes, los cuales están inmersos en etapas y distribuidos en 37 manzanas, a continuación la tabla 1, muestra la distribución de estos lotes en la Urb. Se toma como fuente la lotización realizada por la misma.

Tabla 1. Lotes comprendidos en Zona de presión 2

Fuente: Lotización de Urb.

ZONA DE PRESIÓN 2					
ETAPA	MANZANA	LOTES	ETAPA	MANZANA	LOTES
ETAPA I	L	32	ETAPA IV	BN	10
	N	8		BO	8
	O	4		BR	8
	P	48		BS	10
	Q	31		BT	6
	R	35		BU	6
	U	38		BV	6
ETAPA II	V	8	ETAPA V	BW	10
	Z	8		BX	20
	AG	28		BY	10
	AH	28	ETAPA VI	BZ	6
	AI	14		CA	8
	AN	25		CB	15
	AÑ	21		CD	8
	AQ	35		CE	20
	AR	27		CF	8
	AU	27			
	AX	13			
	AY	46			
	AZ	29			
	BE	119			
TOTAL, DE LOTES PARA ZP-2					783

Así mismo la urbanización actualmente cuenta con un pozo perforado y aforado desde el año 2018. El cual cumple con las condiciones necesarias para suministrar agua potable a la población de la ZP-2. A continuación se detallan las características que presenta el pozo correspondiente.

El nivel estático, a la cual se encuentra agua, respecto a nivel de terreno es de 10.10 metros. El pozo comprende una longitud total de profundidad de 60 metros. Este mismo contiene un caudal explotable de 27 l/s. Estableciéndose que el nivel dinámico de este es de 26.14 metros. Según el análisis de aguas

realizado, es pertinente ubicar la bomba a 42 metros de profundida.

La justificación de la ubicación de la bomba, es generado por el análisis de litología del agua obtenida. El cual se muestra como resumen en la tabla 2, describiendo las condiciones del agua en particular a diferentes niveles de profundidad.

Tabla 2. Resultados de Litología

Fuente: Informe de aforo del pozo

LITOLOGÍA DE CAMPO	
Profundidad	Descripción del material
00.00 – 10.10 m.	Arena fina
10.00 – 12.00 m.	Arena fina, con presencia de limo
12.00 – 14.00 m.	Arena fina, con presencia de limo
14.00 – 22.00 m.	Arena fina, con presencia de limo
22.00 – 43.00 m.	Poca presencia de arena, canto rodado (Cascajo)
43.00 – 52.00 m.	Arena, cascajo, arcilla
52.00 – 60.00 m.	Arena, arcilla y poca presencia de grava.

Del mismo modo la tabla 3, muestra los ensayos de permeabilidad y cuentas por segundo (CPS) en función a la profundidad del pozo.

Tabla 3. Resultados de permeabilidad

Fuente: Informe de aforo del pozo

PERMEABILIDAD	TIPO (OHMIOS-METRO Y CPS)	INTERVALO (m)
Alta	7.00 a 14.00 CPS	0.00 – 7.00 m
	8.00 a 13.00 CPS	7.00 – 14.00 m
	7.00 a 11.00 CPS	14.00 – 28.00 m
Mediana	13.00 a 16.00 CPS	4.00 – 8.00 m
	13.00 a 16.00 CPS	8.00 – 18.00 m
	13.00 a 14.00 CPS	18.00 – 29.00 m
Favorable para Acuífero	4.00 a 11.00 CPS	30.00 – 44.00 m
Bajo no favorable	10.00 a 14.50 CPS	44.00 – 50.00 m

Para obtener el caudal de explotación se realizó las pruebas de bombeo correspondiente, las cuales comprendieron en 72 horas de trabajo. Siendo estas distribuida en 36 horas de bombeo para limpieza, 12 horas de rendimiento de aforo y 24 horas de pruebas a caudal constante. Del rendimiento obtenido se presenta la tabla 4, la cual muestra el caudal de explotación adecuado para el pozo.

Tabla 4. Pruebas de rendimiento en pozo

Fuente: Informe de aforo del pozo

PRUEBAS DE RENDIMIENTO				
Fecha:	07 al 10 de julio 2018			
N.E./s	10.10			
Régimen	N.E/Suelo estático(m)	Caudal (l/s)	N.E/Suelo dinámico(m)	Arenamiento (mg/l)
	10.10	00.00		
I		20.00	15.60	<0.10
II		30.00	22.70	<0.10
III		27.00	26.14	<0.10
IV		29.00	29.10	<0.10

Así mismo el pozo perforado y aforado también cuenta con un estudio de calidad de agua en el cual se aplicó un análisis microbiológico y fisicoquímico, de donde se obtienen los resultados que se presentan en la tabla 5. Mostrando efectivamente que presenta características para ser potabilizada.

Tabla 5. Resultados de calidad de agua

Fuente: Informe de aforo del pozo

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Bacterias Heterotróficas	1400 UFC/mL
2	Coliformes	11 NMP/100 mL
3	Dureza °F	300 mg/L
4	Na(+K) ^o	100 mg/L
5	SO ₄	280 mg/L
6	Ca	95 mg/L
7	HCO ₃	140 mg/L
8	Ph	7.6 (casi neutro)

4.1.2 Análisis morfológico

A continuación se desarrolla el análisis morfológico, para determinar las características propias del sistema proyectado en función al contexto donde se desea plantear la solución.

Para desarrollar el presente análisis se hace uso del método analítico-combinatorio creado en 1969 por F. Zwicky (Reyes, 2010).

Dicho método se presenta en 3 etapas las cuales son: diseño conceptual, diseño de configuración y diseño de configuración combinado.

A) Diseño conceptual

Mediante este proceso se definen las características del sistema planteado, el cual es evaluado en función a criterios propios establecidos según las necesidades. A continuación se establecen los requerimientos mínimos necesarios:

- El agua captada del pozo debe ser llevada, a través de un sistema de impulsión, desde el nivel dinámico del pozo, hasta el reservorio existente.
- El sistema planteado debe garantizar una explotación de 27 l/s, de tal manera que sea aprovechado en su totalidad.
- El arranque del sistema de impulsión debe garantizar un adecuado consumo energético.
- El sistema de impulsión debe tener la capacidad de ser monitoreado y controlado desde una sala de control a distancia.
- El sistema deberá contener elementos de protección tales como: línea de alivio, apagado por nivel bajo, apagado por sobre presión.

- El sistema planteado deberá monitorear en tiempo real, las variables físicas del proceso, tales como: flujo, presión, nivel y estados de operación.
- El sistema deberá tener la capacidad de poder establecer tareas secuenciales, para el encendido del sistema.
- El sistema propuesto debe tener protección ante eventuales caídas de tensión, inversión de fases y asimetría de fases.

Para establecer el concepto de un diseño, se hace uso de los requerimientos mínimos necesarios, los cuales son los pilares para establecer los criterios de evaluación más relevantes. Así mismo, es indispensable darles un porcentaje de importancia, en función al impacto de estos sobre la aplicación. Se establece que para lograr un análisis óptimo, es importante resumir los criterios y establecer entre 7 y 10 ítems (Pedraza y Rosas, 2011).

Para esta investigación se establecen 7 criterios a los cuales se les aplica un porcentaje de importancia, que sumados en su totalidad resultan el 100%, todo esto según los requerimientos establecidos:

- **Transporte de fluido** (15%): hace referencia a la importancia para llevar al fluido de un lugar a otro, considerando pérdidas y condiciones de trabajo.
- **Explotación de caudal** (20%): hace referencia a la importancia de explotar la fuente de agua en su totalidad, de tal manera que se trabaje en un punto eficiente.
- **Arranque óptimo** (10%): se enfoca en la forma de realizar el arranque del elemento primordial, para este

caso la bomba, la cual debe realizarse generando un bajo consumo energético.

- **Monitoreo y control remoto** (20%): aplica de manera directa, a la operación y monitoreo de la estación. Contemplando el análisis de las variables físicas del proceso.
- **Protección hidráulica** (15%): considera las protecciones pertinentes para el accionamiento hidráulico ante eventos no deseados de tal manera que se proteja la integridad de los activos.
- **Secuencia de horarios** (5%): se enfoca en la configuración de secuencias de encendidos predeterminadas para que el sistema opere de forma automática.
- **Protección eléctrica** (15%): considera la protecciones necesarias para el sistema eléctrico el cual debe accionar de manera instantanea ante eventos no deseados.

En función a los criterios establecidos, se presentan 2 alternativas de solución para ser analizadas, las cuales son un sistema de bombeo automatizado y un sistema de bombeo no automatizado. Para este proceso se evalúa las posibles soluciones mediante ponderados establecidos, los cuales se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Ponderados para evaluación de criterios

Fuente: Elaboración propia

PONDERADO	
Malo	1
Regular	2
Bueno	3
Excelente	4

Dicha tabla se interpreta de la siguiente manera:

- **Malo = 1:** no aplica a las condiciones de trabajo.
- **Regular = 2:** aplica a las condiciones de trabajo, pero con bastantes deficiencias.
- **Bueno = 3:** cumple con la aplicación, pero no en su totalidad de forma eficiente.
- **Excelente = 4:** aplica a las condiciones de operación de forma eficiente.

En la tabla 7, se muestra el desarrollo de la evaluación de los dos sistemas propuesto. Los cuales son sometidos a los criterios previamente establecidos. A estos mismos se les asigna un peso correspondiente en función a la importancia o relevancia pertinente para la aplicación, de acuerdo a los requerimientos antes señalados. Posterior a esto se asigna el ponderado correspondiente. Sometiendo a evaluación y haciendo la tabulación correspondiente se determina que el sistema más óptimo para las necesidades establecidas es el **sistema de bombeo automatizado**, con un valor de 3.7 referente al cuadro de ponderados, lo que quiere decir que es aplicable según las necesidades y opera de forma eficiente al contexto, donde se desea desarrollar, tal cual se muestra en la tabla mencionada.

Tabla 7. Evaluación de diseño conceptual

Fuente: Elaboración propia

ÍTEM	CRITERIO	IMPORT.	SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO	SISTEMA DE BOMBEO NO AUTOMATIZADO
1	Transporte de fluido	15%	3	3
2	Explotación de caudal	20%	4	3
3	Arranque óptimo	10%	4	3
4	Monitoreo y control remoto	20%	4	1
5	Protección Hidráulica	15%	3	3
6	Secuencia de horarios	5%	4	2
7	Protección eléctrica	15%	4	2
TOTAL		100%	3.7	2.4

B) Diseño de configuración

Teniendo ya establecido la definición conceptual a desarrollar, se procede a evaluar la composición de los principales componentes requeridos para obtener el concepto estipulado. Para esto se establece el procedimiento realizado anteriormente, se hace uso de los ponderados los cuales son asignados a las características más relevantes de los componentes. Los componentes más relevantes que serán sometidos a evaluación son: bomba de agua, bomba de cloro, tubería de árbol de impulsión, tubería de línea de impulsión, válvula de purga, válvula de alivio, tablero de fuerza, tablero de control, medidor de nivel, medidor de presión y medidor de flujo.

a) Bomba de agua

Como se ha mencionado anteriormente la aplicación donde se desarrolla la investigación es en un pozo de agua subterránea, para lo cual, a continuación se presentan 3 propuestas de solución con sus respectivas características, las cuales serán sometidas a evaluación para la definición de la más óptima para el proceso. Se presentan soluciones típicas para sistemas de bombeo de agua.

- **Bomba centrífuga** (Pedrollo, 2020a).
 - **Prestaciones:** caudal hasta 9.3 m³/h, altura hasta 56 m.
 - **Aplicación:** agua limpia; uso doméstico y civil; instalación en lugares cerrados y protegidos.
 - **Límites de uso:** aspiración hasta 7 m; temperatura del líquido -10°C / +40°C; Presión en cuerpo hasta 10 bar.
 - **Costo:** bajo.

- **Bomba multietapa vertical** (Pedrollo, 2020b).
 - **Prestaciones:** caudal hasta 10.8 m³/h, altura hasta 105 m.
 - **Aplicación:** agua limpia; uso doméstico, civil e industrial; instalación en lugares cerrados y protegidos; uso continuo.
 - **Límites de uso:** aspiración hasta 7 m; temperatura del líquido -10°C / +60°C; Presión en cuerpo hasta 11 bar; uso continuo.
 - **Costo:** medio.

- **Bomba sumergible tubular** (Pedrollo, 2020c).
 - **Prestaciones:** Caudal hasta 126 m³/h, altura hasta 238 m.
 - **Aplicación:** agua limpia y acepta arenación que no supere a 150 g/m³; uso doméstico, civil e industrial, con alto rendimiento.
 - **Límites de uso:** temperatura del líquido +35°C; presión en cuerpo hasta 20 bar (profundidad bajo el agua); funcionamiento vertical; uso continuo; 20 arranques/h; enfiamiento 8cm/s.
 - **Costo:** alto.

Con los ponderados establecidos anteriormente y los pesos correspondientes, se procede a evaluar las alternativas definidas. Mostrándose en la tabla 8, en la cual se obtiene como resultado, que la bomba más óptima para la aplicación es la bomba sumergible tipo tubular.

Tabla 8. Evaluación: bomba de agua

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Prestaciones	Aplicación	Límites de uso	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Bomba Centrífuga	1	1	1	4	1.6
Bomba Multietapa vertical	3	4	2	3	2.9
Bomba Sumergible tubular	4	4	4	2	3.6

b) Bomba de cloro

Todo sistema de bombeo de agua subterránea, según las normas regidas por las entidades públicas, deben ser cloradas, esto para lograr la desinfección correspondiente del recurso. A continuación se presentan 3 propuestas de solución. Las cuales son aplicadas para sistemas típicos a la necesidad.

- **Bomba centrífuga** (Pedrollo, 2020a).
 - **Prestaciones:** caudal hasta 9.3 m³/h, altura hasta 56 m.
 - **Aplicación:** agua limpia; uso doméstico y civil; instalación en lugares cerrados y protegidos.
 - **Límites de uso:** aspiración hasta 7 m; temperatura del líquido -10°C / +40°C; Presión en cuerpo hasta 10 bar.
 - **Costo:** bajo.

- **Bomba multietapa vertical** (Pedrollo, 2020b).
 - **Prestaciones:** caudal hasta 10.8 m³/h, altura hasta 105 m.
 - **Aplicación:** agua limpia; uso doméstico, civil e industrial; instalación en lugares cerrados y protegidos; uso continuo.
 - **Límites de uso:** aspiración hasta 7 m; temperatura del líquido -10°C / +60°C; Presión en cuerpo hasta 11 bar; uso continuo.
 - **Costo:** medio.

- **Bomba booster** (Pedrollo, 2021).
 - **Prestaciones:** Caudal hasta 54 m³/h, altura hasta 138 m.
 - **Aplicación:** silenciosa y bajo consumo energético; presurización de línea; prestaciones elevadas; alta eficiencia; uso industrial.
 - **Límites de uso:** temperatura del líquido -15°C / +90°C; presión en cuerpo hasta 12 bar; uso continuo.
 - **Costo:** medio.

Con los ponderados establecidos anteriormente y los pesos correspondientes, se procede a evaluar las alternativas definidas. Mostrándose en la tabla 9, en la cual se obtiene como resultado, que la bomba más óptima para la aplicación es la bomba booster, con un valor de 3.8 respecto al ponderado.

Tabla 9. Evaluación: bomba de cloro

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Prestaciones	Aplicación	Límites de uso	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Bomba Centrífuga	2	2	2	4	2.4
Bomba Multietapa vertical	3	3	3	3	3
Bomba Booster	4	4	4	3	3.8

c) Tubería de árbol de impulsión

Esta tubería comprende desde la ubicación de la bomba, en el pozo profundo, hasta el arreglo mecánico predispuesto en la caseta de bombeo ubicada a nivel de terreno. A continuación se presentan 3 alternativas, las cuales son empleadas en función a la necesidad.

- **Tubería de acero SCH40** (Fiorella representaciones, 2020a).
 - **Propiedades mecánicas:** resistencia de tracción 350 MPa; Fluencia 220 MPa.
 - **Aplicación:** acondicionada para esfuerzos mecánicos y altas prestaciones, uso ordinario para vapor, agua, gas y líneas de aire.
 - **Adaptación (Adapt.):** apta para soldar y roscada; vida útil en función al uso y condiciones de montaje.
 - **Costo:** medio.

- **Tubería inoxidable ASTM A270** (Fiorella representaciones, 2020b).
 - **Propiedades mecánicas:** resistencia de tracción 205 MPa; Fluencia 200 MPa.
 - **Aplicación:** principalmente aquellas que requieren especificación sanitaria, industria farmacéutica, alimentos, cosméticos y bebidas.
 - **Adaptación (Adapt.):** soldado en 270 ASTM; con costura; gradode pulido 320G
 - **Costo:** alto.

- **Tubería HDPE** (Tigre, 2020).
 - **Propiedades mecánicas:** resistencia de tracción 405 MPa; Fluencia 320 MPa.
 - **Aplicación:** agua, minería, gas, marina, químico, drenaje, riego.
 - **Adaptación (Adapt.):** baja permeabilidad, resistencia química, larga vida útil (garantía 50 años)
 - **Costo:** alto.

Se procede a realizar la evaluación de la tubería en el árbol de impulsión. Mostrándose en la tabla 10, en la cual se obtiene como resultado, que la tubería más óptima para la aplicación es la de acero SCH40, con un valor de 3.4 respecto al ponderado.

Tabla 10. Evaluación: tubería de árbol de impulsión

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Propiedades mecánicas	Aplicación	Adapt.	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Tubería de acero SCH40	3	4	3	4	3.4
Tubería inoxidable ASTM A270	3	2	2	3	2.5
Tubería HDPE	4	3	3	3	2.4

d) Tubería de línea de impulsión

Esta tubería comprende desde la salida de la caseta de impulsión, hasta la llegada al reservorio. A continuación se presentan 3 alternativas, las cuales son empleadas en función a las necesidades.

- **Tubería de acero SCH40** (Fiorella representaciones, 2020a)
 - **Propiedades mecánicas:** resistencia de tracción 350 MPa; Fluencia 220 MPa.
 - **Aplicación:** acondicionada para esfuerzos mecánicos y altas prestaciones, uso ordinario para vapor, agua, gas y líneas de aire.
 - **Adaptación (Adapt.):** apta para soldar y roscada; vida útil en función al uso y condiciones de montaje.
 - **Costo:** medio.

- **Tubería PVC – Clase 10** (Duratec Vinilit, 2016).
 - **Propiedades mecánicas:** resistencia de tracción 500 kg*f/cm²; alargamiento de ruptura >80%; módulo de elasticidad 30000 kg*f/cm².
 - **Aplicación:** aprobado para suministro y distribución de agua
 - **Adaptación (Adapt.):** montaje roscado o embone; vida útil 70-100 años; resistencia a la corrosión, resistencia a ciertos agentes químicos, rápida instalación
 - **Costo:** bajo.

- **Tubería HDPE** (Tigre, 2020).
 - **Propiedades mecánicas:** resistencia de tracción 405 MPa; Fluencia 320 MPa.
 - **Aplicación:** agua, minería, gas, marina, químico, drenaje, riego.
 - **Adaptación (Adapt.):** baja permeabilidad, resistencia química, larga vida útil (garantía 50 años)
 - **Costo:** alto.

Se procede a realizar la evaluación de la tubería de la línea de impulsión. Mostrándose en la tabla 11, en la cual se obtiene como resultado, que la tubería más óptima para la aplicación es la de PVC – Clase 10.

Tabla 11. Evaluación: tubería en línea de impulsión

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Propiedades mecánicas	Aplicación	Adapt.	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Tubería de acero SCH40	3	2	1	2	2
PVC Clase 10	3	4	4	4	3.7
Tubería HDPE	4	3	3	1	2.4

e) Válvula de purga

Esta válvula es aplicada en pozos profundos con el objetivo de eliminar desechos generados en el pozo, por la falta de operación. Por lo cual es accionada por un determinado tiempo, antes de inyectar el agua a la línea de impulsión. A continuación se presentan 3 alternativas.

- **Válvula de globo hidráulica** (BERMAD Waterworks, 2017)
 - **Propiedades en cuerpo:** doble cámara; conjunto de diafragma y pistón; disco de cierre; presión de trabajo hasta 400 PSI; cuerpo y actuador de hierro dúctil.
 - **Aplicación:** abastecimiento de agua, protección contra incendios, industria petrolera, riego, medición de consumo.
 - **Montaje:** equipo pesado, requiere teclé; bridados; generar acondicionamiento de dados para soportar peso.
 - **Costo:** medio.

- **Válvula mariposa** (BRAY INTERNATIONAL INC., 2021)
 - **Propiedades en cuerpo:** presión máxima 175 PSI; hierro fundido ASTM A126; disco en hierro dúctil ASTM A536 recubierto en nylon 11; vástago inoxidable 416.
 - **Aplicación:** para suministro y distribución de agua; líquidos no corrosivos sin sólidos en suspensión.
 - **Montaje:** tipo lug; peso ligero; montaje con esparragos, montaje en tubería libre.
 - **Costo:** bajo.

- **Válvula cuchilla** (BRAY INTERNATIONAL INC., 2018)
 - **Propiedades en cuerpo:** presión de trabajo desde 3 bar hasta 16 bar; cuerpo de hierro dúctil; diseño de autolimpieza; asientos de elastómeros;
 - **Aplicación:** para control de fluidos en general, con sólidos en suspensión, industria de agua, alimentos y distribución de líquidos abrasivos
 - **Montaje:** equipo pesado; requiere teclé; montaje sobre bridas; de preferencia en transiciones.
 - **Costo:** alto.

Se procede a realizar la evaluación de la válvula de purga. Mostrándose en la tabla 12, en la cual se obtiene como resultado, que la válvula más óptima, es la de tipo mariposa.

Tabla 12. Evaluación: válvula de purga

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Propiedades en cuerpo	Aplicación	Montaje	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Válvula de globo hidráulica	4	3	2	3	3
Válvula mariposa	3	4	4	4	3.7
Válvula cuchilla	4	3	2	3	3

f) Válvula de alivio

Esta válvula es aplicada en pozos profundos con el objetivo de disipar sobrepresiones en la línea de impulsión y aliviar ondas de depresión ante apagados inesperados del sistema de bombeo, los cuales pueden causar rupturas de las tuberías y peligros en los activos del proceso. A continuación se presentan 3 alternativas, para ser evaluadas.

- **Válvula de globo hidráulica** (BERMAD Waterworks, 2017)
 - **Propiedades en cuerpo:** doble cámara; conjunto de diafragma y pistón; disco de cierre; presión de trabajo hasta 400 PSI; cuerpo y actuador de hierro dúctil.
 - **Aplicación:** abastecimiento de agua, protección contra incendios, industria petrolera, riego, medición de consumo.
 - **Montaje:** equipo pesado, requiere teclé; bridados; generar acondicionamiento de dados para soportar peso.
 - **Costo:** medio.

- **Válvula mariposa** (BRAY INTERNATIONAL INC., 2021)
 - **Propiedades en cuerpo:** presión máxima 175 PSI; hierro fundido ASTM A126; disco en hierro dúctil ASTM A536 recubierto en nylon 11; vástago inoxidable 416.
 - **Aplicación:** para suministro y distribución de agua; líquidos no corrosivos sin sólidos en suspensión.

- **Montaje:** tipo lug; peso ligero; montaje con espárragos, montaje en tubería libre.
 - **Costo:** bajo.
- **Válvula cuchilla** (BRAY INTERNATIONAL INC., 2018)
 - **Propiedades en cuerpo:** presión de trabajo desde 3 bar hasta 16 bar; cuerpo de hierro dúctil; diseño de autolimpieza; asientos de elastómeros;
 - **Aplicación:** para control de fluidos en general, con sólidos en suspensión, industria de agua, alimentos y distribución de líquidos abrasivos.
 - **Montaje:** equipo pesado; requiere teclé; montaje sobre bridas.
 - **Costo:** alto.

Se procede a realizar la evaluación de la válvula de purga. Mostrándose en la tabla 13, en la cual se obtiene como resultado, que la más óptima, es la válvula de globo hidráulica.

Tabla 13. Evaluación: válvula de alivio

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Propiedades en cuerpo	Aplicación	Montaje	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Válvula de globo hidráulica	4	3	2	3	3.2
Válvula mariposa	3	1	3	4	2.8
Válvula cuchilla	4	1	2	3	2.6

g) Tablero de fuerza

En función a las necesidades establecidas y el funcionamiento requerido se plantean tres alternativas de solución, de tal manera que puedan ser sometidas a evaluación. A continuación, se presentan dichas propuestas con sus respectivas características principales:

- **Tablero tipo autosoportado** (Rittal The System, 2019).
 - Costo elevado - S/. 2800 a S/. 3500, solo tablero.
 - Peso y volumen bajo – 300kg / 1.5m³.
 - Tiempo extenso de diseño – 10 días.
 - Tipo de aplicación: variada específicamente para sistemas de fuerza.
 - Requiere alta gestión logística – necesita de diversos equipos para su diseño.
 - Acepta voltajes: 600vac y 350vcc.
 - Frecuencia: 50/60Hz.
 - Para sistemas bifásicos, monofásicos y trifásicos.

- **Tablero tipo adosado** (Rittal The System, 2019).
 - Costo bajo - S/. 500 a S/. 850, solo tablero.
 - Peso y volumen bajo – 60kg / 0.2m³.
 - Tiempo bajo de diseño – 5 días.
 - Tipo de aplicación: para sistemas de control y distribución.
 - Requiere una gestión logística promedio, según la aplicación, varía entre baja y media.
 - Acepta voltajes: 400vac y 150vcc.
 - Frecuencia: 50/60Hz.

- Para sistemas bifásicos, monofásicos y trifásicos.
- **Tablero tipo pupitre** (Rittal The System, 2019).
 - Costo medio - S/. 1000 a S/. 2600, solo tablero
 - Peso y volumen medio – 250kg / 0.5m³.
 - Tiempo medio de diseño – 7 días
 - Tipo de aplicación: específicamente para sistemas de control local (industria).
 - Requiere una gestión logística alta, según la aplicación, los equipos requeridos suelen ser importados
 - Acepta voltajes: 400vac y 150vcc
 - Frecuencia: 50/60Hz
 - Para sistemas bifásicos, monofásicos y trifásicos.

Se procede a realizar la evaluación del tablero de fuerza. Mostrándose en la tabla 14, en la cual se obtiene como resultado, que el tablero de fuerza de tipo autoportado es el más óptimo para cubrir las necesidades.

Tabla 14. Evaluación: tablero de fuerza

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Peso, volumen y logística	Aplicación	Tiempo de diseño	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Tablero autoportado	4	4	3	2	3.3
Tablero adosado	1	1	4	3	2.3
Tablero pupitre	1	1	4	3	2.3

Así mismo como parte de la configuración del tablero seleccionado, se procede a determinar los principales componentes inmersos en el mismo. Para este caso se presentan los componentes siguientes: variador de frecuencia (VDF), analizador de redes (power meters) e interruptor de caja moldeada (breaker).

- **Variador de velocidad (VDF)**

Para poder desarrollar la evaluación, se procede a obtener información de 3 alternativas que sean viables para la aplicación, dicha data es mostrada en la tabla 15.

Tabla 15. Características de VDF

Fuente: Inspirado en (SIEMENS, 2016); (DANFOSS/Drive, 2014); (WEG, 2020)

CARACTERÍSTICAS - VDF						
MARCA	MODELO	Costo Aprox. (S/.)	Filtro RFI Clase A2 embebido	Protocolo digital embebido	Display gráfico LCP	Arranque V/F
SIEMENS	G120	21,300	NO	SI	NO	SI
DANFOSS	FC-102	14,580	SI	SI	SI	SI
WEG	CFW500	19,500	NO	NO	NO	SI

Habiendose declarado las características de los VDF que se presentan como alternativas, se procede a la evaluación de los mismos. Esto se presenta en la tabla 16, en la cual se muestra que el VDF más óptimo para la aplicación es el FC-102 de danfoss.

Tabla 16. Evaluación: VDF

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
MARCA	Costo	Filtro RFI	Protocolo embebido	Display	TOTAL
	30%	30%	25%	15%	100%
SIEMENS	2	1	4	2	2.2
DANFOSS	4	4	4	3	3.85
WEG	3	1	1	3	1.9

- **Analizador de redes (Power meters)**

En la tabla 17 se muestran las 3 alternativas que son viables para la aplicación, así mismo en ella se muestra la data de cada alternativa.

Tabla 17. Características de POWER METTERS

Fuente: Inspirado en (CIRCUTOR, 2014); (SIEMENS INDUSTRY, 2018); (Electric Lovato, 2017)

CARACTERÍSTICAS – POWER METTERS					
MARCA	MODELO	Costo Aprox. (S/.)	Medición 600vac 10A	Protocolo digital embebido	Medida %TDH
CIRCUTOR	CVM.C10	682	SI	SI	SI
SIEMENS	PAC3200	1,800	SI	NO	NO
LOVATO	DMG800	939	SI	SI	NO

Habiendose declarado las características pertinentes, se procede a la evaluación de los mismos. Esto se presenta en la tabla 18, en la cual se muestra que el Power Metters más óptimo para la aplicación es el CVM-C10 de circutor.

Tabla 18. Evaluación: POWER METTERS

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
MARCA	Costo	Medición	Protocolo embebido	%THD	TOTAL
	30%	30%	25%	15%	100%
CIRCUTOR	4	4	4	3	3.85
SIEMENS	1	4	1	3	2.2
LOVATO	2	4	4	1	2.95

▪ **Interruptor de caja moldeada (Breaker)**

En la tabla 19 se muestran las 3 alternativas que son viables para la aplicación, así mismo en ella se muestra la data de cada alternativa.

Tabla 19. Características de BREAKER

Fuente: Inspirado en (Copyright Siemens, 2021); (Schneider Electric, 2020); (Mitsubichi Electric, 2016)

CARACTERÍSTICAS – POWER METTERS					
MARCA	MODELO	Costo Aprox. (S/.)	Corriente regulable	Capacidad ruptura (kA)	1kV
SCHNEIDER	NSX250F TM200D	650	SI	36	SI
SIEMENS	3VA1220 4EF32 0AA0	682	NO	50	SI
MITSHUBISHI	NF250 SGV	430	NO	36	NO

Habiendose declarado las características pertinentes, se procede a la evaluación de los mismos. Esto se presenta en la tabla 20, en la cual se muestra que el Breaker más óptimo para la aplicación es el NSX250F de Schneider.

Tabla 20. Evaluación: BREAKER

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
MARCA	Costo	Capacidad ruptura	Corriente regulable	1kV	TOTAL
	30%	30%	25%	15%	100%
SCHNEIDER	3	4	4	4	3.7
SIEMENS	2	2	2	3	2.15
MITSHUBISHI	4	2	1	3	2.5

h) Tablero de control

En función a las necesidades establecidas y el funcionamiento requerido se plantean tres alternativas de solución, de tal manera que puedan ser sometidas a evaluación. A continuación, se presentan dichas propuestas con sus respectivas características principales:

- **Tablero tipo autoportado** (Rittal The System, 2019).
 - Características mostradas en página 37.
- **Tablero tipo adosado** (Rittal The System, 2019).
 - Características mostradas en página 37.
- **Tablero tipo pupitre** (Rittal The System, 2019).
 - Características mostradas en página 38.

Se procede a realizar la evaluación del tablero de control. Mostrándose en la tabla 21, en la cual se obtiene como resultado, que el tablero de control más óptimo para la aplicación es el de tipo adosado, el cual cubre las necesidades establecidas.

Tabla 21. Evaluación: tablero de control

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Peso, volumen y logística	Aplicación	Tiempo de diseño	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
Tablero autosoportado	1	4	3	2	2.4
Tablero adosado	4	4	4	3	3.8
Tablero pupitre	1	1	4	3	2.3

Así mismo como parte de la configuración del tablero seleccionado, se procede a determinar los principales componentes inmersos en el mismo. Para este caso se presentan los componentes siguientes: controlador lógico programable (PLC), interface máquina hombre (HMI) y router de telemetría (Router VPN).

- **Controlador lógico programable (PLC)**

Para poder desarrollar la evaluación, se procede a obtener información de 3 alternativas que sean viables para la aplicación, dicha data es mostrada en la tabla 22.

Tabla 22. Características de PLC

Fuente: Inspirado en (SIEMENS INDUSTRY, 2012); (Rockwell Automation, 2012); (Yokogawa Electric Corporation, 2017).

CARACTERÍSTICAS - PLC						
MARCA	MODELO	Costo Aprox. (S/.)	Consumo (W)	Función ECC	Protocolo Modbus	DI:16 DO:4 AI:3 AO:2
SIEMENS	S7-1200	1,200	4	NO	NO	SI
ALLEN BRADLEY	1769 L32E	12,200	8	NO	NO	SI
YOKOGAWA	RTU	7,000	2.9	SI	SI	SI

Habiendose declarado las características de los PLC que se presentan como alternativas, se procede a la evaluación de los mismos. Esto se presenta en la tabla 23, en la cual se muestra que el PLC más óptimo para la aplicación es el YOKOGAWA - RTU.

Tabla 23. Evaluación: PLC

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
MARCA	Costo	Protocolo Modbus	Consumo / ECCM	I/O	TOTAL
	30%	30%	25%	15%	100%
SIEMENS	4	1	3	4	2.85
ALLEN BRADLEY	1	1	2	4	1.7
YOKOGAWA	3	4	4	4	3.7

- **Interface máquina hombre (HMI)**

En la tabla 24 se muestran las 3 alternativas que son viables para la aplicación, así mismo en ella se muestra la data de cada alternativa.

Tabla 24. Características de HMI

Fuente: Inspirado en (BRAIND CHILD, 2016); (WEINTEK, 2019); (SIEMENS, 2018).

CARACTERÍSTICAS – HMI					
MARCA	MODELO	Costo Aprox. (S/.)	Consumo (W)	Protocolo Modbus TCP	Touch Screen
BRAIN CHILD	730	1,350	12	SI	SI
SIEMENS	KTP700	1,800	15	NO	NO
WEINTEK	MT8071iP	1,300	16	SI	SI

Habiendose declarado las características pertinentes, se procede a la evaluación de los mismos. Esto se presenta en la tabla 25, en la cual se muestra que el HMI más óptimo para la aplicación es el Brain Child 730.

Tabla 25. Evaluación: HMI

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
MARCA	Costo	Consumo	Protocolo embebido	Touch Screen	TOTAL
	30%	30%	25%	15%	100%
BRAIN CHILD	4	4	4	3	3.85
SIEMENS	2	3	1	3	2.2
WEINTEK	3	3	4	3	3.25

- **Router VPN**

En la tabla 26 se muestran las 3 alternativas que son viables para la aplicación, así mismo en ella se muestra la data de cada alternativa.

Tabla 26. Características de Router VPN

Fuente: Inspirado en (eWON, 2014); (Copyright Siemens, 2020); (SENECA s.r.l., 2021).

CARACTERÍSTICAS – Router VPN					
MARCA	MODELO	Costo Aprox. (S/.)	Consumo (W)	Protocolo Modbus TCP	3G+ WAN LAN
EWON	FLEXY 201	5,000	3	SI	SI
SIEMENS	M876-4	3,500	4	SI	SI
SENECA	ZPASS2 IO	2,500	4	NO	SI

Habiendose declarado las características pertinentes, se procede a la evaluación de los mismos. Esto se presenta en la tabla 27, en la cual se muestra que el Router VPN más óptimo para la aplicación es el ZPASS2-IO, SENECA.

Tabla 27. Evaluación: Router VPN

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
MARCA	Costo	Consumo (W)	Protocolo Modbus TCP	3G+ WAN LAN	TOTAL
	30%	30%	25%	15%	100%
EWON	2	3	4	3	2.95
SIEMENS	3	4	1	3	2.8
SENECA	4	4	4	3	3.85

i) Medidor de nivel

Como se ha mencionado anteriormente la aplicación de la investigación es realizada en un pozo profundo, de tal modo que el instrumento proyectado para medir nivel en pozo, debe adecuarse al contexto para lograr realizar una correcta lectura de datos. A continuación se muestran 3 alternativas con sus respectivas características.

- **Transmisor de nivel sumergible (LT)** (Shanghai LEEG Instruments Co. Ltd., 2016).
 - Tipo: presión hidrostático (gause).
 - Rango medida: 0.5 – 200 mH₂O.
 - Señal de salida: 4-20 mA, HART, 0.5 – 4.5 VCC, modbus RTU
 - Precisión: $\pm 0.1\%$, $\pm 0.5\%$.
 - Aplicación: todo contenedor de líquidos, nivel exigente de medida.
 - Costo: bajo.

- **Transmisor Indicador de nivel de ultrasonido (LIT-U)** (DASTEC S.R.L SIMENS SOLUTION PARTNER, 2016)
 - Tipo: ultrasonido
 - Rango medida: 6 – 12 mH₂O.
 - Señal de salida: 4-20 mA + HART, profibus PA
 - Precisión: $\pm 0.15\%$ del rango.
 - Aplicación: tanques de líquidos, especial para potabilización, tratamiento residual, alimentos e industria química.
 - Costo: medio.

- **Transmisor indicador de nivel tipo radar de onda guiada (LIT-R)** (EMERSON Process Management, 2014).
 - Tipo: radar, con sonda rígida, cable segmentado o flexible.
 - Rango medida: hasta 50 m
 - Señal de salida: 4-20 mA + HART, foundation fidbus, modbus.
 - Precisión: $\pm 3\text{mm}$.
 - Aplicación: exigente en líquidos, lodos y sólidos. El contexto del proceso no afecta a la medida.
 - Costo: alto

En función a las características detalladas anteriormente correspondiente a medidores de nivel, se procede a desarrollar la evaluación. En la tabla 28, se muestra el resultado de la misma, en la que se obtiene como mejor alternativa al transmisor de nivel sumergible (LT).

Tabla 28. Evaluación: medidor de nivel

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Rango medida	Aplicación	Montaje	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
LT	4	4	3	4	3.7
LIT-U	1	2	3	2	2
LIT-R	3	3	2	1	2.3

j) Medidor de presión

Los medidores de presión deben ser colocados en el árbol de impulsión, de tal modo que realicen la medición de la columna de agua. A continuación se muestran 2 alternativas adecuadas para la solución.

- **Transmisor de presión (PT)** (Shanghai LEEG Instruments Co. Ltd., 2017).
 - Tipo: presión manométrica.
 - Rango medida: 0.5 – 2000 mH₂O.
 - Señal de salida: 4-20 mA+HART, 0 - 5VCC, modbus RTU
 - Precisión: $\pm 0.1\%$, $\pm 0.075\%$.
 - Aplicación: medición de presión, nivel, tanques o líneas cerradas.
 - Costo: bajo.

- **Transmisor indicador de presión (PIT)** (Shanghai LEEG Instruments Co. Ltd., 2019)
 - Tipo: presión manométrica. + Display
 - Rango medida: 0.5 – 2000 mH₂O.
 - Señal de salida: 4-20 mA+HART, 0 - 5VCC, modbus RTU
 - Precisión: $\pm 0.1\%$, $\pm 0.075\%$.
 - Aplicación: medición de presión, nivel, tanques o líneas cerradas.
 - Costo: medio

Se procede a desarrollar la evaluación correspondiente. En la tabla 29, se muestra el resultado de la misma, en la que se obtiene como mejor alternativa al transmisor indicador de presión (LT).

Tabla 29. Evaluación: medidor de presión

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Rango medida	Aplicación	Montaje	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
PT	4	2	3	4	3.3
PIT	4	4	3	3	3.5

k) Medidor de flujo

El medidor de flujo, debe ser instalado en el árbol de impulsión, de tal modo que se pueda medir la producción de agua generada. Este valor es relevante para evaluación de pérdidas y generación de facturación. A continuación se muestran 2 alternativas adecuadas para la solución.

- **Transmisor indicador de flujo electromagnético (FIT) (SIEMENS / PROCESS AUTOMATION, 2013).**
 - Tipo: electromagnético + display.
 - Supresión de bajos caudales: 0...9.9%Q
 - Señal de salida: 4-20 mA+HART, modbus RTU
 - Precisión: 0.2%, ± 1 mm/s
 - Aplicación: flujo de fluidos conductivos.
 - Costo: medio.

- **Transmisor indicador de flujo ultrasonido (FIT-U) (General Electric Company, 2012)**
 - Tipo: ultrasonido. + Display
 - Supresión de bajos caudales: 0...5%Q
 - Señal de salida: 4-20 mA+HART, modbus RTU
 - Precisión: $\pm 1.5\%$ a 2%.

- Aplicación: fluidos conductivos y no conductivos.
- Costo: alto

Se procede a desarrollar la evaluación correspondiente. En la tabla 30, se muestra el resultado de la misma, en la que se obtiene como mejor alternativa al transmisor indicador de flujo electromagnético (FIT).

Tabla 30. Evaluación: medidor de flujo

Fuente: Elaboración propia

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS					
DESCRIPCIÓN	Salida de señal	Aplicación	Montaje	Costo	TOTAL
	30%	20%	30%	20%	100%
FIT	4	4	3	3	3.5
FIT-U	4	3	4	1	3.2

C) Diseño de configuración combinado

El presente diseño comprende presentar como solución la definición de los componentes en un conjunto, que conlleve a obtener el diseño conceptual requerido. Los mismos que previamente han sido evaluados y seleccionados como los mas óptimos. Los cuales se muestran como resumen de resultados en la tabla 31.

Tabla 31. Diseño de configuración combinado

Fuente: Elaboración propia.

CONFIGURACIÓN COMBINADA	
CONCEPTO	COMPONENTES
Sistema de bombeo automatizado	Bomba de agua: tipo sumergible tubular
	Bomba de cloro: tipo booster (multietapa horizontal)
	Tubería de árbol de impulsión: acero SCH40
	Tubería de línea de impulsión: PVC Clase 10
	Válvula de purga: tipo mariposa
	Válvula de alivio: tipo globo de doble cámara hidráulica
	Tablero de Fuerza: tipo autosoportado, con VDF FC-102, power metter CVM-C10, interruptor 3VA1220
	Tablero de control: tipo adosado, con PLC-RTU, HMI-730, router VPN ZPASS2-IO
	Medidor de nivel: tipo sumergible hidrostático
	Medidor de presión: tipo manométrico PIT
	Medidor de flujo: tipo electromagnético FIT

4.2 Diseño y selección de los componentes hidráulicos.

Como parte de las características paramétricas, se procede a diseñar y seleccionar los componentes hidráulicos pertenecientes al sistema, haciendo uso de teorías válidas para ingeniería.

4.2.1 Diagrama del sistema de bombeo

A continuación se procede a definir el diagrama de emplazamiento del sistema de bombeo, de tal modo que se tenga especificado las condiciones de campo y así se pueda procesar más adelante los cálculos pertinentes, en la Figura 5 se muestra el diagrama de emplazamiento del sistema de bombeo propuesto. Iniciando el proceso en la captación de agua potable que esta presentado en el punto 1, donde se establece el Nivel dinámico de agua en el pozo, pasando por el punto 2 donde se encuentra la caseta de bombeo, posterior a esto se tiene el punto 3 donde se realiza el cambio de tubería, de acero a PVC, trasladándose hasta el punto 4 el cual se encuentra en la llegada de la base del reservorio, donde se vuelve hacer el cambio a tubería de PVC a acero, pasando por el punto 5 que es la caseta de válvulas en la parte inferior del reservorio y finalizando en el punto 6 que esta dado por la llegada al reservorio elevado en la cota superior.

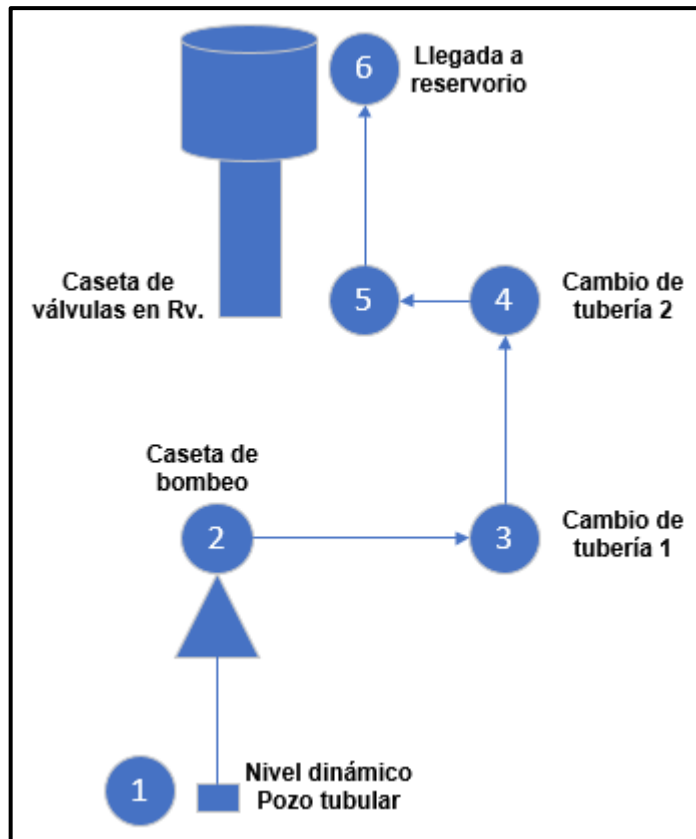


Figura 9. Diagrama de emplazamiento del sistema de bombeo

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 9, se muestran las características del nivel de cota establecidos para el sistema proyectado, esto según los datos recopilados.

Tabla 32. Niveles de cotas en sistema de bombeo

Fuente: Elaboración propia

NIVELES DE COTAS		
DESCRIPCIÓN	PUNTO	COTA REF.
COTA DE NIVEL DINÁMICO	1	-26.14
COTA TERRENO CASETA DE BOMBEO	2	0.0
COTA TERRENO CAMBIO DE TUBERÍA 1	3	-2.5
COTA TERRENO CAMBIO DE TUBERÍA 2	4	+12
COTA TERRENO BASE DE RESERVORIO	5	+2.5
COTA DE LLEGA A LLENADO DE RESERVORIO	6	+23.0
ALTURA DE IMPULSIÓN TOTAL (m)		61.14
CAUDAL DE POZO (l/s)		27

4.2.2 Diseño de la demanda de volumen

Habiéndose establecido previamente los parámetros del sistema de bombeo se procede a realizar el cálculo del volumen de demanda. Tomando como dato que se está evaluando la zona de presión 2, se tiene una densidad de lotes de 783.

Dentro de las formas más apropiadas de designar la dotación de agua potable. La más correcta y razonable es la dictada por (Ministerio de Vivienda, 2006b), la cual dicta que se debe dotar de 250 l/hab/d para un suministro urbano con clima templado y cálido. Así mismo, describe que la densidad de habitantes, debe ser considerada de 6 hab/vivienda.

Tomando como dato preciso del (INEI, 2018), se establece que la tasa de crecimiento poblacional para la región La Libertad es de 1.3%. Se debe proyectar al sistema con una vida útil de 15 años.

Con la información presentada anteriormente, se procede a calcular el volumen necesario para abastecer a la población por día, en el año 0.

$$\begin{aligned} N^{\circ}_{hab} &= 783 \text{ lotes} \times 6 \frac{\text{hab}}{\text{lotes}} = 4698 \text{ hab} \\ Q_{max} &= 4698 \text{ hab} \times 250 \frac{\text{l}}{\text{hab} \times \text{día}} = 1174500 \frac{\text{l}}{\text{día}} \\ Q_{max} &= 1174500 \frac{\text{l}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} = 1174.5 \text{ m}^3/\text{día} \\ Q_{max} &= 1174.5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (\text{año } 0) \end{aligned}$$

El valor obtenido de caudal máximo, hace referencia, al consumo de agua, en el año 0, este valor se debe proyectar en 15 años, en función a la tasa de crecimiento poblacional

establecida y haciendo uso de la ecuación 1, la cual se menciona a continuación.

$$P^{t+n} = P^t \times (1 + \text{tasa}\%)^n \quad (1)$$

Donde: P^t = valor inicial, P^{t+n} = valor proyectado, tasa% = tasa de crecimiento y n = periodo deseado.

El desarrollo de la proyección obtenida se presenta en la tabla 33, la misma que muestra el consumo diario de la población, a lo largo de la vida útil estimada. En dicha tabla se puede observar que para el año 15 el valor necesario para satisfacer la demanda es de 1425.59 m³/día. Este valor se toma como referencia para procesar y obtener el volumen de almacenamiento. El cual debe satisfacer en su totalidad a la demanda.

Tabla 33. Proyección estimada de consumo

Fuente: Elaboración propia

PROYECCIÓN ESTIMADA DE CONSUMO		
N°	AÑO	CONSUMO (m3/día)
0	2021	1174.50
1	2022	1189.77
2	2023	1205.24
3	2024	1220.90
4	2025	1236.78
5	2026	1252.85
6	2027	1269.14
7	2028	1285.64
8	2029	1302.35
9	2030	1319.28
10	2031	1336.43
11	2032	1353.81
12	2033	1371.41
13	2034	1389.24
14	2035	1407.30
15	2036	1425.59

El volumen de almacenamiento esta dado por el volumen de regulación, volumen de contra incendios y volumen de reserva (Ministerio de Vivienda, 2006a) Tal cual se muestra en la ecuación 2.

$$V_{almc} = V_{regul.} + V_{cont.ince.} + V_{reserv.} \quad (2)$$

El volumen de regulación se adapta al 25% de la demanda proyectada en 24 horas de operación (1 día) (Ministerio de Vivienda, 2006a). Por lo que se toma como dato el valor obtenido en el año 15 y se procede a efectuar.

$$V_{regul} = V_{max} \times 25\% = 1425.59 \times 25\% = 356.4 \text{ m}^3$$

Mientras que para el volumen contra incendios se debe asignar 50m^3 , para áreas destinadas netamente a viviendas (Ministerio de Vivienda, 2006a).

En cuanto al volumen de reserva, se estipula según criterio de diseño 5% del volumen de regulación, para almacenamiento interno en redes de distribución.

$$V_{reserv.} = 356.4 \times 5\% = 17.82\text{m}^3$$

Por lo que aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$V_{almac.} = 356.4 + 50 + 17.82 = 424.22 \text{ m}^3$$

Consolidando el valor en un dato exacto, se determina que el volumen de almacenamiento para satisfacer la demanda de consumo es de **425m^3** . El reservorio de almacenamiento debe tener la capacidad para almacenar el volumen calculado.

4.2.3 Proyección de las horas de bombeo

En primera instancia se determina las horas de bombeo en el año cero, para posteriormente proyectarlo en función a la vida útil del sistema. Por lo que para el año cero se tiene una demanda de 1174.5 m³/día. Mientras que la capacidad del sistema de bombeo es de 27 l/s = 97.2 m³/h. Aplicando una relación simple, se tiene que:

$$\begin{aligned} 1174.5 \text{ m}^3 & \text{ --- } \rightarrow x \text{ h} \\ 97.2 \text{ m}^3 & \text{ --- } \rightarrow 1 \text{ h} \\ x & = 12.08 \text{ h (TOTAL DE HORAS DIARIAS)} \end{aligned}$$

Estableciéndose que para el año cero, se debe bombear 12.08 horas.

Habiéndose establecido la capacidad de almacenamiento, se procede a calcular el tiempo estipulado en llenar dicho volumen, obteniéndose que:

$$\begin{aligned} 425 \text{ m}^3 & \text{ --- } \rightarrow x \text{ h} \\ 97.2 \text{ m}^3 & \text{ --- } \rightarrow 1 \text{ h} \\ x & = 4.37 \text{ h (TOTAL DE HORAS DE UNA SECUENCIA)} \end{aligned}$$

El valor estipulado para una secuencia de bombeo es de 4.37 horas. Dado que el valor total de horas diarias es de 12.08 horas, se procede a realizar el cálculo del número de secuencias necesarias, dado por la ecuación 3, que a continuación se detalla.

$$N^{\circ} \text{ Secuencias} = \frac{\text{TOTAL DE HORAS DIARIAS}}{\text{TOTAL DE HORAS DE UNA SECUENCIA}} \quad (3)$$

Reemplazando los datos obtenidos tenemos que:

$$N^{\circ} \text{ Secuencias} = \frac{12.08 \text{ horas}}{4.37 \text{ horas} \times \text{secuencia}} = 2.76 \text{ secuencias}$$

Aproximando el valor obtenido en un dato concreto se establecen **3 secuencias** de bombeo, el cual debe proyectarse en las horas estimadas para cada secuencia.

Una vez obtenido el número de secuencias necesarias para el año cero, se proyecta este a lo largo de la vida útil del sistema. En función al crecimiento poblacional, consumo diario y horas de bombeo. Dichos valores proyectados son mostrados en la tabla 34. Esta misma muestra de forma precisa el valor de horas, minutos y segundos necesarios para cada secuencia.

Tabla 34. Proyección de horas de bombeo

Fuente: Elaboración propia

PROYECCIÓN DE LAS HORAS DE BOMBEO												
N°	AÑO	CONSUMO (m3/día)	SECUEN. N°1 (h.r)	SECUEN. N°2 (h.r)	SECUEN. N°3 (h.r)	SECUEN N°1 /24	SECUEN N°2 /24	SECUEN N°3 /24	SECUENCIA N°1(hh:mm:ss)	SECUENCIA N°2(hh:mm:ss)	SECUENCIA N°3(hh:mm:ss)	TOTAL DE HORAS DIARIAS (hh:mm:ss)
0	2021	1174.50	4.37	4.37	3.34	0.182	0.182	0.139	04:22:12	04:22:12	03:20:36	12:05:00
1	2022	1189.77	4.37	4.37	3.50	0.182	0.182	0.146	04:22:12	04:22:12	03:30:01	12:14:25
2	2023	1205.24	4.37	4.37	3.66	0.182	0.182	0.152	04:22:12	04:22:12	03:39:34	12:23:58
3	2024	1220.90	4.37	4.37	3.82	0.182	0.182	0.159	04:22:12	04:22:12	03:49:15	12:33:39
4	2025	1236.78	4.37	4.37	3.98	0.182	0.182	0.166	04:22:12	04:22:12	03:59:02	12:43:26
5	2026	1252.85	4.37	4.37	4.15	0.182	0.182	0.173	04:22:12	04:22:12	04:08:58	12:53:22
6	2027	1269.14	4.37	4.37	4.32	0.182	0.182	0.180	04:22:12	04:22:12	04:19:01	13:03:25
7	2028	1285.64	4.37	4.37	4.49	0.182	0.182	0.187	04:22:12	04:22:12	04:29:12	13:13:36
8	2029	1302.35	4.37	4.37	4.66	0.182	0.182	0.194	04:22:12	04:22:12	04:39:31	13:23:55
9	2030	1319.28	4.37	4.37	4.83	0.182	0.182	0.201	04:22:12	04:22:12	04:49:58	13:34:22
10	2031	1336.43	4.37	4.37	5.01	0.182	0.182	0.209	04:22:12	04:22:12	05:00:34	13:44:58
11	2032	1353.81	4.37	4.37	5.19	0.182	0.182	0.216	04:22:12	04:22:12	05:11:17	13:55:41
12	2033	1371.41	4.37	4.37	5.37	0.182	0.182	0.224	04:22:12	04:22:12	05:22:09	14:06:33
13	2034	1389.24	4.37	4.37	5.55	0.182	0.182	0.231	04:22:12	04:22:12	05:33:09	14:17:33
14	2035	1407.30	4.37	4.37	5.74	0.182	0.182	0.239	04:22:12	04:22:12	05:44:18	14:28:42
15	2036	1425.59	4.37	4.37	5.93	0.182	0.182	0.247	04:22:12	04:22:12	05:55:36	14:40:00

4.2.4 Dimensionamiento de la tubería de impulsión

En función a los datos recopilados, se establece que el caudal explotable es de 27 l/s el cual es equivalente a 0.027 m³/s y a 97.2 m³/h. Para el cálculo del diámetro de la tubería de impulsión se hará uso de la ecuación 4, la cual se detalla a continuación

$$Q = v \times A \quad (4)$$

Donde Q = caudal en m³/s, v = velocidad en m/s y A = área en m².

Como se ha mencionado anteriormente el valor del caudal ya se encuentra establecido, quedando solo establecer el valor de velocidad más apropiado según el proceso.

Entre los diferentes métodos de establecer la velocidad, el más aceptable y óptimo es el criterio del método Richter el cual se basa en la velocidad técnico – económica. Esta se encuentra regida por la velocidad más apropiada, la misma que minimiza pérdidas de carga, esto según el contexto donde se aplica (Sotelo, 1994). Para ello se hace uso de la tabla 35, de la cual se toma el valor más apropiado que la aplicación requiere.

Tabla 35. Velocidades técnico - económica, según método Richter

Fuente: Inspirado en (Sotelo, 1994)

Tipo de tubería	Velocidad (m/s)	
	Min.	Max.
Tubería de succión de bombas, temp. <70°C	0.5	1.0
Tubería de descarga de bombas	1.5	2.0
Redes de distribución y/o impulsión	1.0	2.0
Tuberías principales	0.5	0.7
Tuberías largas	1.5	2.5
Tuberías en turbinas	2.0	4.0

Según las características del sistema proyectado. La tubería requerida es una tubería de descarga de bomba, la misma que por el recorrido que existe entre el pozo y reservorio se considera como una tubería larga. Estableciéndose un rango de 1.5 a 2.5 m/s, los cuales son valores aplicables a la solución. Por lo que de estos valores se toma el valor de **1.8 m/s**, siendo esta una velocidad apropiada y óptima para realizar el diseño.

De la ecuación 4, se deduce que:

$$Q = v \times A = v \times \frac{\pi}{4} \times d^2$$

Despejando la variable diámetro, se obtiene:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Reemplazando los valores obtenidos, tenemos que:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 0.027 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 1.8 \text{ m/s}}} = 0.1382 \text{ m} = 138.2 \text{ mm}$$

Llevando el valor a un diámetro comercial, se establece que el valor óptimo para el proceso es de **150 mm = 6"**, de diámetro. Cabe resaltar que según el diseño de configuración, la tubería para el árbol de impulsión debe ser de acero SCH40, mientras que la línea de impulsión debe ser de PVC Clase-10. Todas estas con el diámetro calculado.

4.2.5 Dimensionamiento y selección de bomba de agua

Para proceder con el cálculo y dimensionamiento de la electrobomba necesaria para el sistema, se establecen diagramas de emplazamientos necesarios, del arreglo hidráulico mínimo necesario para el transporte del fluido, tanto en la caseta de bombeo (árbol de impulsión), línea de impulsión y llegada en reservorio de almacenamiento. Dichos esquemas de emplazamiento, son mostrados en los anexos 7, 8 y 9. De estos esquemas presentados se extrae la siguiente data.

Para la caseta de bombeo, se tienen las características mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 36. Características de árbol de impulsión

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	MEDIDA
Tubería acero	m	51.17	Ø150 mm
Codo x 90° acero	und	1	Ø150 mm
Codo x 45° acero	und	3	Ø150 mm
TEE acero	und	2	Ø150 mm
Válvula compuerta (100% aperturada) acero	und	2	Ø150 mm
Válvula Check acero	und	1	Ø150 mm
Unión de transición acero	und	3	Ø150 mm
Medidor de flujo	und	1	Ø150 mm

Mientras que para la línea de impulsión se tienen las características mostradas en la tabla 37:

Tabla 37. Características de línea de impulsión

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	MEDIDA
Tubería PVC C-10	m	1,099.00	Ø150 mm
Codo x 90° PVC C-10	und	4	Ø150 mm
Codo x 45° PVC C-10	und	2	Ø150 mm
Unión	und	220	Ø150 mm

Finalmente para el reservorio tenemos las características, mostradas en la siguiente tabla:

Tabla 38. Características en caseta de válvulas en reservorio

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	MEDIDA
Tubería acero	m	44.47	Ø150 mm
Codo x 90° acero	und	2	Ø150 mm
Codo x 45° acero	und	3	Ø150 mm
TEE acero	und	2	Ø150 mm
Válvula compuerta (100% aperturada) acero	und	2	Ø150 mm
Válvula de altitud acero	und	1	Ø150 mm
Unión de transición acero	und	2	Ø150 mm

Habiéndose declarado las características de las partes que comprende el sistema en conjunto. Se procede a efectuar el desarrollo del cálculo necesario.

Para sistemas de bombeo, es necesario aplicar un balance de energía. Entre el punto inicial y punto final del sistema. Para esquematizar los puntos del sistema a continuación se presenta la figura 6, en el cual se procederá a efectuar el balance de energía entre el punto 1 y punto 6

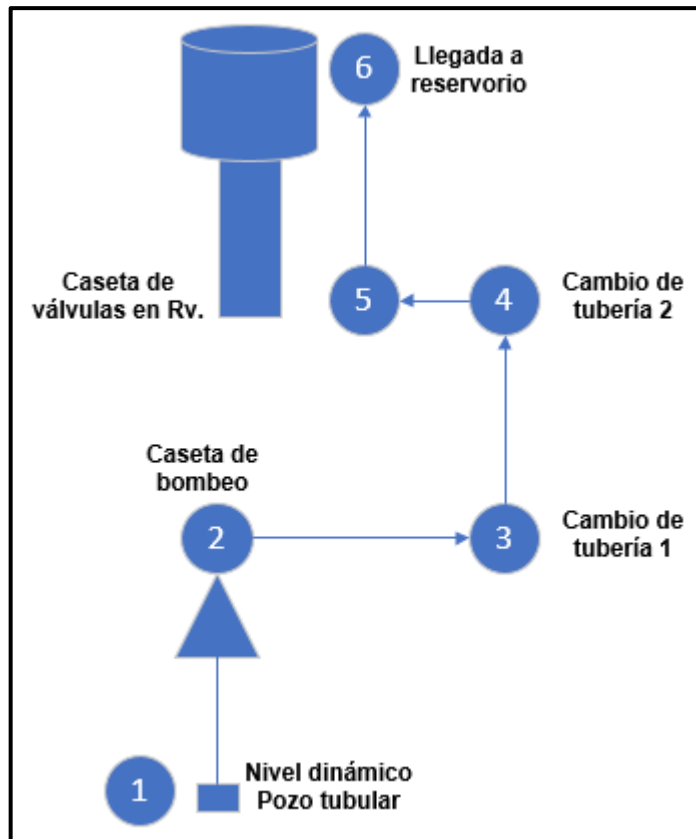


Figura 10. Esquema de análisis

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de los puntos señalados se hace uso de la ecuación generalizada de Bernoulli (Shames, 1995), la cual se presenta a continuación.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + H_b - H_{p\acute{e}rdidas} = \frac{P_6}{\gamma} + \frac{v_6^2}{2g} + Z_6 \quad (5)$$

Tomando como referencia el punto de análisis en 1, la ecuación se reduce, quedando de la siguiente forma:

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{v_1^2}{2g}} + Z_1 + H_b - H_{p\acute{e}rdidas} = \cancel{\frac{P_6}{\gamma}} + \cancel{\frac{v_6^2}{2g}} + Z_6$$

$$H_b = Z_6 + H_{p\acute{e}rdidas}$$

Por lo que la altura de la bomba queda en función de la cota desde la bomba hasta el reservorio más la suma de las pérdidas generadas a lo largo de la impulsión.

Como dato ya mencionado anteriormente se sabe que la diferencia de cotas entre bomba y reservorio es de 61.14 metros. Por lo que, $Z_6 = 61.14 \text{ m}$.

Para determinar las pérdidas del sistema, se debe considerar las pérdidas generadas por la longitud o recorrido de la impulsión a la cual se les llama pérdidas primarias y las pérdidas generada por los accesorios predispuestos en la instalación a las cuales se les llama pérdidas secundarias . Para esto se hace uso de la ecuación que a continuación se presenta

$$H_{\text{Pérdidas}} = H_{\text{primarias}} + H_{\text{secundarias}} \quad (6)$$

Para determinar las pérdidas primarias se debe tener en cuenta el factor de fricción en la tubería, la longitud, el diámetro, la velocidad presente en el sistema y el valor de la gravedad, constante para este caso de 9.81 m/s^2 . Por lo que se hace uso de la siguiente ecuación.

$$H_p = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

Los valores de longitud se tienen como dato, tanto en el tramo de tubería de acero como en el de PVC, el diámetro de la tubería ya ha sido calculada, así como también ya se estableció la velocidad más óptima para el sistema. Por lo que solo queda pendiente determinar el factor de fricción para los tipos de materiales de tuberías usados en la aplicación.

Para establecer el factor de fricción se hace uso del diagrama de moody, el cual para obtener el valor es necesario determinar el

número de reynolds y la relación de rugosidad del material. Para el número de reynolds se hace uso de la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{v \times D}{\gamma} \quad (8)$$

Donde la velocidad es 1.8m/s; el diámetro es de 150mm = 0.15m; γ = viscosidad cinemática, se toma el valor de 0.803×10^{-6} m²/s a 30°C, el cual fue obtenido de la tabla 39, que a continuación se presenta.

Tabla 39. Características del agua

Fuente: Inspirado en (Martín, 2018)

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA		
T (°C)	Viscosidad dinámica ($\times 10^{-6}$ Pas)	Viscosidad cinemática ($\times 10^{-6}$ m ² /s)
0	1793	1.793
10	1309	1.309
20	1006	1.008
30	800	0.803
40	657	0.662

Reemplazando los valores obtenidos en la ecuación 8, tenemos que:

$$Re = \frac{1.8 \times 0.15}{0.803 \times 10^{-6}} = 336239.10 = 3.36 \times 10^5$$

Se obtiene un valor de $Re = 3.36 \times 10^5$, el cual es un valor superior a 4000, siendo este el límite para indicar que un fluido es laminar (Landau y Lifshitz, 2002). Por tal motivo se determina que el flujo a lo largo es considerado como turbulento ($Re > 4000$ Flujo turbulento). Este valor de reynolds es aplicable para la evaluación de los dos tipos de material de tubería (acero y PVC).

A continuación se procede a calcular la relación de rugosidad, esto en función a la rugosidad del material (ϵ) y el diámetro de la tubería, tal cual muestra la siguiente ecuación.

$$r = \frac{\epsilon}{D} (\text{mm}) \quad (9)$$

Los valores de rugosidad son tomados de las tablas 40 y 41, estas para el material de acero y PVC respectivamente. Obteniendo valores de **0.046 mm** para el material de acero y **0.0015 mm** para el material de PVC. Tal cual muestran las tablas que se presentan a continuación.

Tabla 40. Rugosidad de materiales 1

Fuente: Inspirada en (Shames, 1995)

Material	ϵ (rugosidad)	
	pies	mm
Vidrio	0.000001	0.0003
Tubería estriada	0.00008	0.002
Acero	0.00015	0.046
Hierro galvanizado	0.0005	0.15
Madera cepillada	0.0006 - 0.003	0.18 - 0.9
Concreto	0.001 - 0.01	0.3 - 3.0
Acero remachado	0.003 - 0.03	0.9 - 9.0

Tabla 41. Rugosidad de materiales 2

Fuente: Inspirada en (Alegret y Martínez, 2019)

Material	ϵ (rugosidad)	
	pies	mm
Vidrio	0.000001	0.0003
PVC	0.000005	0.0015
Acero	0.00015	0.046
Plomo	0.0079	0.2
Madera cepillada	0.0006 - 0.003	0.18 - 0.9
Concreto	0.001 - 0.01	0.3 - 3.0
Acero remachado	0.003 - 0.03	0.9 - 9.0

Con los datos obtenidos se procede a reemplazar los valores en la ecuación 9.

Obteniéndose que para el material de acero, el coeficiente de rugosidad es:

$$r = \frac{0.046}{150} = 3.06 \times 10^{-4} mm$$

Mientras que para el material de PVC el coeficiente de rugosidad es:

$$r = \frac{0.0015}{150} = 1 \times 10^{-5} mm$$

Con estos valores, se procede a ingresar estos mismos en el diagrama de moody de tal modo que se pueda obtener el factor de fricción.

Con los valores obtenidos se establecen que los valores de ingreso para el material de acero son:

$$Re = 3.36 \times 10^5$$
$$r = 3.06 \times 10^{-4} mm$$

Así mismo para el material de PVC los datos de ingreso son:

$$Re = 3.36 \times 10^5$$
$$r = 1 \times 10^{-5} mm$$

A continuación con estos datos se procede a emplear el diagrama de moody obteniéndose un factor de fricción de **0.028** para el material de acero y un valor de **0.015** para el material de PVC. Tal cual muestran las tablas 42 y 43 que a continuación se presentan.

Tabla 42. Aplicación de diagrama de Moody para material 1

Fuente: Tomado de (Cengel, 2007)

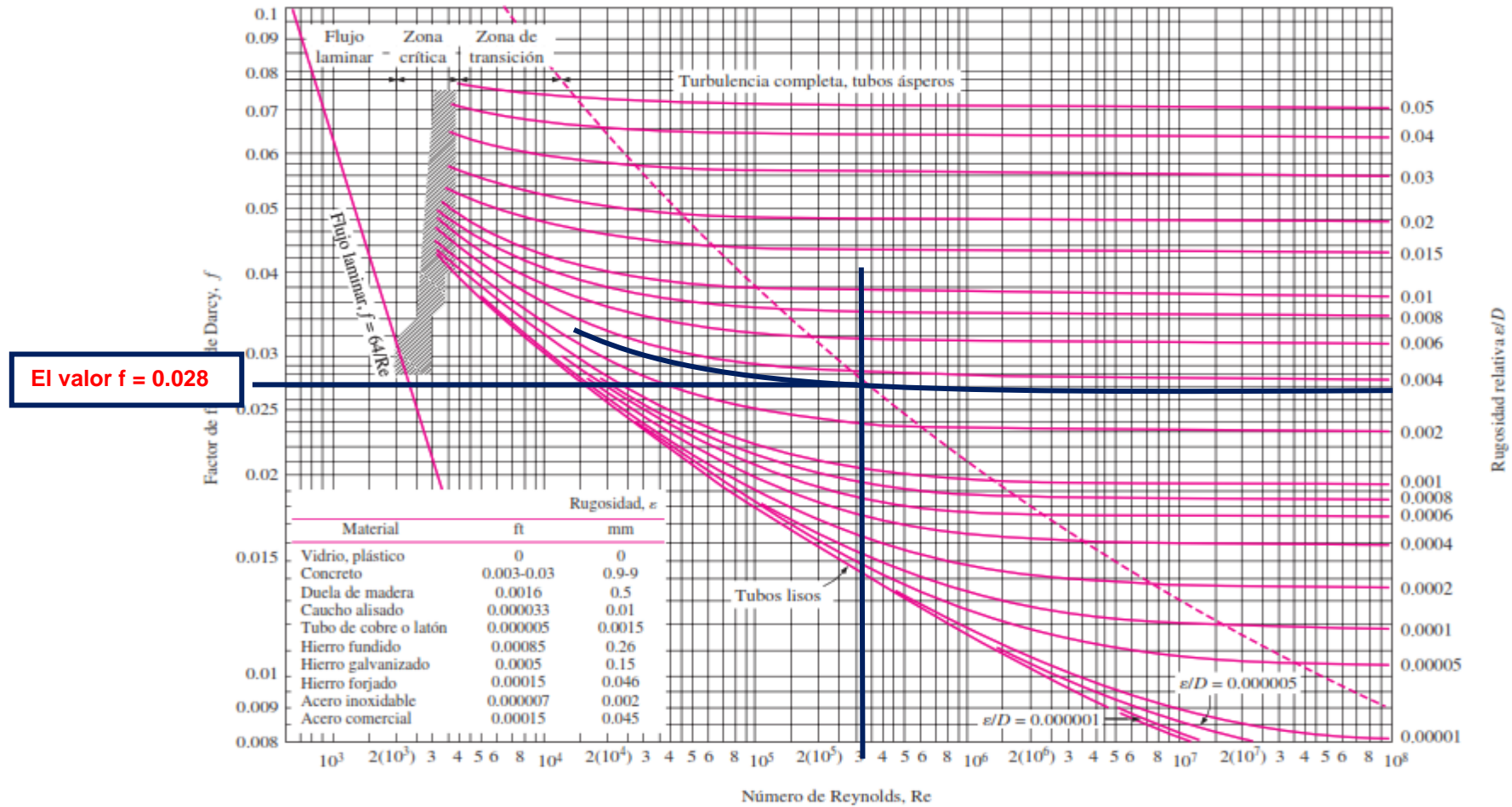
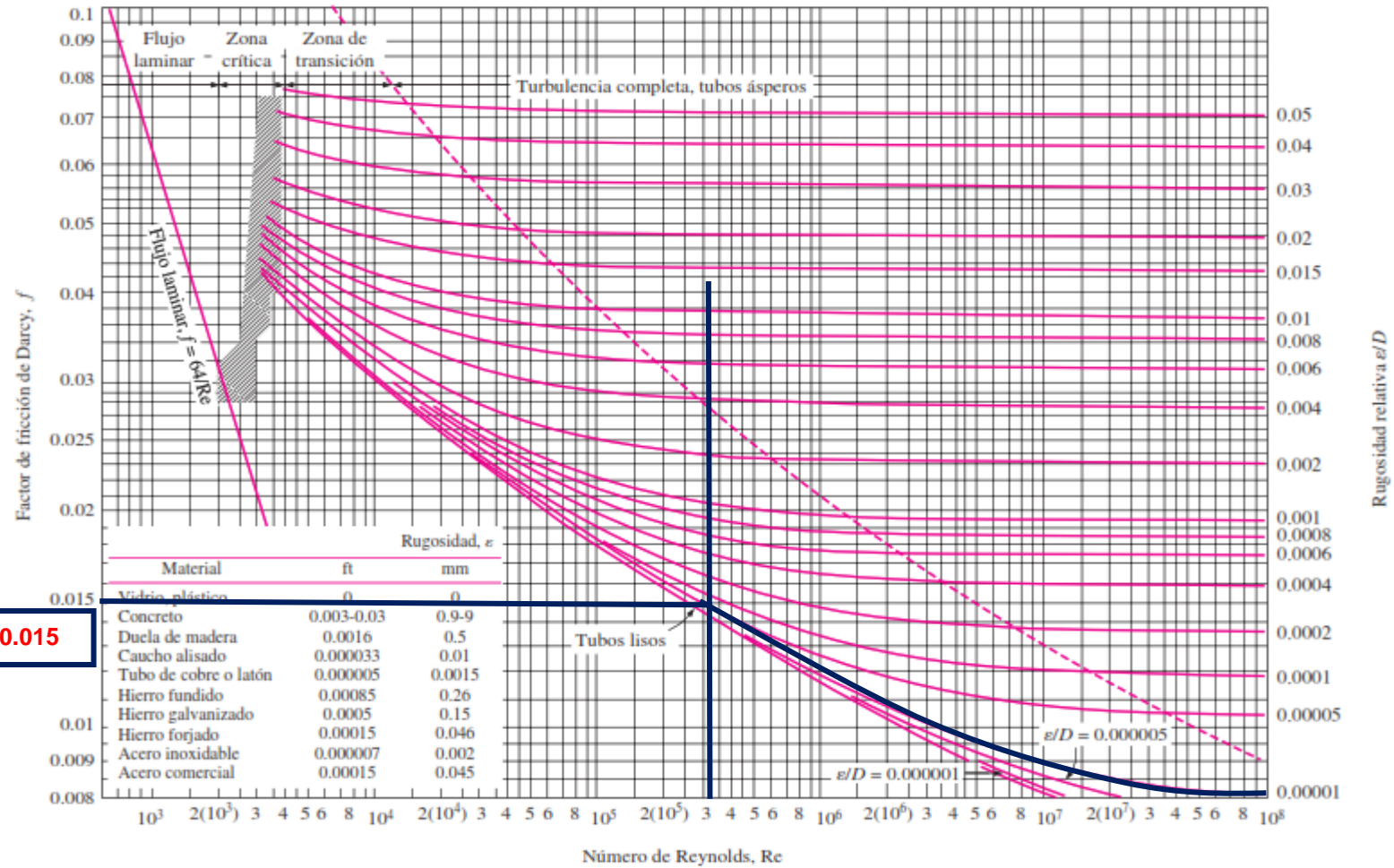


Tabla 43. Aplicación de diagrama de Moody para material 2

Fuente: Tomado de (Cengel, 2007)



Habiéndose hallado los respectivos factores de fricción, se procede a calcular las respectivas pérdidas primarias en los dos tipos de materiales, por lo que reemplazando en la ecuación 7 tenemos que:

Para el material de acero:

$$H_{p-acero} = 0.028 \times \frac{95.64 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} \times \frac{(1.8 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2} = 2.95 \text{ m}$$

Mientras que para el material de PVC:

$$H_{p-PVC} = 0.015 \times \frac{1099 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} \times \frac{(1.8 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.8 \text{ m/s}^2} = 18.17 \text{ m}$$

Obteniéndose un total de pérdidas primarias de:

$$H_p = 2.95 + 18.17 = 21.12 \text{ m}$$

Posteriormente se procede a realizar el cálculo de las pérdidas secundarias, las cuales están en función al factor de carga específica, la velocidad del fluido y la gravedad (9.8 m/s²). Obedeciendo a la fórmula que se muestra a continuación.

$$H_s = k \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (10)$$

Para determinar los coeficientes de pérdidas de carga “k”, se hace uso de la tabla 44, de la cual se obtienen los factores necesarios y aplicables a las características del sistema.

Tabla 44. Coeficiente "k" en pérdidas singulares

Fuente: inspirado en (Jaime, 2017)

Coeficiente "K" en pérdidas singulares		
Accesorio	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2.5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula compuerta (totalmente abierta)	0.2	350
Válvula mariposa (totalmente abierta)	6	40
TEE con salida lateral	1.8	67
Codo x 90°	0.75	27
Codo x 45°	0.4	-
Unión	0.05	-

Realizando un resumen de los accesorios pertenecientes al sistema de impulsión, los cuales fueron declarados en las tablas 36, 37 y 38. Se obtienen los siguientes accesorios fijos, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 45. Accesorios del sistema de impulsión

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.
Codo x 90°	Und.	7
Codo x 45°	Und.	8
Unión	Und.	225
Válvula compuerta	Und.	4
Válvula de retención	Und.	2
TEE con salida lateral	Und.	4

Aplicando la ecuación 10 a cada accesorio, se determina la pérdida de carga unitaria y así mismo en función a la cantidad de accesorios se calcula la pérdida total por accesorio. Dicho cálculo se presenta resumido en la tabla 46 que se presenta a continuación.

Tabla 46. Resultados de pérdidas por accesorios

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	"k"	Pérd. Unit (m)	Total Acc. (m)
Codo x 90°	Und.	7	0.75	0.12	0.87
Codo x 45°	Und.	8	0.4	0.07	0.53
Unión	Und.	225	0.03	0.005	1.13
Válvula compuerta	Und.	4	0.2	0.03	0.13
Válvula de retención	Und.	2	2	0.33	0.66
TEE con salida lateral	Und.	4	1.8	0.30	1.19
Total, de pérdidas por accesorios (m)					4.51

Habiéndose obtenido los valores de las pérdidas primarias y secundarias, se procede a reemplazar dichos valores en la ecuación 6, de modo tal que se determine las pérdidas totales del sistema.

$$H_{p\acute{e}rdidas} = 21.12 + 4.51 = 25.63 \text{ m}$$

Reemplazando el valor de las pérdidas totales y la diferencia de cota total, tenemos que el valor de ADT es igual a:

$$H_b = 61.14 + 25.63 = 86.77 \text{ m}$$

Por criterio de diseño se agrega 2 m, para que el agua tenga presión en la llegada. Por lo que el **ADT** total seria de **88.77 m**.

La potencia útil de la bomba esta en función de la densidad, la gravedad, el caudal y el ADT de la bomba (I. Martín, R. Salcedo, 2011). La misma que puede ser hallada por la ecuación 11, que a continuación se muestra.

$$P_u = \rho \times g \times Q \times H_b \quad (11)$$

El valor de la densidad es 1000 kg/m³ y la gravedad es de 9.8 m/s², mientras que el valor de caudal es de 0.027 m³/s, con un ADT de 113.36 m. Reemplazando estos valores en la ecuación 11, tenemos que.

$$P_u = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times 0.027 \frac{m^3}{s} \times 88.77 m}{1000} = 23.49 kW$$

El valor obtenido hace referencia a la potencia teórica (útil) necesaria para impulsar el fluido entre los puntos evaluados. Sin embargo para que esto sea posible se deben considerar los rendimientos causados por las condiciones volumétricas, hidráulicas, mecánicas y eléctricas.

Para el rendimiento volumétrico, se tiene valores de (Arregui et al., 2017):

- 0.85 hasta 0.97; para grandes caudales.
- 0.8 hasta 0.85; para caudales medios.
- 0.76 hasta 0.8; para caudales pequeños.

Mientras que para el rendimiento hidráulicos se tiene (Landau y Lifshitz, 2002):

- 0.95 hasta 0.97; bombas de gran tamaño y condiciones de escurrimiento favorables.
- 0.85 hasta 0.88; bombas de pequeño y mediano tamaño, en condiciones estándares de operación.

Así mismo para el rendimiento mecánico se establecen valores de (I. Martín, R. Salcedo, 2011):

- 0.94 hasta 0.96; bombas de acople directo, gran caudal y mantenimiento permanente.
- 0.83 hasta 0.86; bombas pequeñas, con transmisión por correas o engranes.

Respectivamente para el rendimiento eléctrico se establecen valores (I. Martín, R. Salcedo, 2011), tales como:

- 0.85 hasta 0.90; bombas de gran tamaño
- 0.95 hasta 0.98; bombas pequeñas y medianas

Por lo que la potencia eléctrica necesaria, debe ser calculada por la ecuación 12 que a continuación se presenta.

$$P_u = \eta_H \times \eta_V \times \eta_M \times \eta_E = P_E \times \eta_G \quad (12)$$

De los rendimientos detallados anteriormente se procede a hallar el rendimiento promedio para la aplicación. El cual es:

$$\eta_G = 0.80 \times 0.85 \times 0.94 \times 0.98 = 0.63$$

Reemplazando el valor de rendimiento general en la ecuación 12 tenemos que:

$$P_e = \frac{P_u}{\eta_G} = \frac{23.49}{0.63} = 37.27 \text{ kW}$$

Estableciéndose a la potencia eléctrica calculada en un valor comercial, el que le corresponde es el inmediato superior, por lo cual se establece que el valor requerido es de **40kW**.

Como procedimiento de corroborar el valor calculado se procede a emplear el software de uso libre brindado por Grundfos ®, el cual se encuentra disponible en el enlace web que a continuación se describe:

<https://product-selection-classic.grundfos.com/frontpage.html?custid=BGE&qcid=1333469504>

Una vez dentro de la web descrita, se procede a ingresar los valores de caudal Q en l/s y altura ADT total en m; esto en función a las características del sistema. Así mismo se debe establecer el dimensionamiento por aplicación, donde se debe seleccionar suministro de agua subterránea. Tal cual muestra la siguiente figura.

Figura 11. Ingreso de datos para dimensionamiento de bomba

Fuente: Grundfos ®

A continuación, posteriormente a haber dado click en “dimensionar”, saldrán una lista de electrobombas aplicables a la necesidad. Tal cual se muestra en la figura 8.

TODOS LOS RESULTADOS ADECUADOS (236)

ACCIONES POR LOTES: EXPORTAR A COPIAR ENLACE AL PORTAPAPELES

TAMAÑO DE LA MESA: Mostrar ancho completo

	Nombre del producto	Polos	Etapas	Conexión de tubería	P2 [kW]
	SP 77-7	2	7	RP5	37
	SP 77-7	2	7	5"NPT	37
	SP 77-7N	2	7	5"NPT	37
	SP 77-7N	2	7	RP5	37
	SP 77-7R	2	7	RP5	37
	SP 77-8	2	8	RP5	45
	SP 77-8	2	8	5"NPT	45

Figura 12. Resultados de bombas aplicables a la necesidad

Fuente: Grundfos ®

Dentro de las soluciones aplicables, seleccionaremos la de mejor eficiencia, de tal modo que el diseño proyecte un óptimo funcionamiento. Tal cual muestra la figura 9.

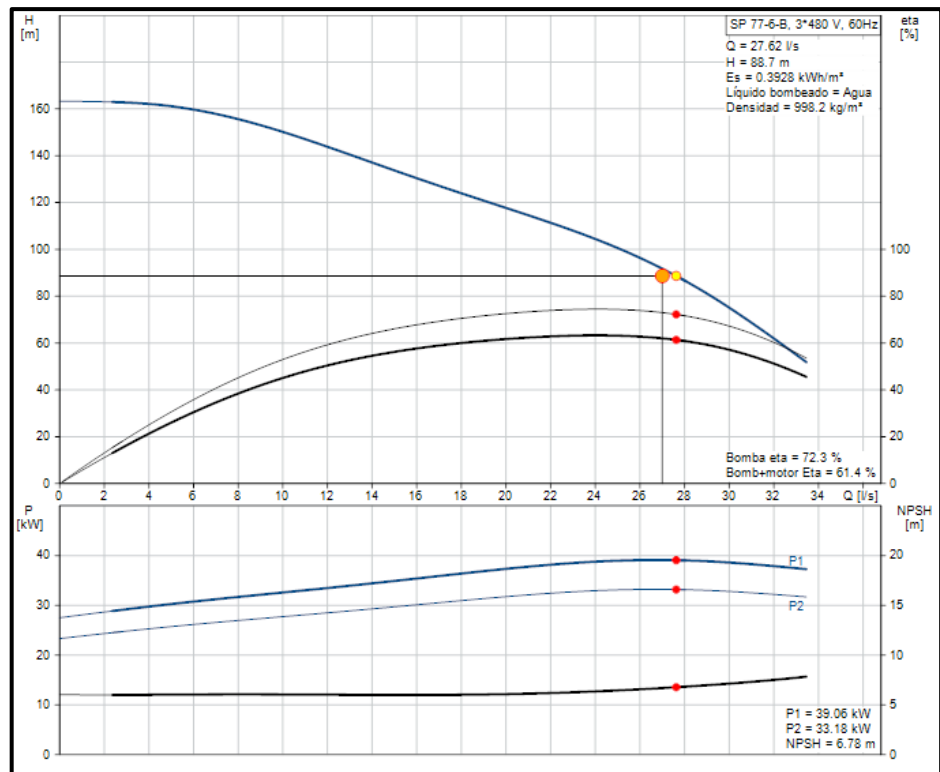


Figura 13. Curva de bomba seleccionada

Fuente: Grundfos ®

En el anexo 10, se presenta la información completa de la bomba seleccionada.

4.2.6 Dimensionamiento y selección de bomba de cloro

Como ya se ha desarrollado en el diseño morfológico, el tipo de bomba aplicable para la solución es una bomba booster, la cual es una bomba de elevación de presión. Esto es necesario ya que el sistema de dosificación de cloro aplicable para pozos de agua subterránea es mediante gas, predispuesto en tanques (Morales y Solsona, 2006).

Por lo que la bomba debe generar vacío para la inyección del cloro gaseoso. Para esto es necesario determinar la dosificación de cloro necesario para el sistema. Esto se realiza mediante la siguiente ecuación.

$$PPD = 0.1902 \times Q(l/s) \times (ppm \text{ o } mg/l) \quad (13)$$

Donde PPD es libras por día aplicado a un periodo de 24 horas; Q es flujo en la línea principal en l/s y ppm es la concentración de una unidad de peso de cloro por un millón de unidades de peso de agua.

El valor de caudal en la línea principal ya ha sido establecida y es un valor de 27 l/s. Así mismo para sistemas de bombeo de agua subterránea se establece 1ppm (Innovación tecnológica catalana (ITC), 2006).

Reemplazando los valores en la ecuación 13 tenemos que la dosificación de cloro es:

$$PPD = 0.1902 \times 27 \times 1 = 5.16 \text{ (Libras por día)}$$

En los clorinadores comerciales la tobera de menor rango es de 0 a 25 PPD, por lo que se selecciona este tipo de tobera.

La contra presión que debe vencer la bomba es de 37m, valor tomado de tabla de cotas, la cual hace referencia a la cota existente entre caseta de bombeo y el reservorio. La bomba booster debe generar una presión de almenos 10 metros

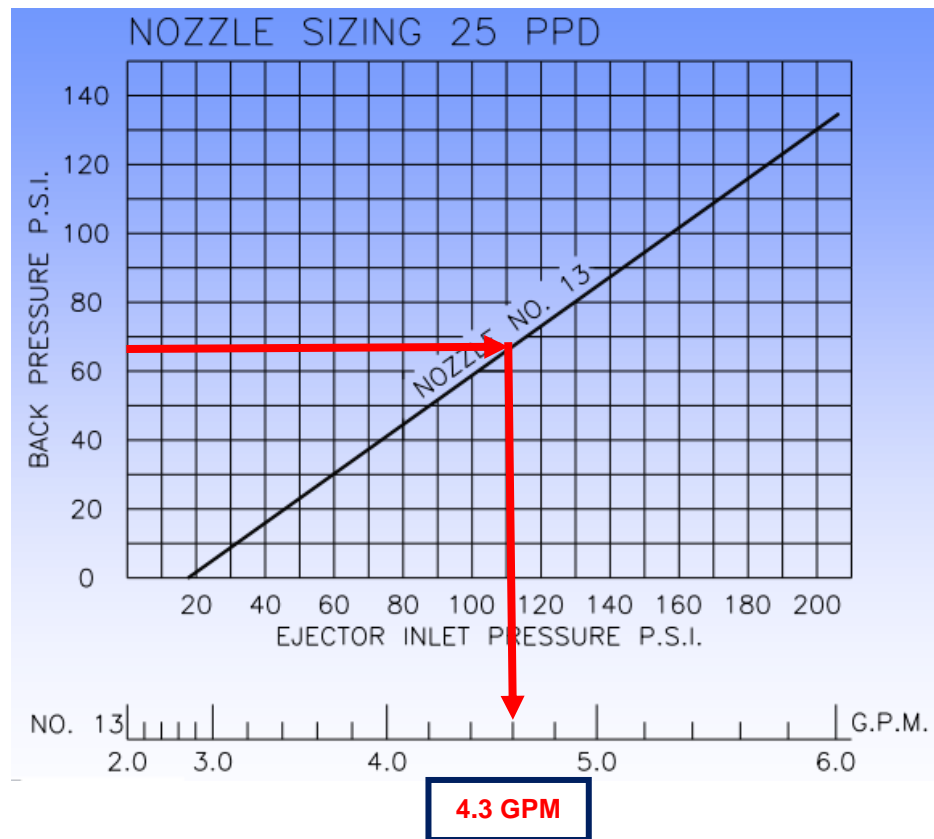
superior al valor nominal de modo tal que se pueda generar vacío e inyectar cloro. Por lo que el ADT de la bomba sera de 47 metros.

$$47m = 66.85 \text{ PSI}$$

Con este valor se debe ingresar a la tabla de la tobera seleccionada, de tal modo que se obtenga el caudal necesario de la bomba para satisfacer la dosificación. Para eso se hace uso de la siguiente tabla.

Tabla 47. Asignación de caudal para bomba booster

Fuente: (FARECO S.A., 2015)



De la tabla 47 se obtiene que el caudal de la bomba booster debe ser de 4.3 GPM = 0.27 l/s.

Con los valores obtenidos se reemplaza en la ecuación 11, obteniendose:

$$P_u = \frac{1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times 0.00027 \frac{m^3}{s} \times 47 m}{1000} = 0.12 kW$$

Aplicando una eficiencia general de 70% y reemplazando en la ecuación 12, tenemos que:

$$P_e = \frac{P_u}{\eta_G} = \frac{0.12}{0.7} = 0.18 kW$$

Se determina que la potencia necesaria para satisfacer la demanda es de 0.18 kW, sin embargo el valor comercial inmediato superior para este tipo de bombas es de **0.74kW**, por lo que se selecciona esta potencia como la requerida.

Para corroborar se procede a verificar en el software gratuito de Grundfos ®. Donde se ingresan los datos de caudal 0.5 l/s (aceptación mínima), ADT = 47 m, aplicación para incremento de presión. Tal cual muestra la siguiente figura.

Figura 14. Asignación de parámetros para bomba booster

Fuente: Grundfos ®

A continuación aparecerán una lista de bombas que cumplen con las características ingresadas, de las cuales se debe seleccionar, la que presenta mayor eficiencia en el punto de operación. La figura 11, muestra las diferentes alternativas que brinda el software.

PRODUCTOS ADECUADOS (8)											
<input type="checkbox"/> Acciones conjuntas: EXPORTAR <input type="checkbox"/> AÑADIR COMPARAT.											<input type="checkbox"/> Dimension. tabla: Mostrar ancho total
		Producto n.º	Nombre de producto	Indicador de stock	Precio de venta [EUR]	MPG	Coste del ciclo de vida [EUR/5 años]	Orient. de bomba	Fases	U [V]	P2 [kW]
<input type="checkbox"/>		96806808	CM 3-6	● Producto de stock	397,00	13	1385		3	220-240D/380-415Y	0.65
<input type="checkbox"/>		96806805	CM 3-6	● Producto de stock	419,00	13	1470		1	220-240 V	0.67
<input type="checkbox"/>		98482150	CM 3-6	● To be confirmed in Sales order	705,00	14	1767		1	220-240 V	0.67
<input type="checkbox"/>		98482176	CM 3-6	● Not in stock	705,00	14	1767		1	220-240 V	0.67
<input type="checkbox"/>		98394985	CME 3-4	● Producto de stock	1.124,00	14	2051		1	200-240	1.1
<input type="checkbox"/>		98394997	CME 3-5	● Assembled for you	1.256,00	14	2137		1	200-240	1.1

Figura 15. Bombas booster aplicables a la solución

Fuente: Grundfos ®

La figura 12 muestra la bomba seleccionada. El motor que acciona esta bomba es de **0.74kW** de tal modo que se confirma el valor de potencia calculado. La información completa de la bomba seleccionada se muestra en el anexo 11

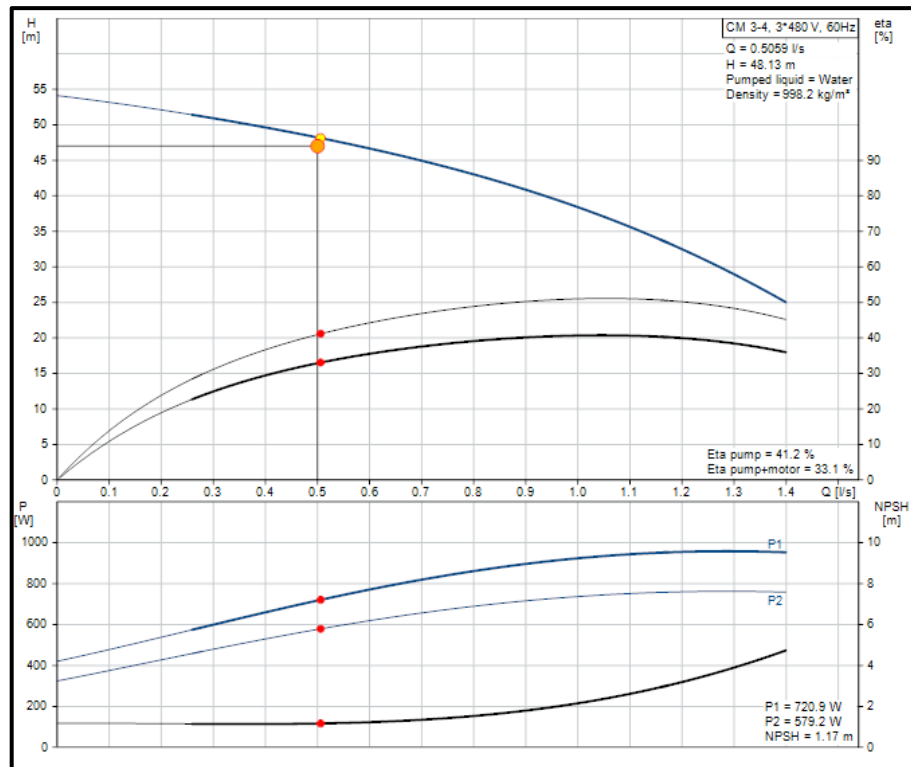


Figura 16. Curva de bomba seleccionada

Fuente: Grundfos ®

4.3 Diseño y selección de los componentes eléctricos.

4.3.1 Proyección de la Máxima Demanda

A continuación se procede a realizar el cálculo de la máxima demanda presentada en la estación, esto en función a las cargas instaladas y a la aplicación de los factores de demanda correspondiente. Todo esto con el objetivo de posteriormente establecer el calibre de los conductores adecuados, así como el de los interruptores de protección.

Para las cargas referentes a tomacorrientes y luminarias, se realiza la asignación de la carga en función a el área techada y no techada de la caseta de bombeo. En el anexo 12, se hace presente las dimensiones de las áreas correspondientes.

Con dicho anexo se obtienen los siguientes datos:

$$\text{Área Total} = 9.0 \times 12.0 = 108 \text{ m}^2$$

$$\text{Área Techada} = 4.75 \times 7.5 = 35.63 \text{ m}^2$$

$$\text{Área no techada} = 108 - 35.63 = 72.37 \text{ m}^2$$

La asignación de la carga unitaria para actividad de uso industrial es de 25 W/m² para áreas techadas y de 5 W/m² para áreas no techadas (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

Por lo que se establece:

$$\text{Área Techada} = 35.63 \text{ m}^2 \times 25 \text{ W/m}^2 = \mathbf{890.75 \text{ W.}}$$

$$\text{Área no techada} = 72.37 \text{ m}^2 \times 5 \text{ W/m}^2 = \mathbf{361.85 \text{ W.}}$$

Total = 1251.85 W, esta carga es asignada para tomacorrientes y luminarias en estación.

A continuación se procede a determinar la carga instalada de los equipos del tablero de control, esto en función a la carga de cada equipo que se encuentra en dicho tablero, la siguiente tabla muestra las cargas correspondientes.

Tabla 48. Cuadro de cargas en Tablero de Control

Fuente: Elaboración propia

CARGAS EN TABLERO DE CONTROL				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. Unit. (W)	P. Tot. (W)
1	Medidor de flujo	1	15	15
2	Medidor de presión	2	5	4
3	Medidor de nivel sumergible	1	4.5	4.5
4	Detector de intrusos	1	6	6
5	Router VPN	1	4.8	4.8
6	PLC	1	5	5
7	HMI	1	12	12
8	Swicht industrial	1	5	5
9	Conversor DC/DC	1	5.5	5.5
10	Relés	6	2.4	14.4
11	Luminaria	1	18	18
12	Ventilador	1	25	25
13	Tomacorriente	1	300	300
14	Fuente UPS AC/DC	1	20	20
15	Otros / Reserva	1	150	150
TOTAL				589.20

A continuación se procede a determinar las cargas en el tablero de fuerza, los mismos que son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 49. Cuadro de cargas en Tablero de Fuerza

Fuente: Elaboración propia

CARGAS EN TABLERO DE FUERZA				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	P. Unit. (W)	P. Tot. (W)
1	Analizador de Red	1	100	100
2	Transformador de corriente	3	10	30
3	Ventilador	2	50	100
4	Luminaria	1	18	18
5	Relé nivel de líquidos	1	10	10
6	Relé de secuencia de fase	1	8	8
7	Relés	9	2.4	21.6
8	Indicadores y pulsadores luminosos	9	10	90
9	Otros	1	50	50
TOTAL				427.60

Con los valores establecidos se procede a asignar los factores de demanda correspondiente. Para este caso por ser una aplicación industrial se considera factor de demanda al 100% (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

A continuación en la tabla 50, se muestra el cuadro de cargas presentes en la estación, en este mismo se establece la máxima demanda requerida para el sistema.

Tabla 50. Cuadro de cargas General

Fuente: Elaboración propia

CARGAS GENERAL				
ITEM	DESCRIPCIÓN	P. Unit. (kW)	Factor Demanda	P. Tot. (kW)
1	Bomba de agua	40	1	40
2	Bomba de cloro	0.74	1	0.7
3	Equipos en Tablero de Control	0.59	1	0.6
4	Equipos en Tablero de Fuerza	0.43	1	0.4
5	Tomacorrientes / luminarias	1.3	1	1.3
6	Reserva	3	1	3
TOTAL				46.1
Se establece que la demanda solicitada para el accionamiento del sistema es de 47kW.				

4.3.2 Dimensionamiento y selección de conductores e interruptor de protección.

El dimensionamiento y selección que a continuación se realiza tiene como base los lineamientos establecidos en el (Ministerio de Energía y Minas, 2006), (INDECOPI, 2005), (INDECOPI, 2002), (INDECOPI, 2014). Buscando que los equipos trabajen de forma óptima.

a) Alimentador principal

Para determinar el cálculo de la corriente nominal se establece la siguiente ecuación. La cual aplica para sistemas trifásicos.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi} \quad (14)$$

Donde I_n es la corriente nominal del sistema, P es la potencia activa, V es la tensión y $\text{Cos}\phi$ es el factor de potencia.

Para este caso se establece un factor de potencia de 0.8, la tensión del sistema es de 380V, la potencia ya ha sido calculada en el cuadro de cargas general, de modo que se procede a reemplazar en la ecuación 14.

$$I_n = \frac{47000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 89.26 \text{ A}$$

En función a la corriente nominal se calcula la corriente de diseño considerando un 30% adicional a esta (Ministerio de Energía y Minas, 2006), de modo que se obtiene:

$$I_d = I_n \times 1.3 = 116.04 \text{ A}$$

En función al dato obtenido se define que por el criterio de ampacidad el conductor debe tener la capacidad de transportar 116.04 A.

Se procede a determinar la sección mínima del conductor en función a la caída de tensión, dado por la siguiente ecuación.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I_d \times \text{Cos}\phi}{\Delta V \times V} \quad (15)$$

Donde ρ es la resistividad del cobre el cual es $0.0172 \Omega \times \text{mm}^2/m$, L es longitud (m), $\text{Cos}\phi$ es el factor de potencia, ΔV es % de caída de tensión y V es tensión (V).

Para el presente diseño se establece una caída de tensión de 1% el cual es un valor menor al 1.8% dictado por (Ministerio de Energía y Minas, 2006). La longitud del alimentador es de 25 m. Reemplazando valores tenemos:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \times 0.0172 \times 25 \times 116.04 \times 0.8}{380 \times 0.01} = 18.19\text{mm}^2$$

Una vez establecido los criterios de ampacidad y caída de tensión se hace uso de la tabla brindada por el fabricante para seleccionar el conductor adecuado.

La tabla 51 muestra la selección del conductor el cual se establece como 25mm^2 N2XOH, éste mismo cumple con los criterios de ampacidad y caída de tensión respectivamente.

Tabla 51 Tabla de Capacidad de corriente conductor N2XOH 0.6/1 kV

Fuente: (INDECO, 2015)

Datos Eléctricos FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple

Sección [mm²]	Amperaje enterrado 20°C [A]	Amperaje aire 30°C [A]	Amperaje ducto a 20°C [A]
4	65	55	55
6	85	65	68
10	115	90	95
16	155	125	125
25	200	160	160
35	240	200	195
50	280	240	230
70	345	305	275
95	415	375	330
120	470	435	380
150	520	510	410
185	590	575	450
240	690	690	525
300	775	790	600
400	895	955	680
500	1010	1100	700

Para establecer la selección del interruptor de protección se toma como referencia la corriente de diseño calculada. Además se toma en consideración la corriente de cortocircuito mínima necesaria, la cual es generada en el conductor alimentador, dado por la ecuación.

$$I_{cc} = \frac{0.8 \times V_n}{R}; R = \rho \frac{L}{S} \quad (16)$$

Donde I_{cc} es corriente de cortocircuito, V_n es voltaje nominal, R es resistencia de la línea, ρ es la resistividad del cobre el cual es $0.0172 \Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$, L es la longitud del alimentador y S es la sección del conductor.

Reemplazando los datos tenemos:

$$I_{cc} = \frac{0.8 \times 380}{0.0172 \Omega \times \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \times \frac{25 \text{ m}}{25 \text{ mm}^2}} = 17.67 \text{ kA}$$

El valor mínimo necesario es de 17.67kA, pudiendose emplear valores comerciales de 25kA y 36 kA.

La tabla 52 muestra la selección del interruptor adecuado, el cual cumple con las condiciones de uso.

Tabla 52 Selección de Interruptor general

Fuente: (Schneider Electric, 2020)

Referencia	Tipo	Regulación unidad de disparo (A)		Capacidad de interrupción última Icu (kA)			Ics (%Icu)
		Largo Retardo (lr)	Instantáneo (Isd)	220V	380V	440V	
LV429772	NSX100F (1)	16-40	1.5 a 10 lr	85	36	35	100
LV429770	NSX100F (1)	40-100	1.5 a 10 lr	85	36	35	100
LV430770	NSX160F (1)	64-160	1.5 a 10 lr	85	36	35	100
LV431770	NSX250F (1)	100-250	1.5 a 10 lr	85	36	35	100
LV432693	NSX400N (2)	160-400	1.5 a 10 lr	85 (4)	50	42	100
LV432893	NSX630N (2)	252-630	1.5 a 10 lr	85 (4)	50	42	100
33466	NS800N (3)	320-800	1.5 a 10 lr	85 (4)	50	50	100
33472	NS1000N (3)	400-1000	1.5 a 10 lr	85 (4)	50	50	100
33478	NS1250N (3)	500-1250	1.5 a 10 lr	85 (4)	50	50	100

b) Alimentador de bomba de agua

Se procede a reemplazar en la ecuación 14.

$$I_n = \frac{40000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 75.96 A$$

En función a la corriente nominal se calcula la corriente de diseño considerando un 30% adicional a esta (Ministerio de Energía y Minas, 2006), de modo que se obtiene:

$$I_d = I_n \times 1.3 = 98.75 A$$

Se procede a determinar la sección mínima del conductor en función a la caída de tensión.

Para el presente diseño se establece una caída de tensión de 2% el cual es un valor menor al 2.2% dictado por (Ministerio de Energía y Minas, 2006). La longitud del alimentador es de 50 m. Reemplazando valores tenemos:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \times 0.0172 \times 50 \times 98.75 \times 0.8}{380 \times 0.022} = 14.07 \text{mm}^2$$

Una vez establecido los criterios de ampacidad y caída de tensión se hace uso de la tabla brindada por el fabricante para seleccionar el conductor adecuado.

La tabla 53 muestra la selección del conductor el cual se establece como 25mm² Flat 600, éste mismo cumple con los criterios de ampacidad y caída de tensión respectivamente. Además presenta las características de ser sumergible apto para bomba de pozo profundo.

Tabla 53 Tabla de Capacidad de corriente conductor Flat 600

Fuente: (Eland Cables, 2020)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS				
NOMINAL CROSS SECTIONAL AREA mm ²	MAXIMUM DIAMETERS OF WIRES IN CONDUCTOR mm	MAXIMUM RESISTANCE OF CONDUCTOR AT 20°C Ohm/km	LAYING IN PIPE AIR (3 ACTIVE PHASES)	
			3 Single Core	1 Three Core
1.5	0.26	13.7	20	19.5
2.5	0.26	8.21	28	26
4	0.31	5.09	37	35
6	0.31	3.39	48	44
10	0.41	1.95	66	60
16	0.41	1.24	88	80
25	0.41	0.795	117	105
35	0.41	0.565	144	128
50	0.41	0.393	175	154
70	0.51	0.277	222	194
95	0.51	0.210	269	233
120	0.51	0.164	312	268
150	0.51	0.132	355	300
185	0.51	0.108	417	340
240	0.51	0.0817	490	398

Por coordinación de aislamiento el valor de la corriente de cortocircuito debe ser igual o menor del valor establecido anteriormente. Para este caso se establece en 36 kA.

La tabla 54 muestra la selección del interruptor adecuado, el cual cumple con las condiciones de uso.

Tabla 54 Selección de Interruptor para bomba de agua

Fuente: (Schneider Electric, 2020)

Referencia	Tipo	Regulación unidad de disparo (A)		Capacidad de interrupción última Icu (kA)			Ics (%Icu)
		Largo Retardo (I _r)	Instantáneo (I _{sd})	220V	380V	440V	
LV429772	NSX100F (1)	16-40	1.5 a 10 I _r	85	36	35	100
LV429770	NSX100F (1)	40-100	1.5 a 10 I _r	85	36	35	100
LV430770	NSX160F (1)	64-160	1.5 a 10 I _r	85	36	35	100
LV431770	NSX250F (1)	100-250	1.5 a 10 I _r	85	36	35	100
LV432693	NSX400N (2)	160-400	1.5 a 10 I _r	85 (4)	50	42	100
LV432893	NSX630N (2)	252-630	1.5 a 10 I _r	85 (4)	50	42	100
33466	NS800N (3)	320-800	1.5 a 10 I _r	85 (4)	50	50	100
33472	NS1000N (3)	400-1000	1.5 a 10 I _r	85 (4)	50	50	100
33478	NS1250N (3)	500-1250	1.5 a 10 I _r	85 (4)	50	50	100

c) Alimentador bomba de cloro

Se procede a reemplazar en la ecuación 14.

$$I_n = \frac{740}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 1.41 \text{ A}$$

En función a la corriente nominal se calcula la corriente de diseño considerando un 30% adicional a esta (Ministerio de Energía y Minas, 2006), de modo que se obtiene:

$$I_d = I_n \times 1.3 = 1.83 \text{ A}$$

Se procede a determinar la sección mínima del conductor en función a la caída de tensión.

Para el presente diseño se establece una caída de tensión de 2% el cual es un valor menor al 2.2% dictado por (Ministerio de Energía y Minas, 2006). La longitud del alimentador es de 10 m. Reemplazando valores tenemos:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{3} \times 0.0172 \times 10 \times 1.83 \times 0.8}{380 \times 0.022} = 0.052 \text{ mm}^2$$

En función a los valores calculados se procede a seleccionar el conductor apropiado para la aplicación.

Se establece que para circuitos de alimentación el conductor mínimo a seleccionar es de 2.5mm² y para circuitos de control 1.5 mm² (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

La tabla 55 muestra la selección del conductor 2.5mm² THW-90, el cual cumple las condiciones de ampacidad, caída de tensión, así como también lo establecido por la norma.

Tabla 55 Tabla de Capacidad de corriente conductor THW-90

Fuente: (INDECO, 2020)

CONDUCTOR		CAPACIDAD DE CORRIENTE Ampere			
Calibre AWG-MCM	Sección mm ²	Instalaciones en Tubo Máximo Tres Conductores		Instalaciones al Aire Libre	
		TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR			
		70 °C	90 °C	70 °C	90 °C
18	0,821	9	14	13	18
	1,0	11	16	16	24
16	1,31	13	18	19	24
	1,5	15	22	23	27
14	2,08	20	25	28	35
	2,5	20	27	28	35
12	3,31	25	30	33	40
	4	26	34	35	46
10	5,26	34	40	48	55
	6	36	42	50	60

Para este caso se establece en 10 kA, por ser carga ligera y tomando en cuenta la coordinación de aislamiento.

Se establece que el interruptor mínimo para circuitos alimentadores es de 10A y para circuitos de control es 6A (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

La tabla 56 muestra la selección del interruptor adecuado para la aplicación, para este caso se selecciona el código A9F7410. Tal cual muestra la tabla 56.

Tabla 56 Selección de Interruptor para bomba de cloro

Fuente: (Schneider Electric, 2020)

Referencia	Tipo	In (A)	Capacidad de interrupción última			
			IEC60898-1 400VAC (A)	230VAC (kA)	400VAC (kA)	440VAC (kA)
A9F74301	iC80N	1	6000	50	50	25
A9F74302	iC80N	2	6000	50	50	25
A9F74304	iC80N	4	6000	50	50	25
A9F74306	iC80N	6	6000	20	10	6
A9F74310	iC80N	10	6000	20	10	6
A9F74316	iC80N	16	6000	20	10	6
A9F74320	iC80N	20	6000	20	10	6
A9F74325	iC80N	25	6000	20	10	6
A9F74332	iC80N	32	6000	20	10	6
A9F74340	iC80N	40	6000	20	10	6
A9F74350	iC80N	50	6000	20	10	6
A9F74363	iC80N	63	6000	20	10	6

Para las cargas establecidas en el tablero de control y fuerza, también se toma en cuenta los criterios de ampacidad, caída de tensión y norma. Obteniéndose los conductores presentados en las tablas que se muestran a continuación.

Tabla 57. Conductores seleccionados en Tablero de Control

Fuente: Elaboración propia.

CALIBRE DE CONDUCTORES SELECCIONADOS PARA TABLERO DE CONTROL					
Nº	DESCRIPCION	Pot consumo (w)	Calibre mm ²	I _{max} (A) de Conductor	Detalle
1	Conductor de Medidor de flujo	15.0	1.5	22	1 - 2 x 1.5mm ² + Shilder (Apantallado)
2	Conductor de Medidor de presión	4.0	1.5	22	1 - 2 x 1.5mm ² + Shilder (Apantallado)
3	Conductor de Medidor de nivel sumergible	4.5	1.5	22	1 - 2 x 1.5mm ² + Shilder (Apantallado)
4	Conductor de Detector de intrusos	6.0	1.5	22	1 - 2 x 1.5mm ² + Shilder (Apantallado)
5	Conductor de Router VPN	4.8	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
6	Conductor de PLC	5.0	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
7	Conductor de HMI	12.0	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
8	Conductor de Switch industrial	5.0	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
9	Conductor de Conversor DC/DC	5.5	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
10	Conductor de Relés de control	14.4	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
11	Conductor de Luiminaria	18.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
12	Conductor de Ventilador	25.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
13	Conductor de Tomacorriente	300.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
14	Conductor de Fuente UPS AC/DC	20.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
15	Conductor de Otros	150.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90

Tabla 58. Conductores seleccionados en Tablero de Fuerza

Fuente: Elaboración propia.

CALIBRE DE CONDUCTORES SELECCIONADOS PARA TABLERO DE FUERZA					
Nº	DESCRIPCION	Pot consumo (w)	Calibre mm ²	I _{max} (A) de Conductor	Detalle
1	Conductor de Analizador de red	100.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
2	Conductor de Transformador de aislamiento	30.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
3	Conductor de Ventilador	100.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
4	Conductor de Luminaria	18.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
5	Conductor de Relé nivel de líquidos	8.0	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
6	Conductor de Relé de secuencia de fase	21.6	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
7	Conductor de Relés auxiliares	90.0	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
8	Conductor de Indicadores y pulsadores luminosos	10.0	1.5	22	2 x 1.5mm ² + PE / THW-90
9	Conductor de Otros	50.0	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90

Tabla 59. Conductores seleccionados de Cargas generales

Fuente: Elaboración propia.

Nº	DESCRIPCION	Pot consumo (kW)	Calibre mm ²	I _{max} (A) de Conductor	Detalle
1	Alimentador principal	47	25	160	3 x 25mm ² + 1x16mm ² + PE / N2XOH
2	Alimentador bomba de agua	40	25	117	1 - 3 x 25mm ² + PE / FLAT 600
3	Alimentador bomba de cloro	0.74	2.5	27	3 x 2.5mm ² + PE / THW-90
4	Alimentador en cargas de Tablero de control	0.59	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
5	Alimentador en cargas de Tablero de Fuerza	0.43	2.5	27	2 x 2.5mm ² + PE / THW-90
6	Alimentador Tomacorrientes / luminarias	1.3	4	34	2 x 4mm ² + PE / THW-90

4.3.3 Diseño y selección de tableros eléctricos

A continuación se procede a realizar el diseño y selección de tableros eléctricos en función a las necesidades de operación del sistema. Así mismo este diseño se basa en el cumplimiento de la Norma IEC-61439. La cual mejora el rendimiento eléctrico y certifica la seguridad de los gabinetes (Legrand, 2015).

Características Eléctricas

Se definen tensiones de operación para tablero de fuerza y control:





Tablero de fuerza: $U_n = 380 \text{ VAC}$

Tablero de control: $U_n = 220 \text{ VAC}$

En función a las tensiones nominales se procede a seleccionar la tensión máxima de empleo y la tensión soportada a los impulsos, mediante la siguiente tabla.

Tabla 60. Selección de tensión máxima de empleo y tensión de impulso

Fuente: (ABB, 2018)

Valor máximo de la tensión nominal de empleo a tierra en CA (valor rms) o de CC	Tensión nominal del sistema de alimentación (< tensión nominal de aislamiento del equipo)				Valores preferentes de tensión nominal soportada a impulsos (1,2/50 μ s) a 2000 m			
	V				Categoría de sobretensión			
	 Valor de CA rms	 Valor de CA rms	 Valor de CA rms o de CC	 Valor de CA rms o de CC	IV	III	II	I
V				Nivel al origen de instalación (entrada de servicio)	Nivel del circuito de distribución	Nivel de la carga (equipos eléctricos)	Nivel especialmente protegido	
50	-	-	12,5, 24, 25, 30, 42, 48	-	1,5	0,8	0,5	0,33
100	66/115	66	60	-	2,5	1,5	0,8	0,5
150	120/208 127/220	115, 120 127	110, 120	220-110, 240-120	4	2,5	1,5	0,8
300	220/380 230/400 240/415 260/440 277/480	220, 230 240, 260 277	220	440-220	6	4	2,5	1,5
600	347/600 380/660 400/690 415/720 480/830	347, 380, 400 415, 440, 480 500, 577, 600	480	960-480	8	6	4	2,5
1000	-	660 690, 720 830, 1000	1000	-	12	8	6	4

Con los valores obtenidos de la tabla 60, se define:

Para tablero de fuerza:

Tensión nominal (U_n) = 380 VAC

Tensión nominal máxima ($U_{m\acute{a}x}$) = 600 VAC

Tensión soportada al impulso (U_{imp}) = 8kV (1.2/50 μ s)

Para tablero de control:

Tensión nominal (U_n) = 2200 VAC

Tensión nominal máxima ($U_{m\acute{a}x}$) = 300 VAC

Tensión soportada al impulso (U_{imp}) = 6kV (1.2/50 μ s)

Corriente de cortocircuito

Anteriormente se estableció en 36kA para el circuito alimentador, por lo que los tableros deben tener la capacidad de 30% adicional (Legrand, 2015). Por lo que se establece un valor de 50kA.

Verificación de rigidez dieléctrica

En función a la tensión máxima se asignan los valores de rigidez dieléctrica. De la tabla 61 se toma el valor de 1.5 kVAC para el tablero de control y 1.89kVAC para el tablero de fuerza.

Tabla 61 Rigidez dieléctrica

Fuente: (ABB, 2018)

Tensión nominal de aislamiento U_i (Entre las fases en CA o en CC) V	Tensión de prueba dieléctrica, valor rms de CA V	Tensión de prueba dieléctrica ^{b)} CC V
$U_i \leq 60$	1000	1415
$60 < U_i \leq 300$	1500	2120
$300 < U_i \leq 690$	1890	2670
$690 < U_i \leq 800$	2000	2830
$800 < U_i \leq 1000$	2200	3110
$1000 < U_i \leq 1500$ ^{a)}	-	3820

Verificación de Temperatura

Cumpliendo con la norma IEC 61439-1: Se establecen valores de temperatura de operación para tablero de control y de fuerza, teniendo valores de 2°C hasta un máximo de 65°C, soportando picos de 75°C solo en tiempos limitados.

Clasificación de Tableros: De acuerdo con la tipología de su construcción, la norma IEC 61439-1 distingue entre cuadros de tipo abierto y de tipo cerrado.

Para este caso se selecciona el **tipo cerrado**: Un cuadro es cerrado cuando está rodeado por paneles protectores por todos sus lados con el fin de proporcionar un grado de protección contra el contacto directo no inferior a IPXXB.

Dentro de la clasificación funcional: **Tablero de fuerza y control.**

Grado IP: Según la tabla 62, se establece el grado de protección IP65, protección contra el polvo y el chorro de agua.

Tabla 62 Selección grado IP

Fuente: (ABB, 2018)

	Protección del equipo	Contra el acceso a piezas peligrosas con:
Primera cifra característica (entrada de cuerpos sólidos extraños)	0	no protegido
	1 \geq 50 mm de diámetro	dorso de la mano
	2 \geq 12,5 mm de diámetro	dedo
	3 \geq 2,5 mm de diámetro	herramienta
	4 \geq 1 mm de diámetro	cable
	5 protegido contra el polvo	cable
	6 totalmente protegido contra el polvo	cable
Segunda cifra característica (entrada de agua)	0 no protegido	
	1 caída vertical	
	2 caída de gotas de agua (inclinación 15°)	
	3 lluvia	
	4 salpicadura de agua	
	5 chorro de agua	
	6 chorros potentes (similar a olas marinas)	
	7 inmersiones temporales	
8 inmersión continua		

Distancias de aislamiento mínimas:

Para este caso se selecciona el grupo I con tensión nominal menor a 600V, y tensión de aislamiento de 400V. Según se muestra la tabla 63, el distanciamiento mínimo entre equipos debe de ser de 1.5mm.

Tabla 63 Distancia mínima de aislamiento

Fuente: (ABB, 2018)

Tensión nominal de aislamiento U _v	Distancias de aislamiento superficial mínimas (mm)							
	Grado de contaminación							
	1	2			3			
	Grupo de materiales	Grupo de materiales			Grupo de materiales			
	I	I	II	IIIa y IIIb	I	II	IIIa	IIIb
32	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
40	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	1,8
50	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	1,9
63	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,8	2	2
80	1,5	1,5	1,5	1,5	1,7	1,9	2,1	2,1
100	1,5	1,5	1,5	1,5	1,8	2	2,2	2,2
125	1,5	1,5	1,5	1,5	1,9	2,1	2,4	2,4
160	1,5	1,5	1,5	1,6	2	2,2	2,5	2,5
200	1,5	1,5	1,5	2	2,5	2,8	3,2	3,2
250	1,5	1,5	1,8	2,5	3,2	3,6	4	4
320	1,5	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	5
400	1,5	2	2,8	4	5	5,6	6,3	6,3
500	1,5	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8,0	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	10
800	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	
1000	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	
1250	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	
1600	5,6	8	11	16	20	22	25	

Diseño mediante software

Según los lineamientos establecidos por la norma IEC, se procede a realizar el diseño según el modo de operación descrito anteriormente. En este caso se hace uso del Software AutoCAD ®. Para el diseño del tablero de fuerza y control.

Valiéndose de los lineamientos de la Norma IEC 60439, se obtiene el siguiente diseño del tablero de fuerza, que se propone como estándar normalizado, tal cual se muestra en la figura 17. Así mismo el diseño completo incluyendo diagramas unifilares y multifilares se encuentra en el Anexo 13.

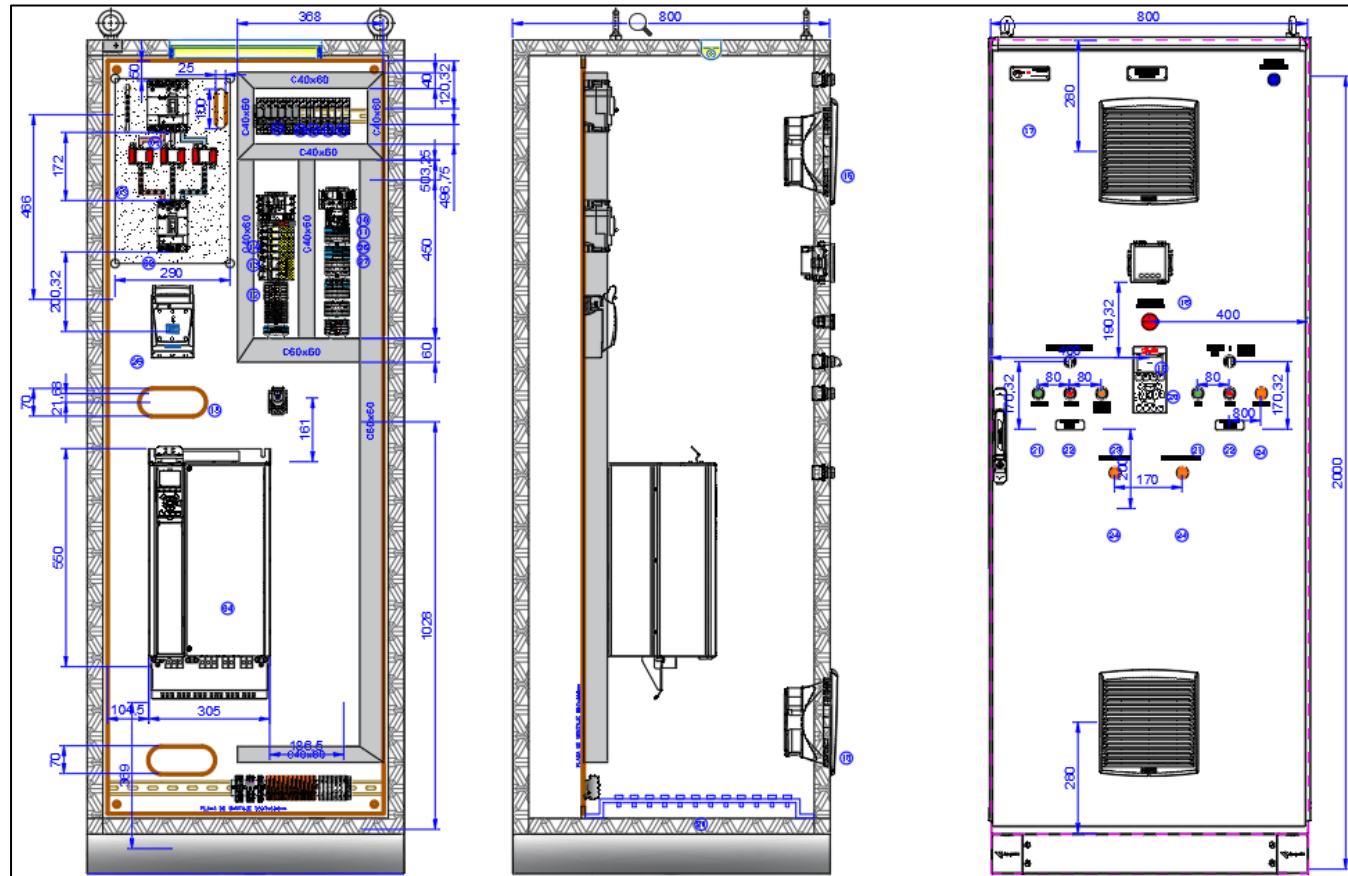


Figura 17. Diagrama de emplazamiento de tablero de fuerza

Fuente: Elaboración propia

Del mismo modo, conforme a la norma IEC, se obtiene el siguiente diseño del tablero de control, que se propone como estándar normalizado, tal cual se muestra en la figura 18. Así mismo el diseño completo incluyendo diagramas unifilares y multifilares se encuentra en el Anexo 14.

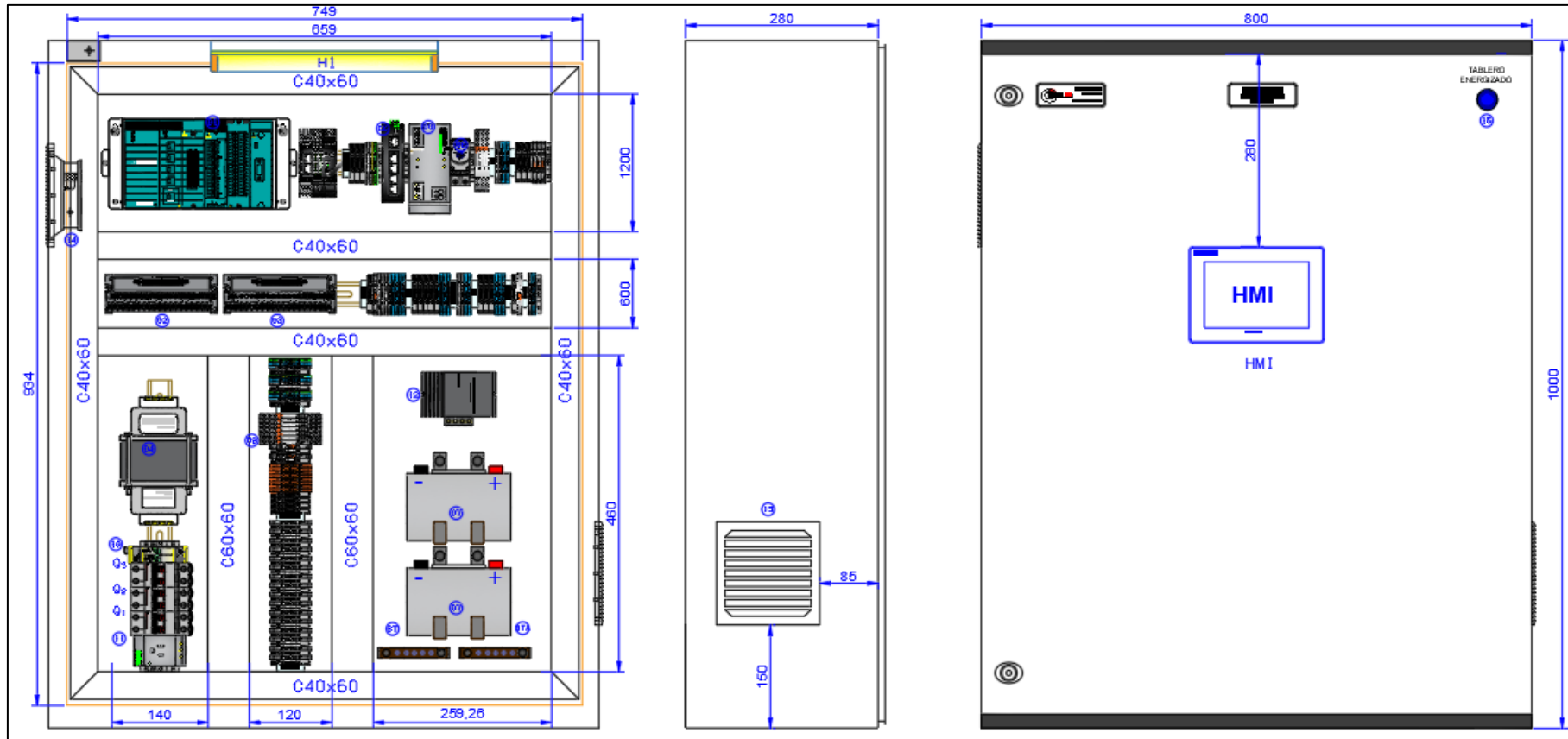


Figura 18. Diagrama de emplazamiento de tablero de control

Fuente: Elaboración propia

4.4 Programación mediante software del sistema de bombeo automatizado.

El proceso de programación mediante software, busca establecer una emulación del sistema de bombeo, de tal modo que se muestre el funcionamiento del mismo, buscando garantizar un funcionamiento óptimo con disposición continua del recurso hídrico en la población proyectada. Para el desarrollo de esto se hace uso de la proyección de la arquitectura de comunicación según las necesidades previamente establecidas. Posteriormente se plasma la distribución de equipos en un diagrama de P&ID, de tal modo que se logre identificar el proceso a controlar. Luego se declaran las variables inmersas en el proceso y finalmente se lleva a cabo el desarrollo de la programación en el PLC y el sistema SCADA respectivamente.

4.4.1 Arquitectura de comunicación

Se procede a realizar la arquitectura de comunicación, tal cual muestra la figura 19. En dicha figura se establece que los equipos de presión y nivel sumergible, relizan en envío de datos, mediante el estándar de señal física la cual es de 4 – 20 mA. Mientras que los equipos que se comunican mediante el protocolo de comunicación modbus RTU son, el medidor de flujo electromagnético, el analizador de red y el variador de frecuencia. Así mismo los equipos comunicados mediante el protocolo de comunicación modbus TCP/IP son el PLC, router VPN y el HMI. Todos los equipos de campo concentran la señal en el PLC y el router VPN realiza el enlace mediante GPRS a la nube (internet). Toda esta data es recepcionada en el servidor VPN y reproducida en el sistema SCADA presente en la sala de control.

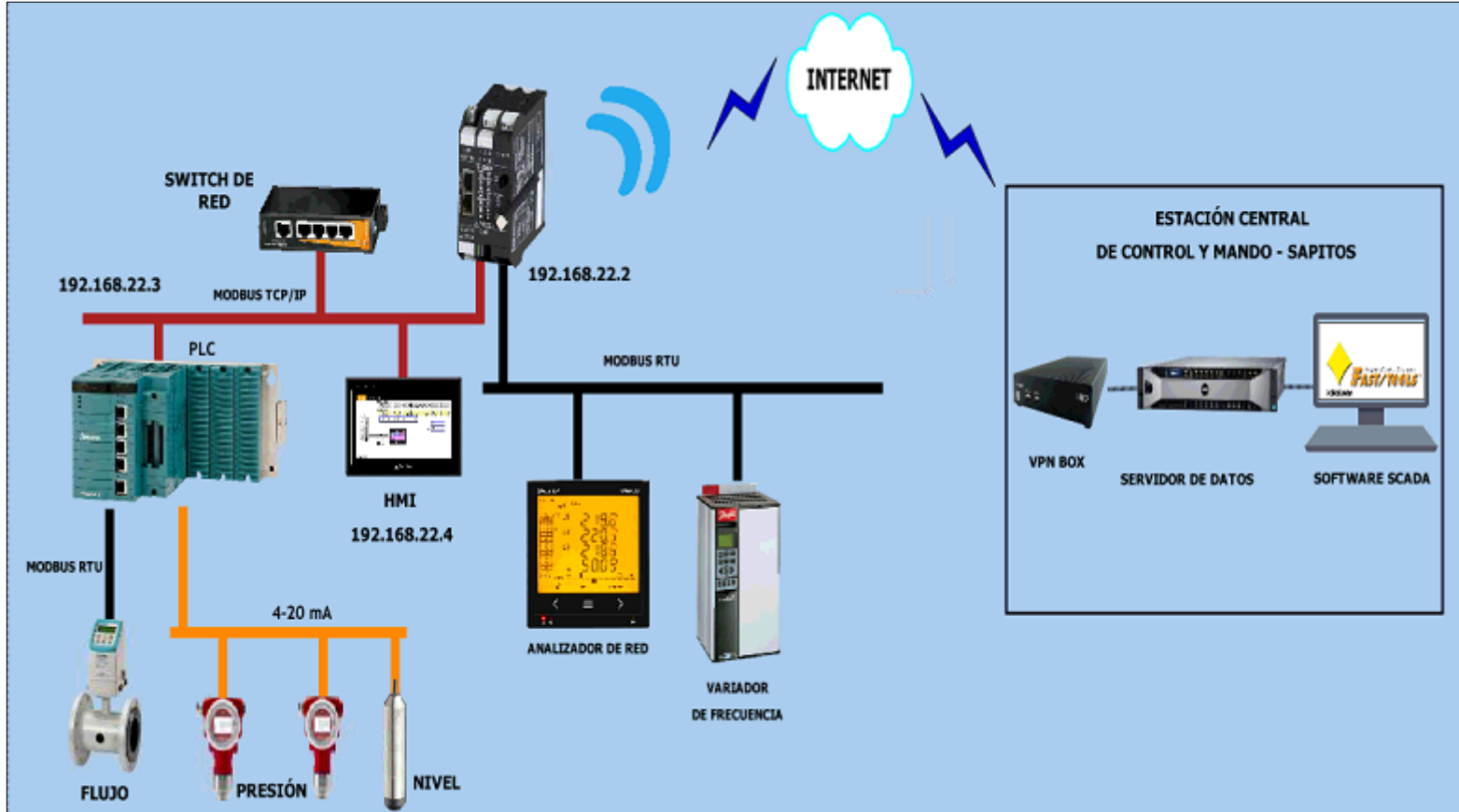


Figura 19. Arquitectura de comunicación

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Diagrama P&ID

A continuación se plasma el diagrama P&ID del sistema de bombeo, tal cual se muestra en la figura 20, en donde en el pozo se encuentra la bomba de tipo sumergible, a su vez existe un interruptor de nivel de tipo digital, encargado de dar las señales de nivel alto (LSH) y nivel bajo (LSL). También existe un transmisor de nivel sumergible (LT) el cual mide el nivel continuo en el pozo. En el árbol de impulsión existen 2 transmisores de presión (PIT), los cuales monitorean la presión en la línea de forma continua, uno antes de la válvula check y otro después. Como parte de la protección existe un presostato (SP) el cual se acciona ante sobre presiones. También se encuentra un medidor de flujo (FIT) el cual mide la cantidad de flujo producido en forma de caudal volumétrico (l/s) y el acumulado (m³). En el reservorio existe un interruptor de nivel que da los estados de nivel alto (LS) y nivel bajo (LSL). En este también se presenta un transmisor de nivel (LT) que mide esta variable de forma continua. Para la dosificación de cloro se presenta el accionamiento de la bomba de cloro (BC), la cual es accionada posteriormente al encendido de la bomba de agua.

Todas las variables físicas de campo son recolectadas por el controlador (CP) el cual ejecuta las tareas programadas en función a las necesidades pertinentes. Para el envío de la señal de nivel de reservorio respecto al pozo, se realiza vía GPRS, enviándose la señal desde el equipo de control del reservorio (RT). Todo lo detallado se plasma en la siguiente figura.

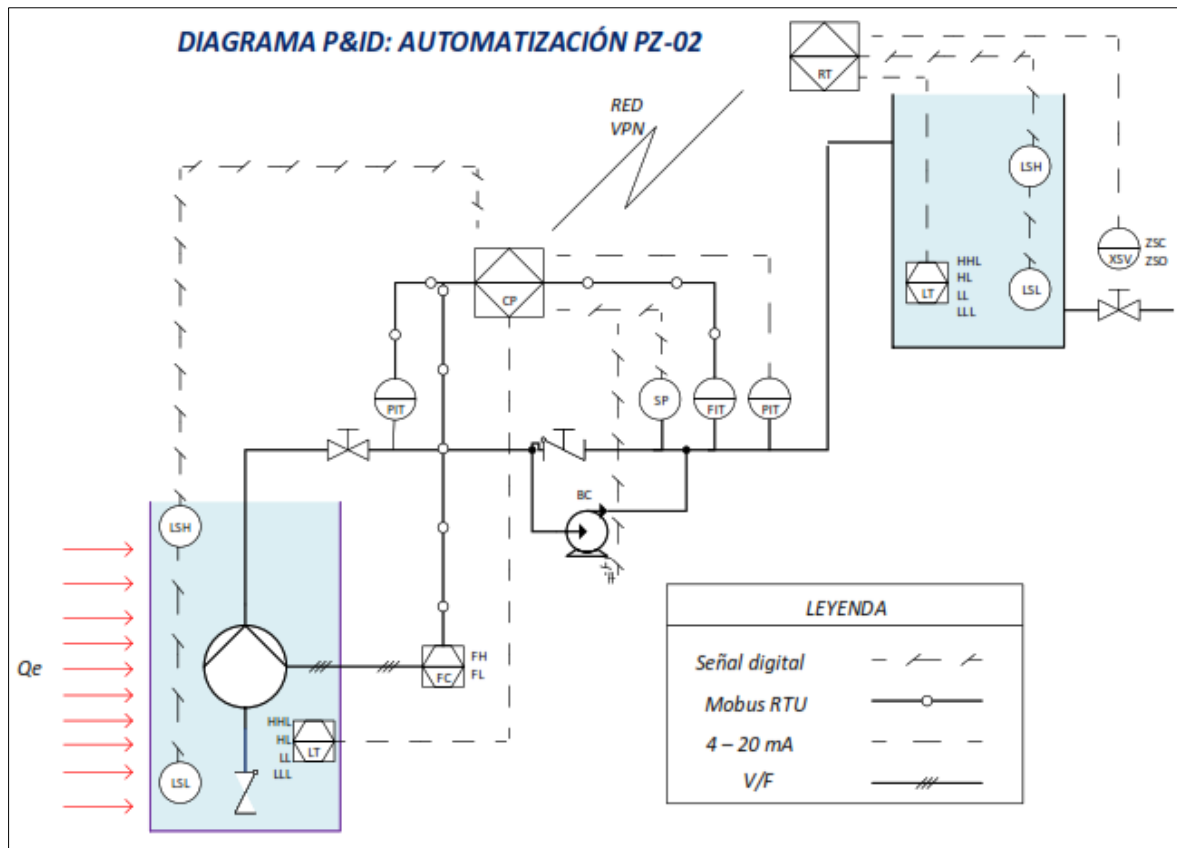


Figura 20. Diagrama P&ID del sistema de Bombeo

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Declaración de variables

Una vez declarados los sensores y controladores, se procede a establecer las variables necesarias para el control, de tal modo que se efectúe la secuencia de operación de forma óptima.

En la tabla 64 que a continuación se muestra, se establecen las variables de tipo digital, análogas y bus de campo. Todas estas son recopiladas en el controlador para el monitoreo y accionamiento en la estación, ésto considerando la lógica generada en el PLC.

Tabla 64. Variables I/O del sistema de bombeo

Fuente: Elaboración propia

PRUEBAS - POZO 2 - ALTOS DEL VALLE								
RTU					INTERFACE			
N°	TAG_PLC	Descripción	Permiso	Tipo	Medio	Dirección	Tipo Dato	Test
1	UPS_BAT_ALM	Indica una alarma en el UPS	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_01	-RL-24-08	OK
2	UPS_BAT_MODE	UPS proporcionando energía 24 VDC	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_02	-RL-24-09	OK
3	ENERG_CONTROL	Tablero energizado - Control	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_03	-RL-220-01	OK
4	PIR_ALM	Sensor detector de presencia	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_04	-E1	OK
5	PHASE_LOSS	Detecta pérdida de fase	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_05	-SF1	OK
6	ENERG_FORCE	Tablero energizado - Fuerza	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_06	-1KA8	OK
7	EMERG_STOP	Detecta parada de emergencia	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_07	-S1	OK
8	HIGH_PRESSURE	Detecta señal de presión alta	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_08	-1KA7	OK
9	LOW_LEVEL	Detecta señal de nivel bajo	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_09	-1KA6	OK
10	LOCAL	Detecta modo local	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_10	-1KA1	OK
11	REMOTE	Detecta modo remoto	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_11	-1KA2	OK
12	WAT_PUMP_FLT	Detecta falla en variador	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_12	-1KA5	OK
13	WAT_PUMP_ACK	Confirma arranque de BB-Agua	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_13	-1KA4	OK
14	CHL_PUMP_ACK	Detecta cierre de contactor de BB-Cloro	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_14	-2KM1	OK
15	CHL_PUMP_FLT	Señal falla BB-Cloro	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_15	4KA1	OK
16	FORCE_DOOR	Interruptor de puerta abierta - TF	Read	Bool	Digital Input	I_D_01_02_16	-S3	OK
17	WAT_PUMP	Salida para activar bomba de agua	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_01	-RL-24-01	OK
18	CHL_PUMP	Salida para activar bomba de cloro	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_02	-RL-24-02	OK
19	REST_VDF	Salida para resetear falla en variador	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_03	-RL-24-03	OK
20	SPEED_UP_VDF	Incrementa frecuencia	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_04	-RL-24-04	OK
21	SPEED_DOWN_VDF	Desciende frecuencia	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_05	-RL-24-05	OK
22	ZCV_SL01_INF	Accionamiento V. Purga, solenoide inferior	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_06	-RL-24-06	OK
23	ZCV_SL02_SUP	Accionamiento V. Purga, solenoide superior	Read	Bool	Digital Output	Q_D_01_02_07	-RL-24-07	OK
21	PIT001_MCA	Presión de la línea en mH2O (antes de check)	Read	Real	Input Analog	I_A_01_02_01		OK
22	PIT002_MCA	Presión de la línea en mH2O (después de check)	Read	Real	Input Analog	I_A_01_02_02		OK
23	LT001	Nivel Hidrostático del pozo	Read	Real	Input Analog	I_A_01_02_03		OK
25	FIT001_INST	Flujo Instantáneo	Read	Real	MODBUS	RS-485		OK
26	FIT001_TOT	Flujo Totalizado	Read	Real	MODBUS	RS-485		OK
SENECA					INTERFACE			
N°	TAG_PLC	Descripción	Permiso	Tipo	Medio	Dirección	Tipo Dato	Test
1	OPEN_ZCV	Confirma apertura de válvula	Read	Bool	Digital Input	DI_01	-ZCV001	OK
2	CLOSE_ZCV	Confirma cierre de válvula	Read	Bool	Digital Input	DI_02	-ZCV001	OK
3	CONTROL_DOOR	Interruptor de puerta abierta - TC	Read	Bool	Digital Input	DI_03	-S2	OK

4.4.4 Programación en PLC

Como ya se ha definido en el diseño morfológico, el PLC más apropiado para ésta aplicación es el YOKOGAWA – RTU, el cual para su configuración emplea 2 software's. Para el reconocimiento de hardware se emplea el software **Resource Configurator** ®. Mientras que el software para establecer la lógica de operación es el **Logic Designer** ®.

Programación en Resource Configurator ®:

Como se ha mencionado anteriormente, este software, se encarga de reconocer el hardware del equipo y a su vez presenta la predisposición para la asignación de los TAG's referentes a las variables del proceso en los I/O. A continuación se presenta el proceso de programación correspondiente.

Al iniciar, se procede a conectarse al equipo mediante la dirección IP declarada en la arquitectura de comunicación, tal cual muestra la figura 21.

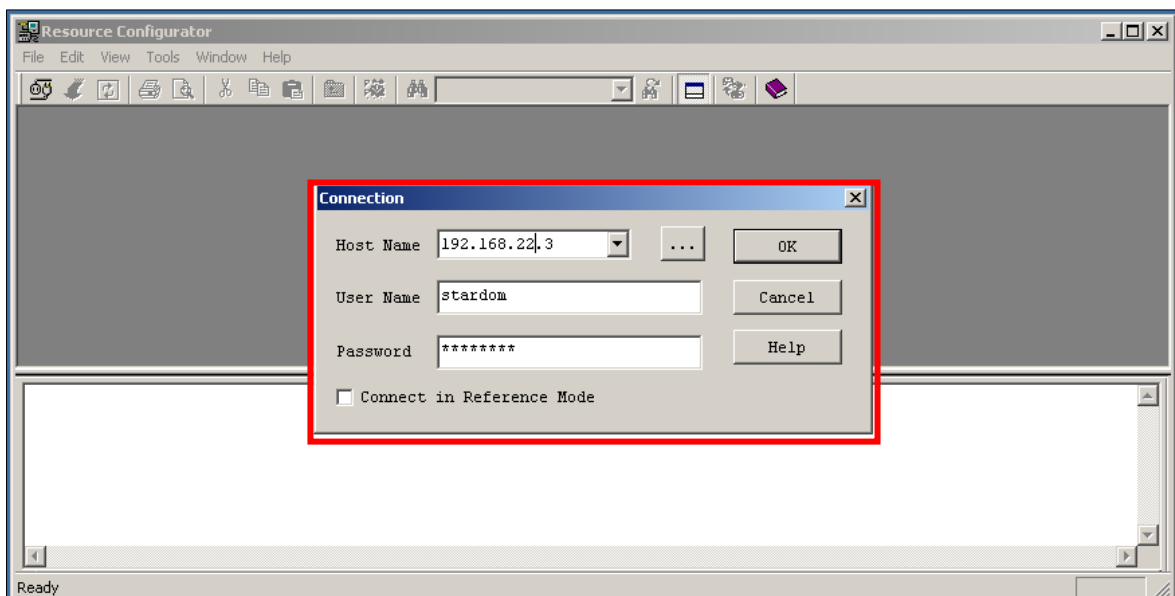


Figura 21. Ingreso a software Resource Configurator ®

Fuente: Elaboración propia, generado en software Resource Configurator ®

Una vez conectado al controlador e iniciado en la red IP correspondiente, se detecta automáticamente el CPU que presenta el PLC, mostrando la información principal del controlador, tales como, tipo de estación, número de serial, año de manufactura y estados de la memoria interna. Así mismo se muestran los módulos I/O conectados al PLC, los cuales son analógicos (AI/O) y digitales (DI/O). Tal cual se muestra en la figura 22

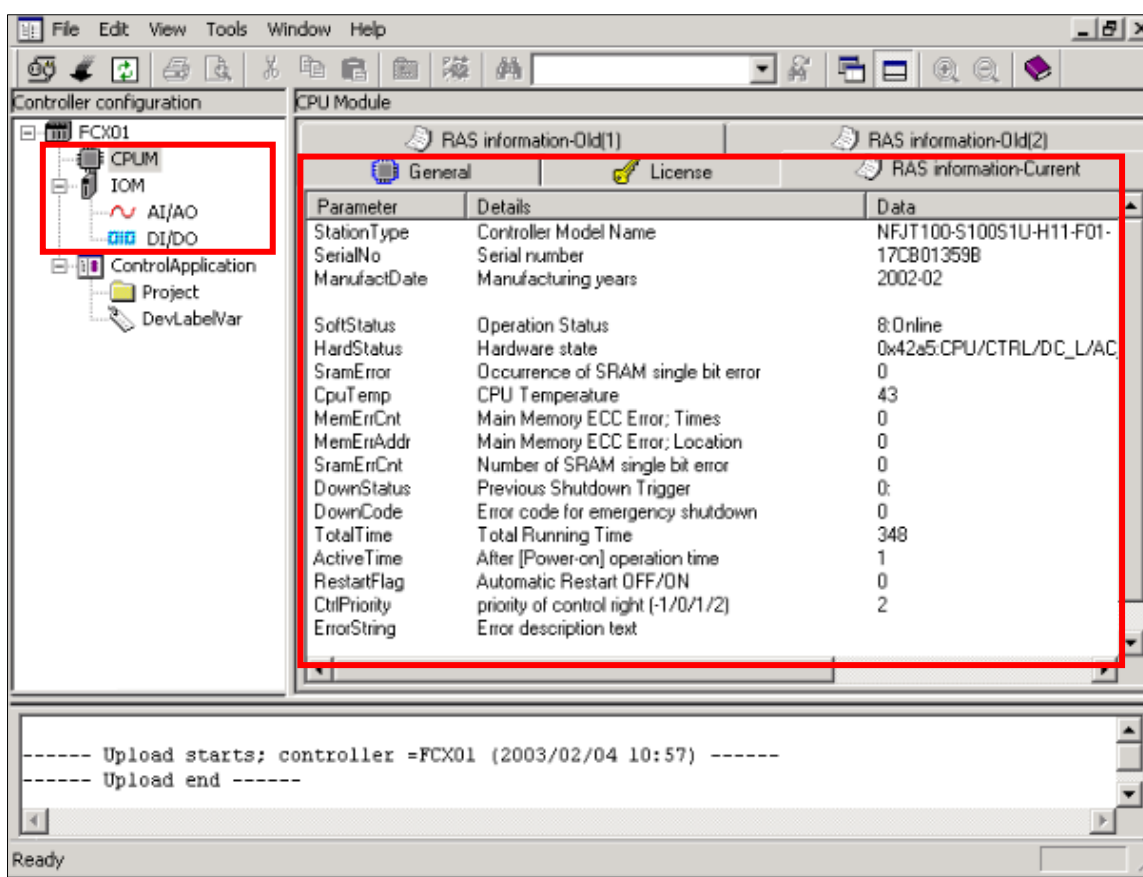


Figura 22. Detección de hardware en PLC

Fuente: Elaboración propia, generado en software Resource Configurator ®

Para el ingreso a la configuración se debe validar la licencia predispuesta en el mismo controlador, tal cual se muestra en la figura 23.

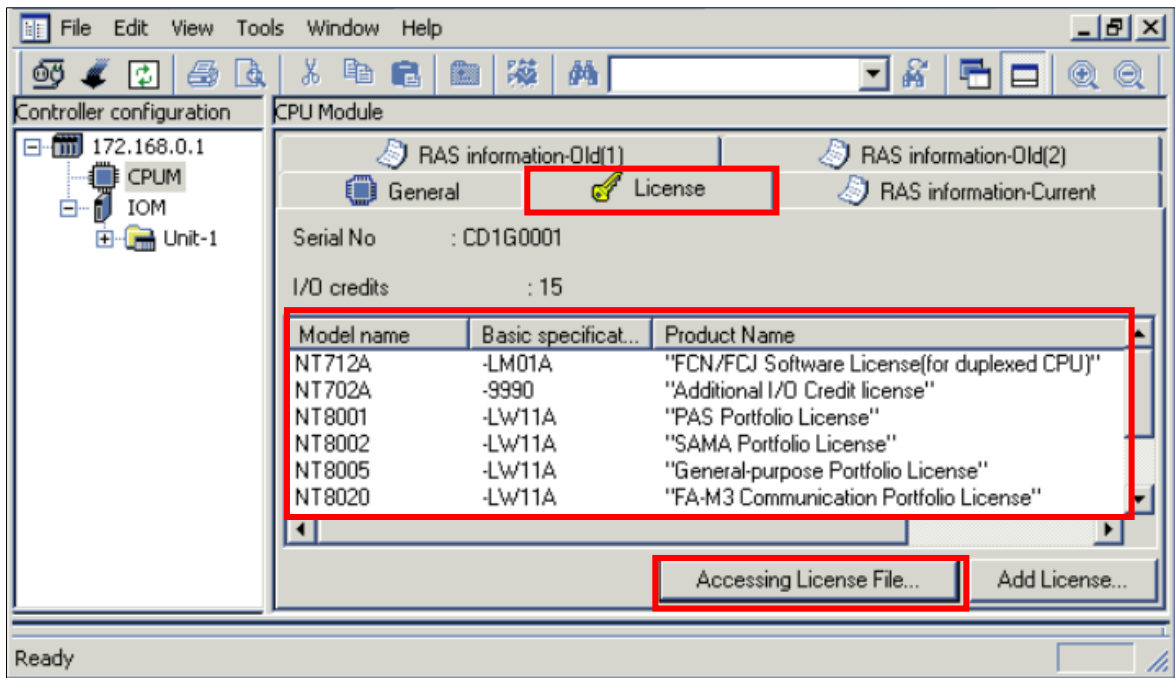


Figura 23. Detección de licencia en PLC

Fuente: Elaboración propia, generado en software Resource Configurator ®

Posteriormente en la figura 24 a cada módulo detectado, tanto análogo como digital, se procede a asignar los TAG's de las variables del proceso. Las mismas que fueron declaradas en la tabla de variables. Esto se asigna por cada canal disponible en el controlador y de forma secuencial. Para las variables de entradas digitales se establecen los TAG's de I_D_01_02_0X, donde X es el número del canal (16 canales asignados). Mientras que para las variables de salidas digitales se establece Q_D_01_02_0X, donde X es el número del canal (7 canales asignados) y finalmente para las entradas análogas I_A_01_02_0X, donde X es el número del canal (3 canales asignados). Tal cual se muestra a continuación.

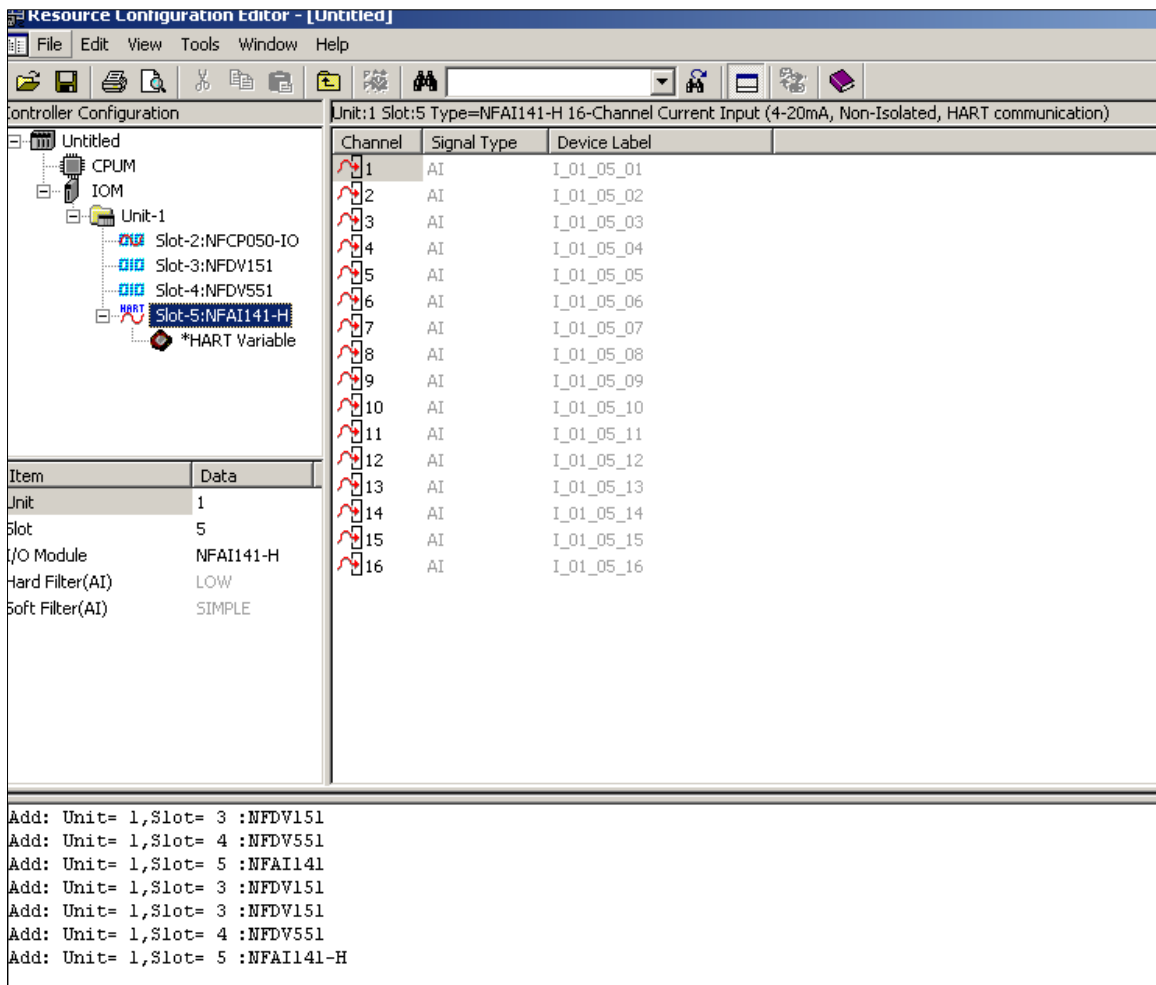


Figura 24. Asignación de TAG's para I/O

Fuente: Elaboración propia, generado en software Resource Configurator ®

Programación en Logic Designer ®:

El presente software se emplea para realizar la programación de la lógica de operación.

La estructura se basa en POUs (Unidades Organizativas Programadas). Estableciendo función (FUN), en donde no se tiene variables estáticas, donde los valores de entrada son los valores de salida. Así mismo se establecen bloques funcionales (FB), donde presenta variables estáticas, estas se encuentran en función a las variables externas, ejecutando bloques individuales. Generando en conjunto el programa

(PROG), el cual ejecuta tareas de forma simultánea, según las rutinas de ejecución establecidas (International Electrotechnical Commission - IEC, 2016).

Se emplea el lenguaje de tipo escalera (LAD), la cual representa una gráfica de las variables en tipo booleano, considerando bobinas y contactos; semejante a circuitos eléctricos típicos (lógica cableada). Así mismo se emplea el lenguaje de función de bloques (FBD), dado por rutinas secuenciales de procesos precedentes a tareas, así como también establece la lectura y conversión de valores reales en booleanos (UNED, 2011).

A continuación se procede a crear un nuevo programa, para este caso, en función a la estructura del controlador se establece el STARDOM NPAS. Tal cual se muestra en la figura 25.

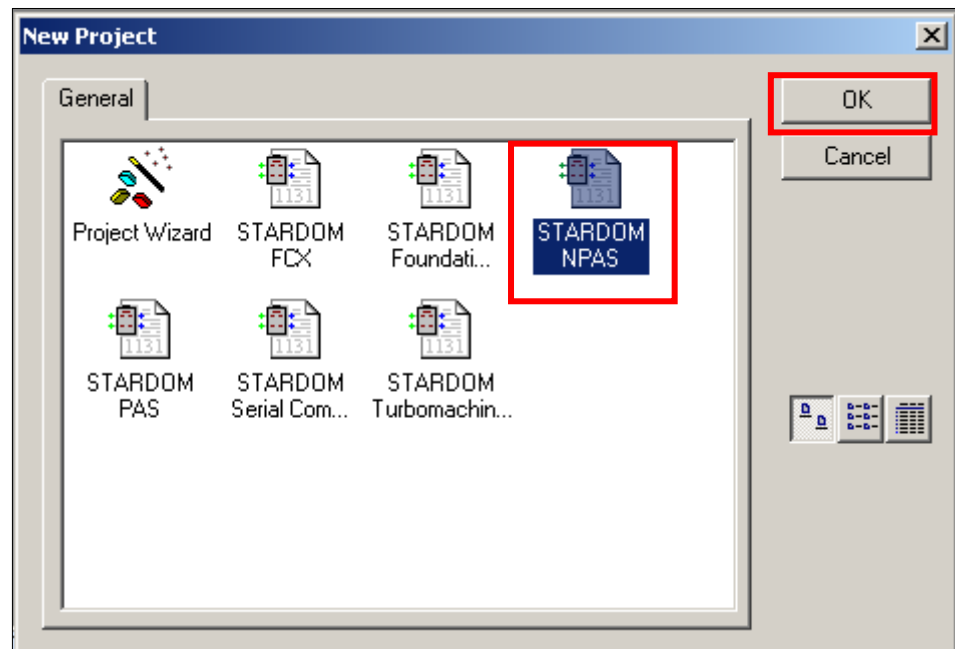


Figura 25. Creación de nuevo proyecto

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Para establecer la conexión y crear el programa en el controlador, se establece la comunicación seteando la IP del equipo, mediante la ruta Target Setting, asignándose como IP la dirección 192.168.22.3, tal cual se muestra en la siguiente imagen.

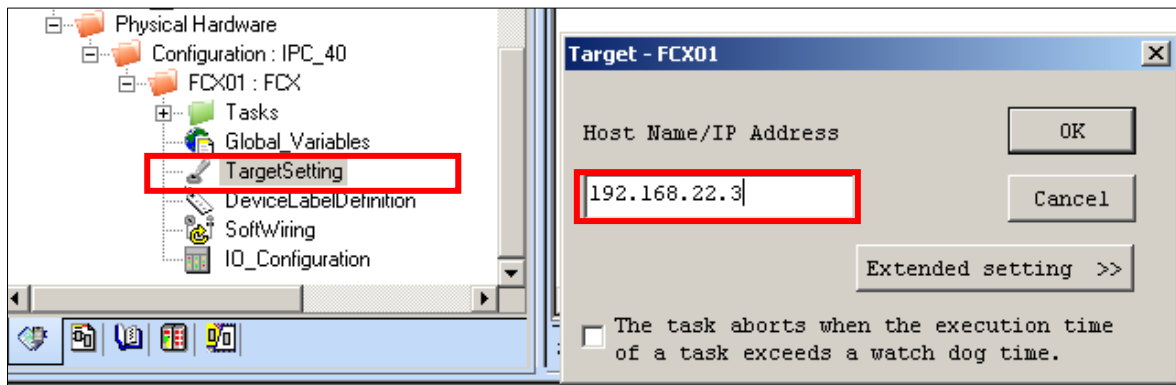


Figura 26. Asignación de IP en Logic Designer

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Se procede con la creación de los POU, para este caso, se establece la siguiente organización de tareas: entradas, salidas, lógica, alarmas, modbus maestro, modbus servidor y buffer.

Entradas: Dicho POU es creado para la lectura de las variables físicas declaradas en los I/O, tanto para señales digitales como analógicas. En la figura 27 se muestra la creación mencionada.

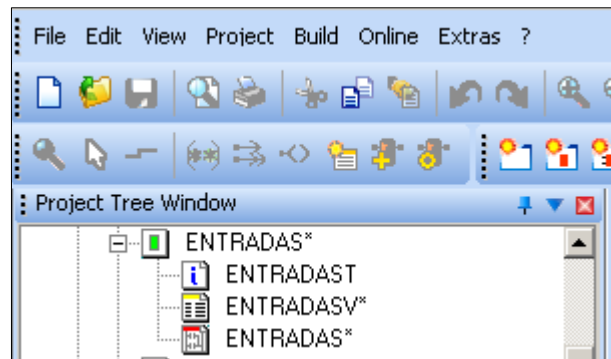


Figura 27. POU: Entradas

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Así mismo se procede a realizar la lectura de las entradas digitales, estas se realizan a través de el bloque NPAS_DI_STS_X, donde X es el número del canal a leer. En función a las variables declaradas se crean los bloques para la lectura de los 16 canales mencionados. La figura 28 muestra la evidencia de los canales leídos.

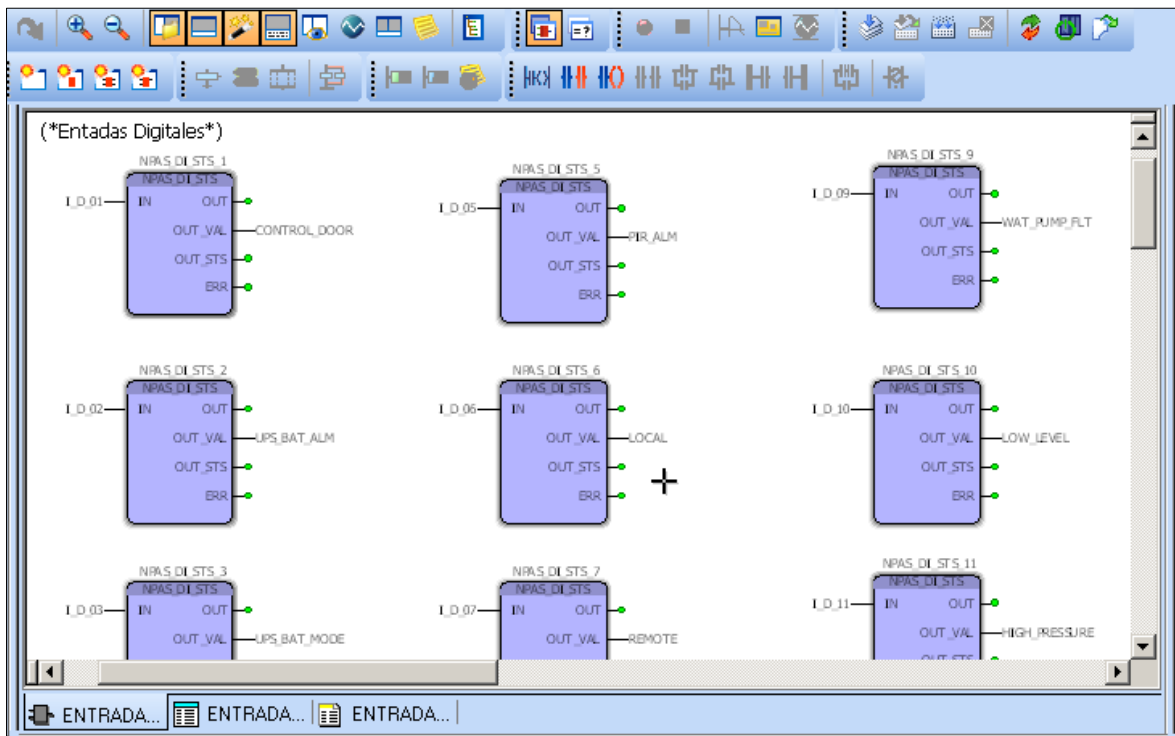


Figura 28. Lectura de entradas digitales

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Posterior a esto se realiza la lectura de los canales análogos, esto con el bloque NPAS_AI_ANLG_X, donde X es el número del canal a leer. En función a las variables declaradas se crean los bloques para la lectura de los 3 canales mencionados. La figura 29 muestra la evidencia de los canales leídos.

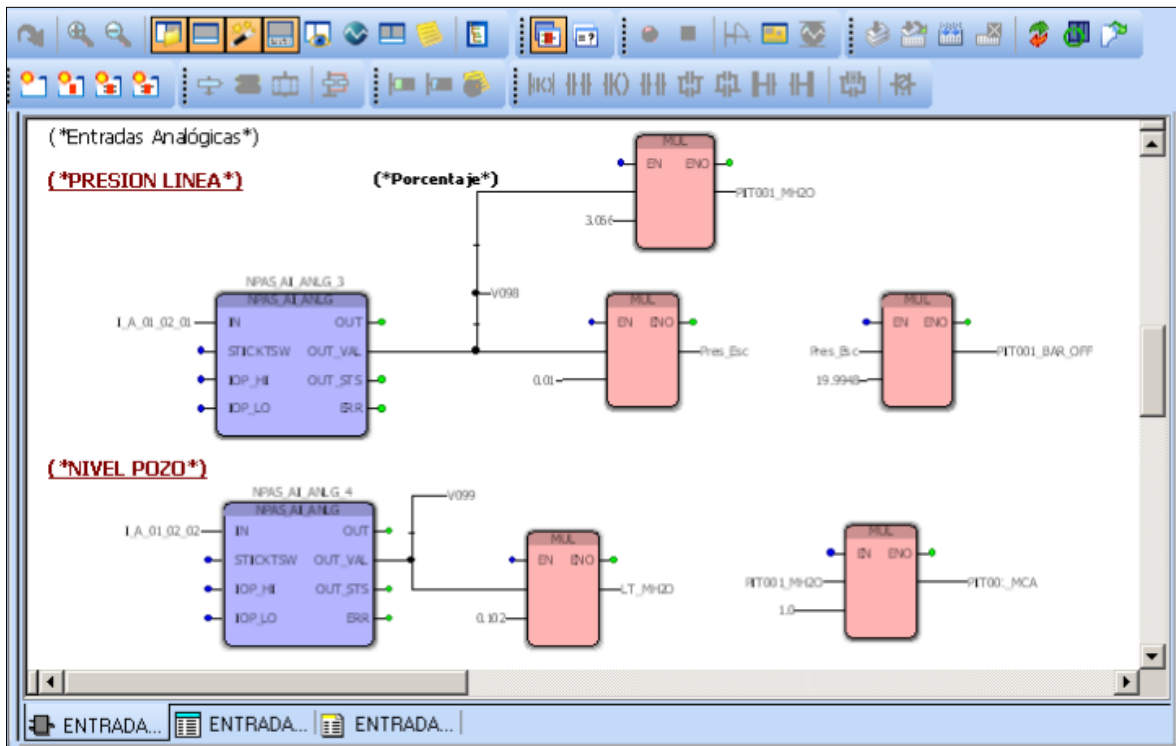


Figura 29. Lectura de entradas análogas

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Salidas: Dicho POU es creado para el accionamiento de las salidas físicas correspondiente a las variables declaradas en los I/O, para este caso las 7 salidas declaradas. Para ello se hace uso de el bloque NPAS_DO_STS_X, donde X es el número del canal a escribir. En la figura 30 se muestra la evidencia de ello.

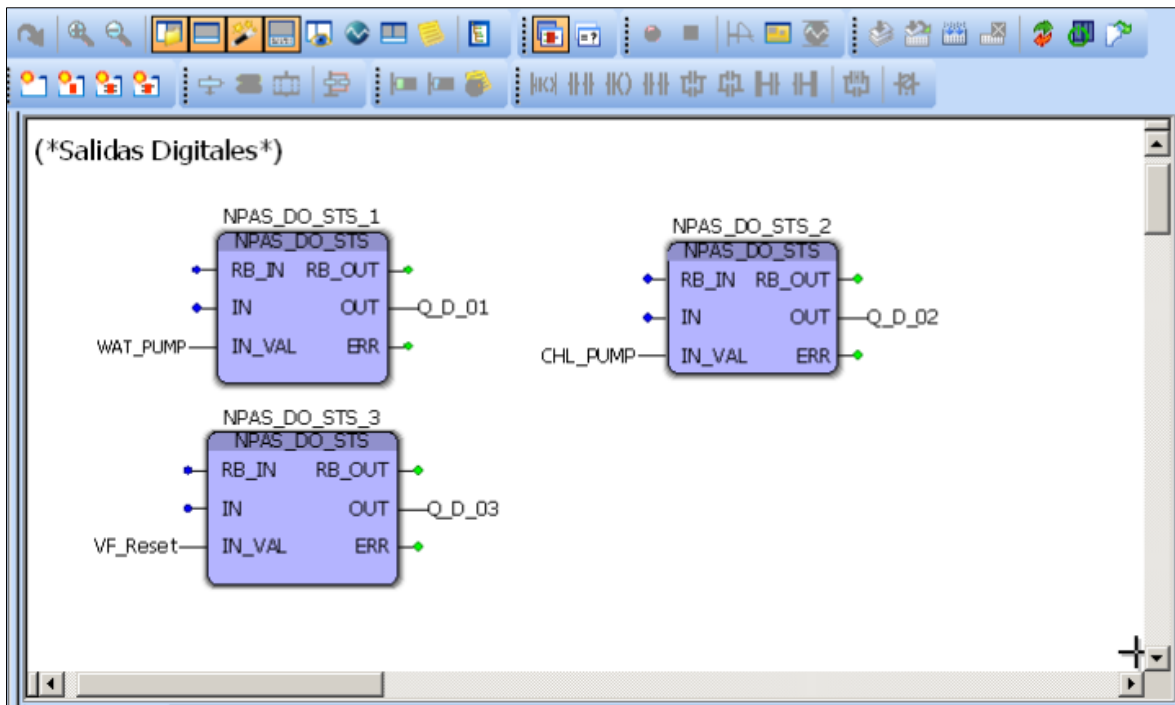


Figura 30. Salidas análogas

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Lógica: Dicho POU es creado para el desarrollo de la lógica operacional, realizado principalmente bajo el lenguaje LAD, para ello se crean variables locales en el POU y se realiza la conexión del circuito entre sí, según las condiciones de operación. En la figura 31 se muestra el diagrama LAD para el arranque de la bomba de agua y de cloro respectivamente, considerando, la condición de accionamiento del modo remoto y la salida digital de arranque para cada bomba en forma accionada.

Así mismo en la figura 32 se muestra las 3 secuencias de bombeo previamente establecidas, estas afectadas por las condiciones de manual / automático en gabinete y el interlock en cual esta ligado a las alarmas declaradas en el sistema.

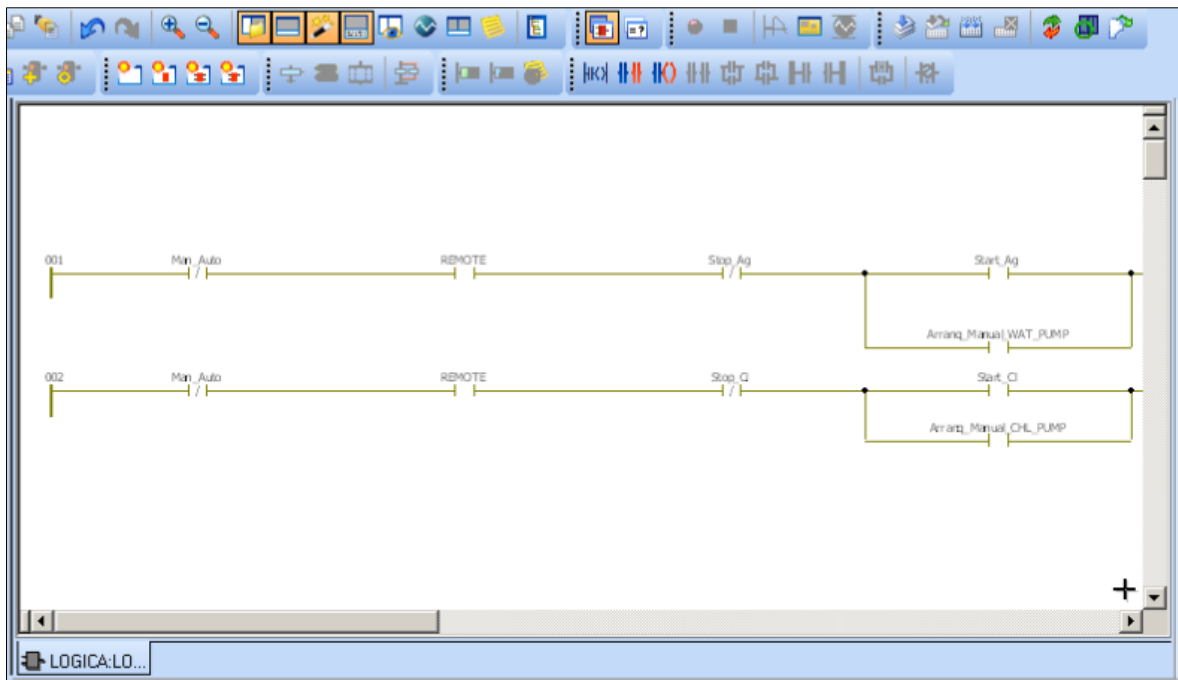


Figura 31. Diagrama LAD

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

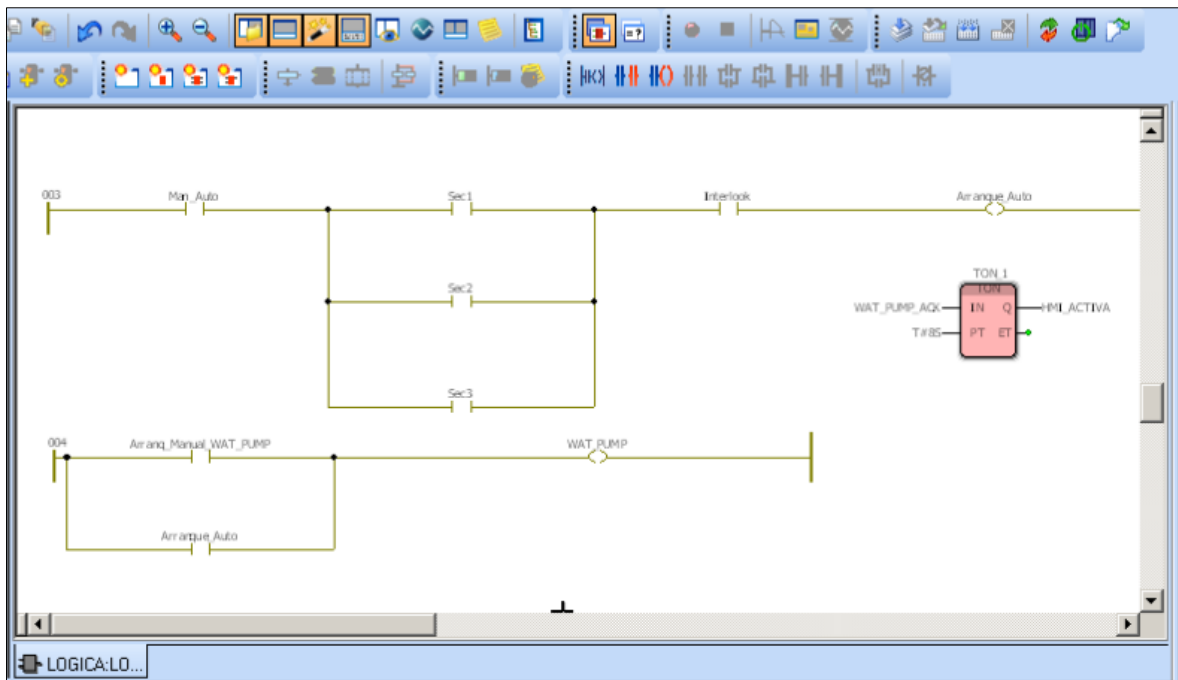


Figura 32. Secuencias de bombeo en LAD

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Alarmas: Dicho POU es creado para el desarrollo de alarmas que protejan al sistema ante eventos no deseados, estas se encuentran divididas en dos paquetes, a las cuales declaramos como alarmas de variables reales y alarmas de variables digitales. En la figura 33 se muestran las alarmas de variables reales, las cuales son: presión alta en línea de bombeo, voltaje alto y voltaje bajo en red eléctrica, tal cual se muestra a continuación.

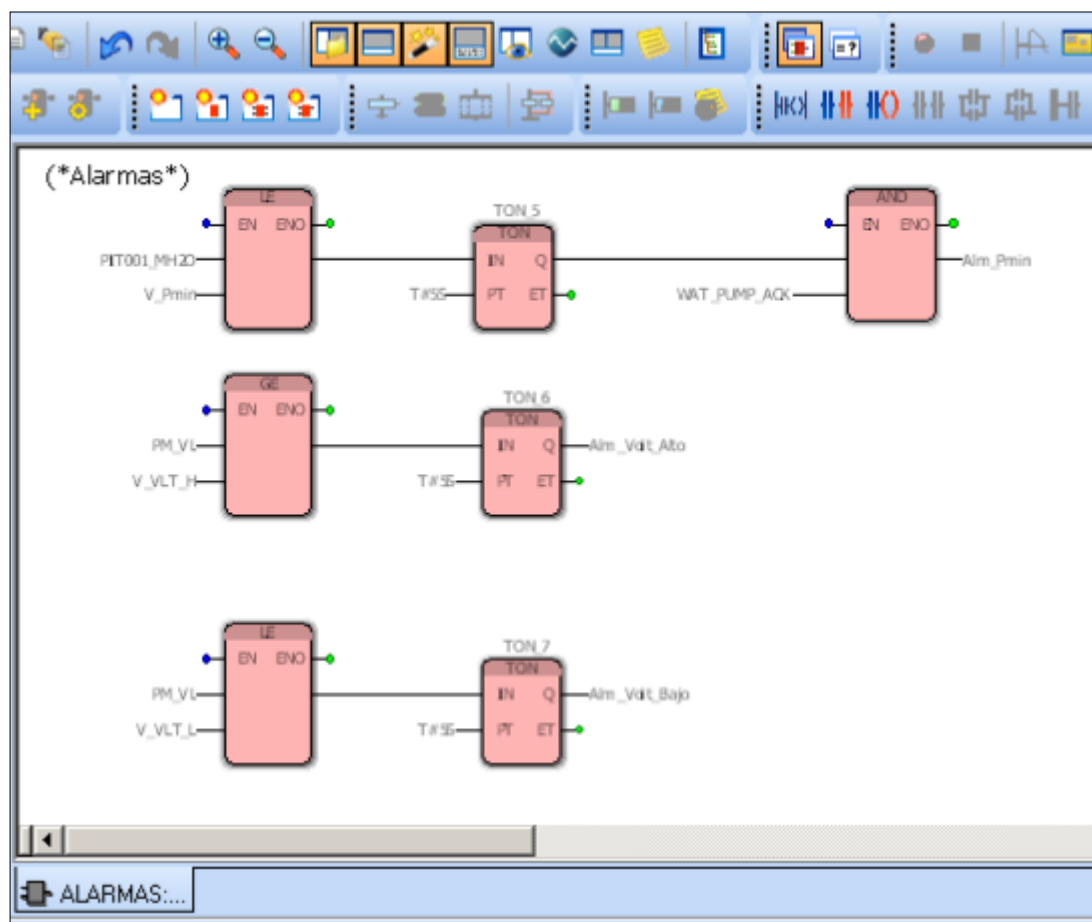


Figura 33. Alarmas generadas por variables reales

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 34 se muestran las alarmas de variables digitales, las cuales son: presión alta en línea de bombeo, voltaje alto y

voltaje bajo en red eléctrica, confirmación de encendido de bomba, nivel bajo en pozo, pulsador de parada de emergencia, ausencia de energía en tablero, tal cual se muestra a continuación.

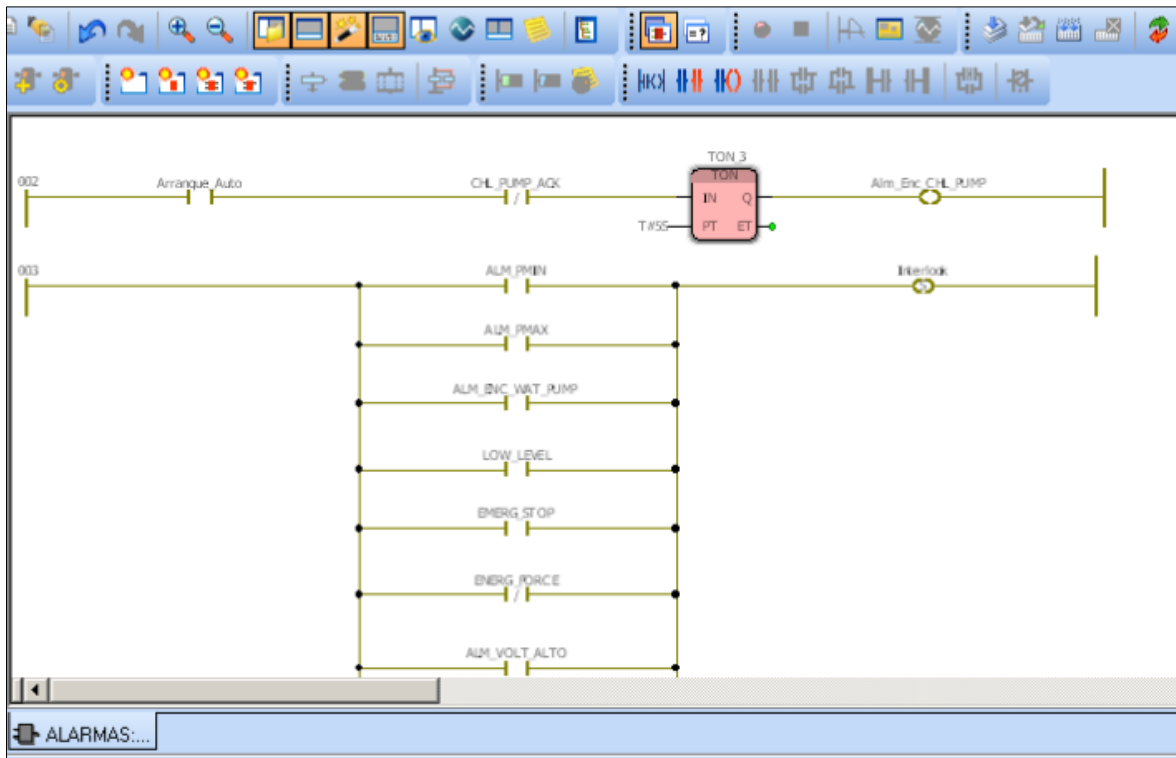


Figura 34. Alarmas generadas por variables digitales

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Modbus Maestro: Dicho POU es creado para el desarrollo de la lectura de las variables presentes en el analizador de red, variador de frecuencia y medidor de flujo, a través del protocolo de comunicación Modbus RTU, declarando la estación de lectura y estableciendo los nodos pertinentes. La figura 35 muestra la declaración de la estación de lectura hecha a través del bloque SD_CMDDB_SM_DM_OPEN_1, estableciéndose este como maestro, la cual se muestra en la siguiente figura.

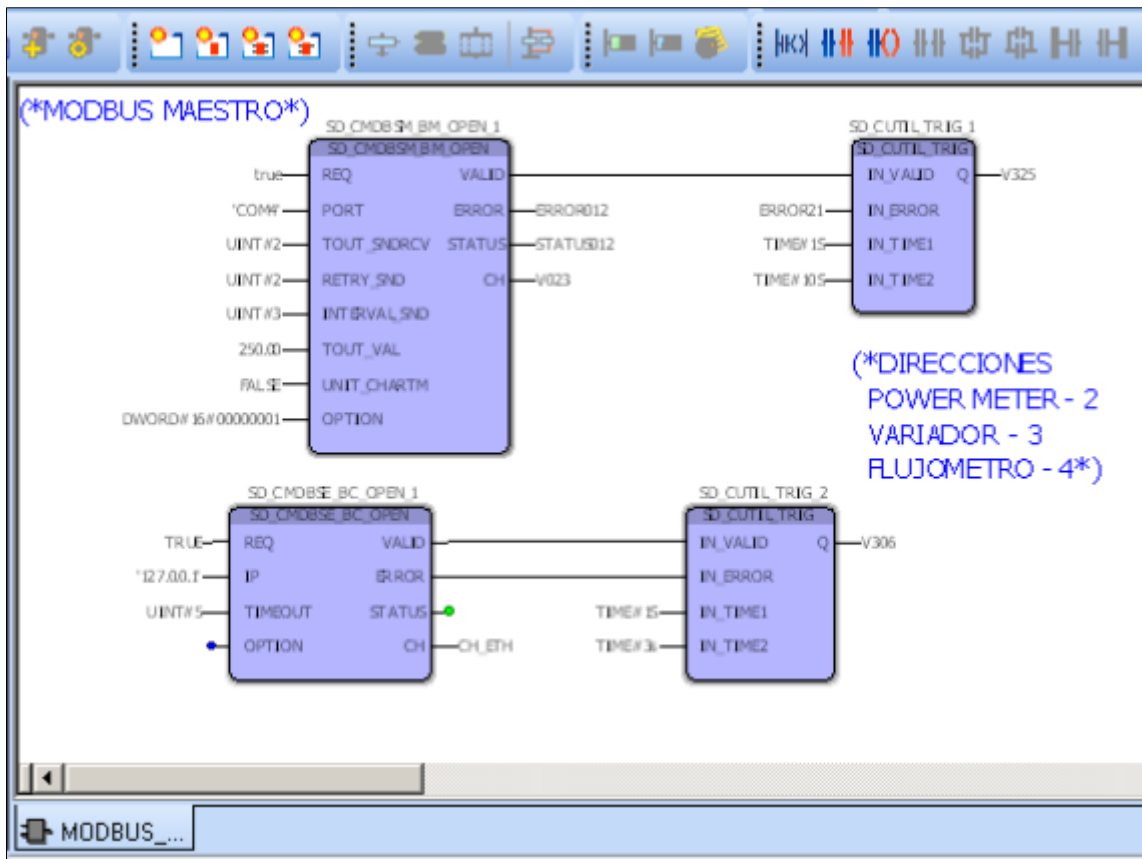


Figura 35. Modbus Maestro RTU

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 36 se muestra la lectura del analizador de red, por medio del protocolo Modbus RTU. Convirtiendo palabras dobles a real, por medio del bloque SD_CUTIL_W2DW y escalando el valor real a través de un factor dividiendo, por medio del bloque DIV. Obteniéndose todos los parámetros eléctricos que se miden en dicho equipo, tales como corriente de línea y fase, tensión de línea y fase, potencia, factor de potencia, energía y %THD. Tal cual se muestra a continuación.

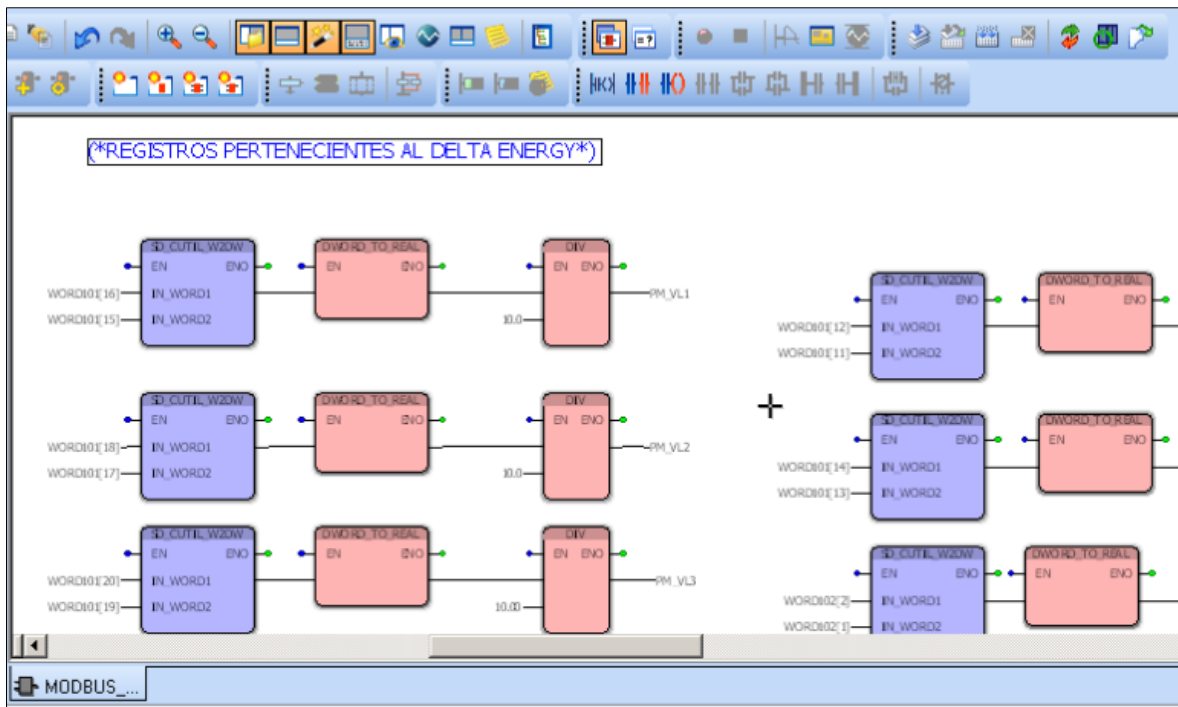


Figura 36. Lectura Modbus RTU de Analizador de red

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 37 se muestra la lectura del medidor de flujo, por medio del protocolo Modbus RTU. Convirtiendo palabras dobles a real, por medio del bloque SD_CUTIL_W2R y escalando el valor real a través de un factor multiplicador, por medio del bloque MUL. Obteniendose los parámetros de caudal instantáneo en l/s y el volúmen acumulado en m³. Tal cual se muestra a continuación.

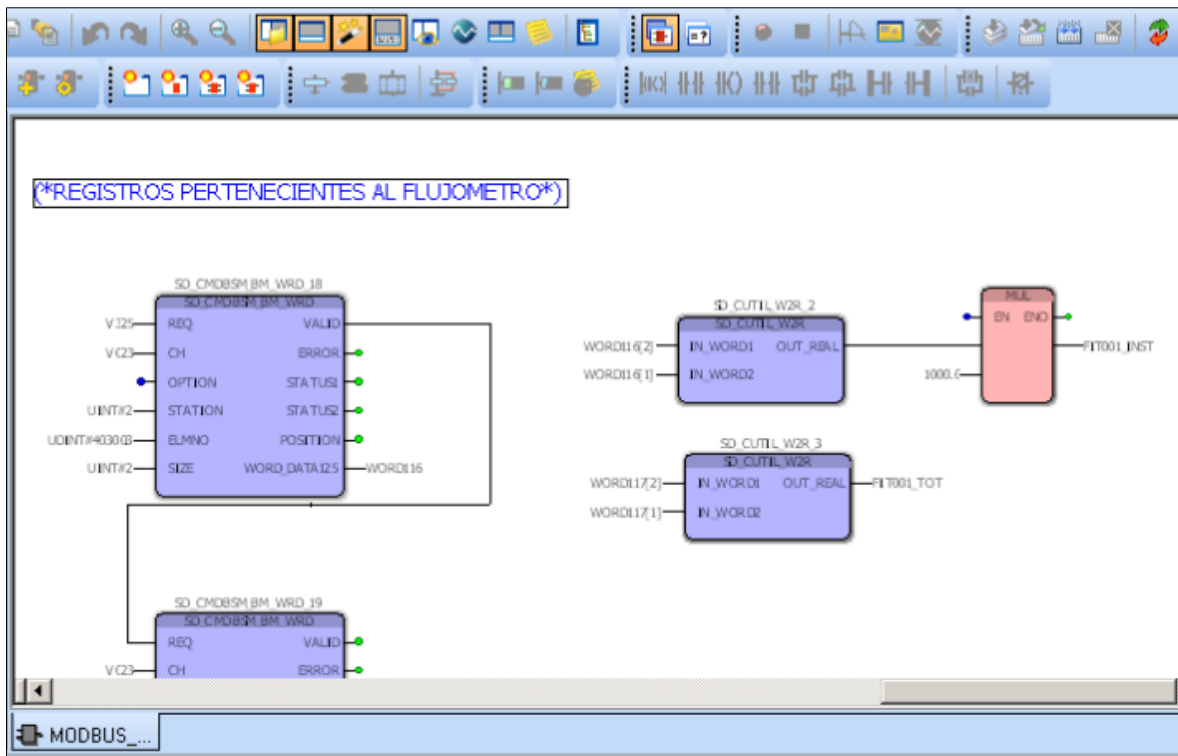


Figura 37. Lectura Modbus RTU de medidor de flujo

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 38 se muestra la lectura del variador de frecuencia, por medio del protocolo Modbus RTU. Convirtiendo números enteros en palabras, por medio del bloque SD_SMBDBM_WRD. Luego pasando este valor a real a través del bloque WORD_TO_REAL. Obteniéndose las lecturas del variador, tales como corriente de motor, tensión de motor, frecuencia del sistema, frecuencia del motor, voltaje VDC en circuito intermedio del variador, horas de operación, etc. Tal cual se muestra en la siguiente figura.

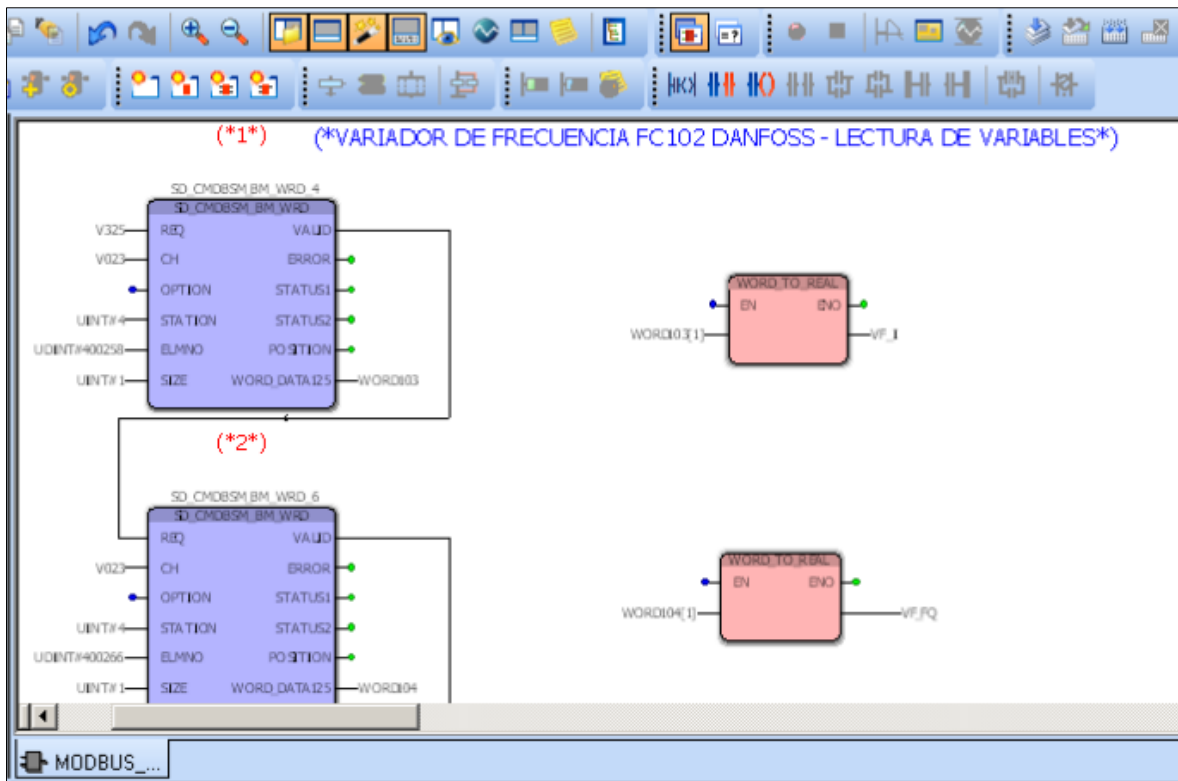


Figura 38. Lectura ModbusRTU de variador de frecuencia

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Modbus Servidor: Dicho POU es creado para establecer al controlador como servidor de tal modo que este brinde la información al sistema SCADA, cuando éste sea consultado. Para ello se establecen las variables en 3 registros, el registro 1x encargado de realizar lecturas discretas, el registro 3x encargado de realizar lectura de valores reales (4x) y el registro 4x encargado de realizar lectura y escritura de registros múltiples. La figura 39 muestra la posición de la estación servidor en el controlador a través del bloque SD_CMBSE_BS_OPEN_1. De tal modo que se pueda establecer el enlace con el cliente.

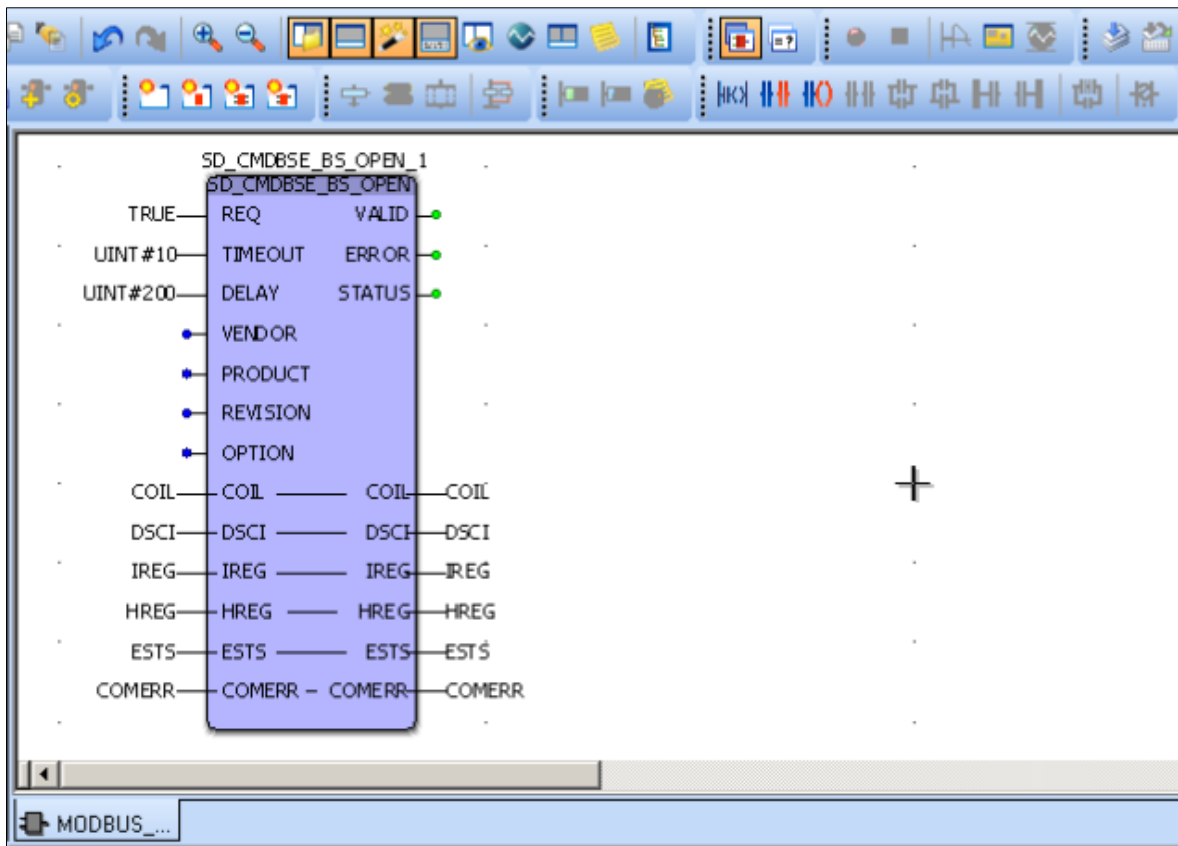


Figura 39. Lectura Modbus servidor TCP/IP

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 40 se muestra las variables declaradas para que el cliente pueda leerlas, estableciendo los registros 1x a través del protocolo modbus TCP/IP, estableciendoc variables como alarma de presión máxima, nivel bajo, modo local / remoto, bomba de agua activa, bomba de cloro activa, alarma de sensor de presencia, nivel de tensión alto / bajo, tablero con puerta abierta, entre otros. Tal cual se muestra en la siguiente figura.

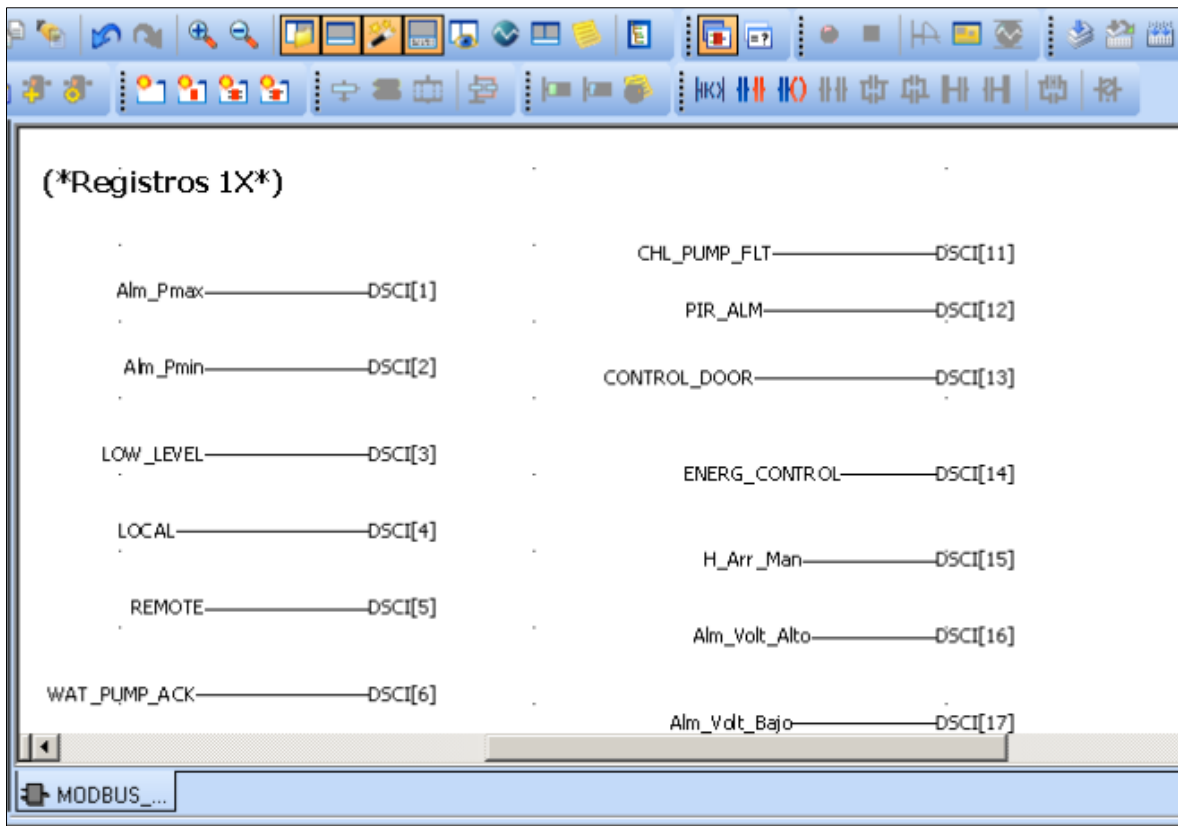


Figura 40. Lectura Modbus servidor TCP/IP registro 1x

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 41 se muestran las lecturas de los registros 3x del protocolo Modbus TCP/IP, las cuales puedan ser leídas por el cliente que consulta. Estableciéndose que este registro brinda la lectura de datos de registros reales tales como: tensión en línea, potencia en línea, factor de potencia, energía, caudal, presión, nivel, entre otros. Tal cual se muestra continuación.

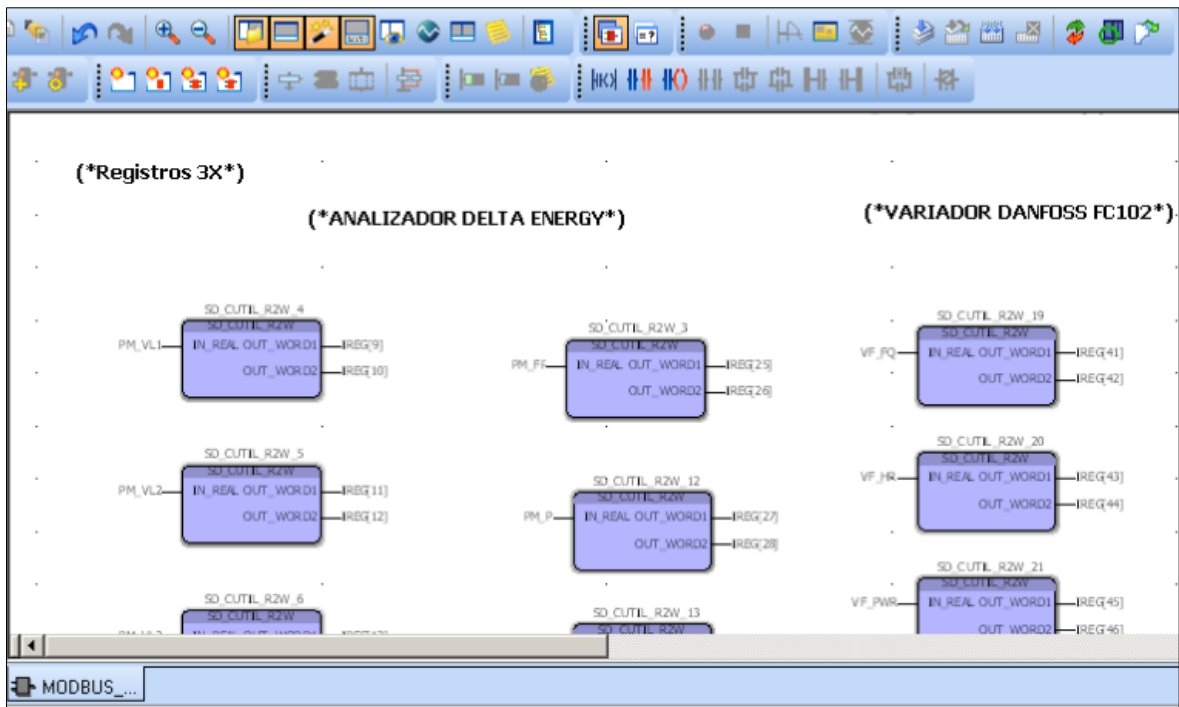


Figura 41. Lectura Modbus servidor TCP/IP registro 3x

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

En la figura 42 se muestran las lecturas de los registros 4x del protocolo Modbus TCP/IP, las cuales permiten leer y escribir valores reales, interactuando cada estación como cliente / servidor. Esto se realiza para poder establecer los valores de, hora de seteo para inicio / fin de secuencia de bombeo, hora de seteo en PLC, seteo de fecha en controlador, frecuencia de variador, entre otros. Tal cual se muestra continuación.

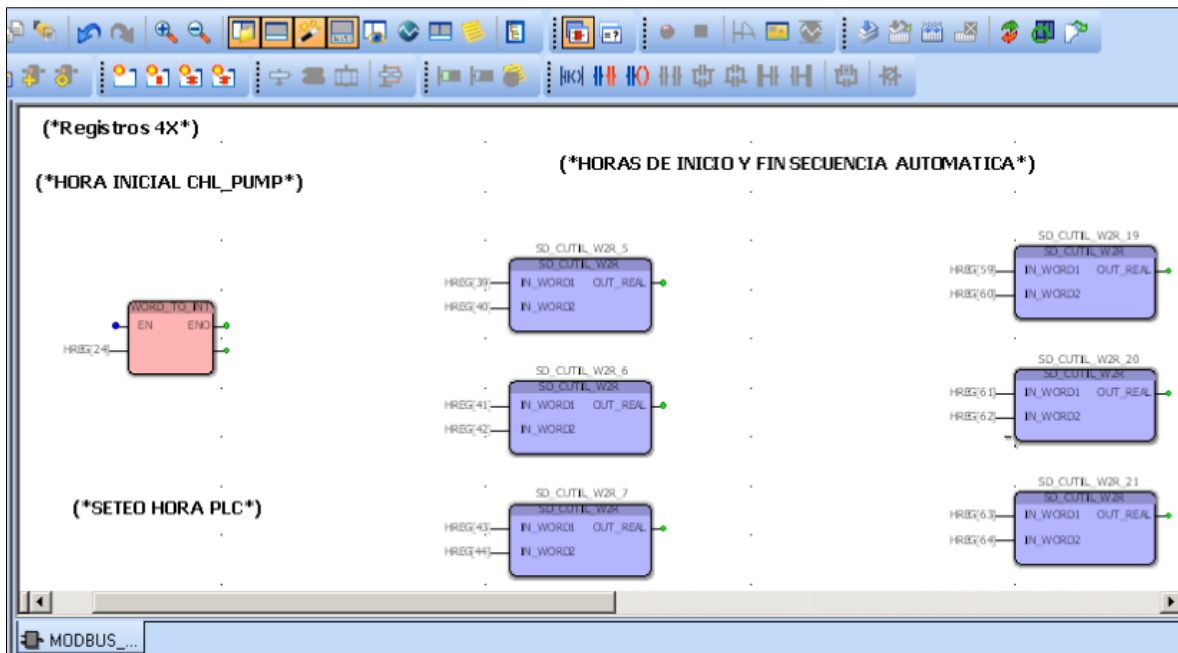


Figura 42. Lectura Modbus servidor TCP/IP registro 4x

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

Buffer: Dicho POU es creado para almacenar la información presente en el proceso ante una pérdida de energía, aquí en este POU se debe almacenar y declarar todas las variables físicas y digitales. Tales como: presión, nivel, flujo, alarmas, registros modbus y toda data de memoria relevante, de modo tal que se garantice la seguridad de la información. Esto es posible realizarse gracias a la función concentradora de datos propia del controlador, haciendo uso del bloque FT_TimReal_X, donde X es la numeración de la variable guardada. A continuación en la siguiente figura se muestran algunas variables presentes en el Buffer.

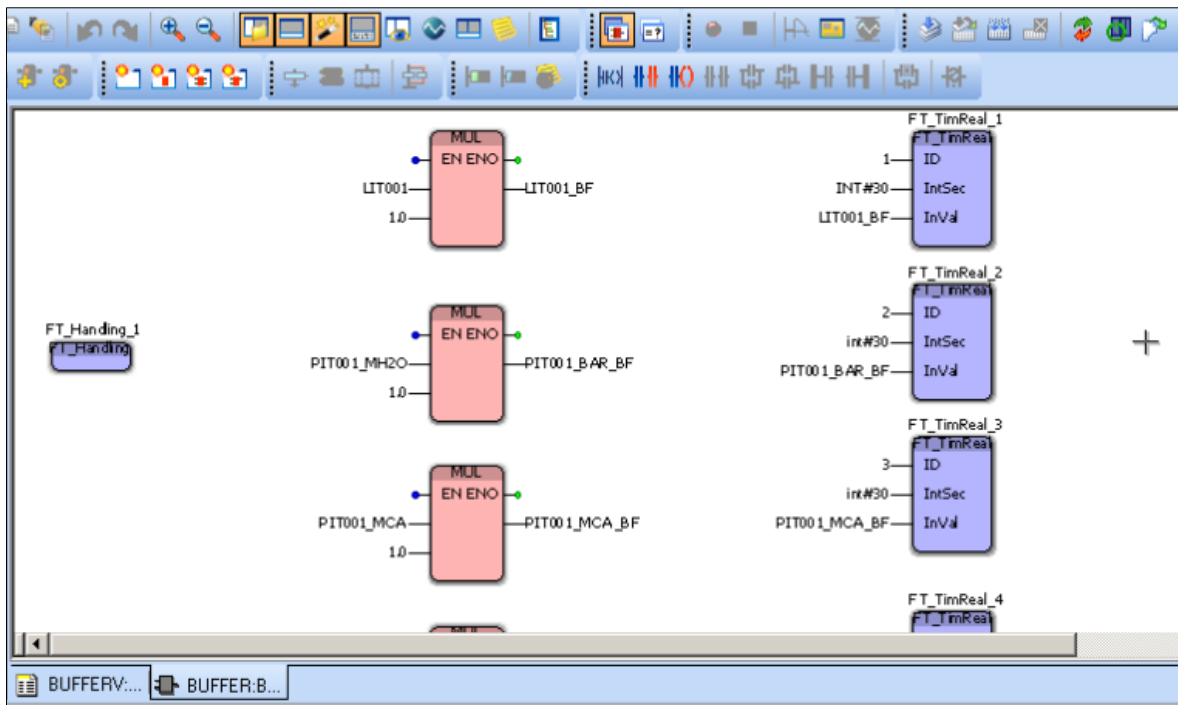


Figura 43. Buffer de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia, generado en software Logic Designer ®

4.4.5 Programación en SCADA

El desarrollo de la programación en el sistema SCADA, busca plasmar las pantallas de: arquitectura de comunicación, diagrama de proceso, tendencias y alarmas; todo esto respecto al proceso de bombeo en el PZ-02. Buscando establecer un sistema de control a distancia desde una sala de control, pudiendose monitorear variables de nivel, presión, flujo, parámetros eléctricos y alarmas. De tal modo que pueda gestionarse un proceso eficiente, el cual garantice la disposición continua de agua potable al lugar de aplicación. Para ello se hace uso del software **Fast Tools** ® del fabricante YOKOGAWA, versión R1001.

Dentro del paquete de herramientas que presenta este software, las más importantes para el desarrollo son los ejecutables de **Engineering Module**®, **Edit Module**® y **Operator Interface**®. Tal cual se muestra en la figura 44.

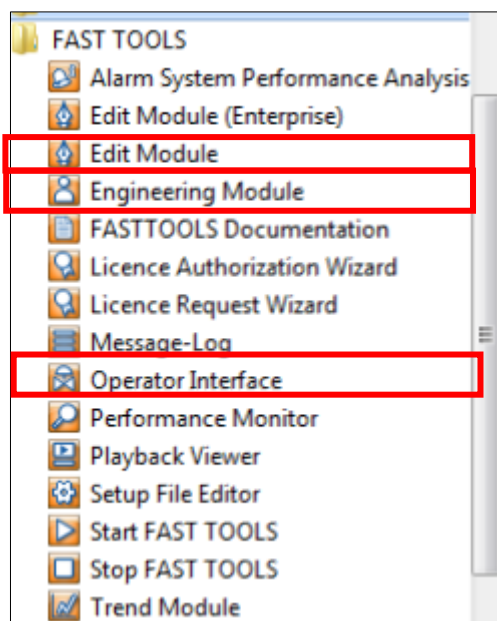


Figura 44. Herramientas de Software Fast Tools ®

Fuente: Elaboración propia, generado en software Fast Tools ®

Para empezar a ejecutar el programa, se debe ejecutar el botón que dice Start Fast Tools, de modo tal que apareciera un mensaje de Starting FAST/TOOLS, cuando este mensaje desaparezca el software esta listo para ser utilizado. Tal cual muestra en la figura45.

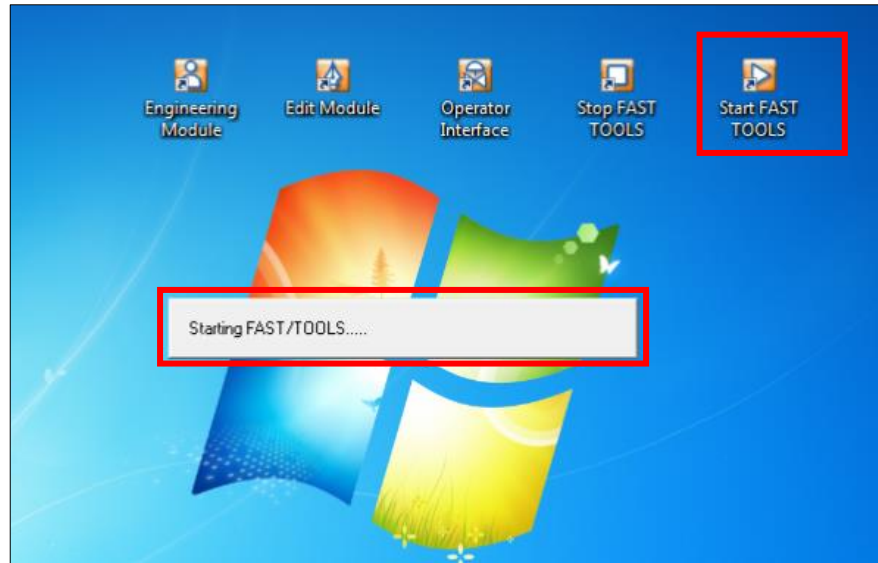


Figura 45. Ejecución de software

Fuente: Elaboración propia

Posterior a esto se procede a ingresar al **Engineering Module**®, esta herramienta brinda la predisposición de realizar el enlace de comunicación a través de protocolos de comunicación, Así mismo es aquí donde se declaran las variables que serán leídas en el sistema. Para lograr esto se procede a crear la estación remota, indicando la IP de punto remoto a enlazar. Para esto se ejecuta el aplicativo y nos dirigimos a la ruta: Configuration > I/O processing > Equipment > Stardom-FCX > Lines, procediendo a crear la línea EQPRTU-105. Ingresando en descripción PZ-02 ALTV y seteando la IP en Line 1 default TC/IP address: 192.168.23.3, tal cual se muestra en la figura 46.

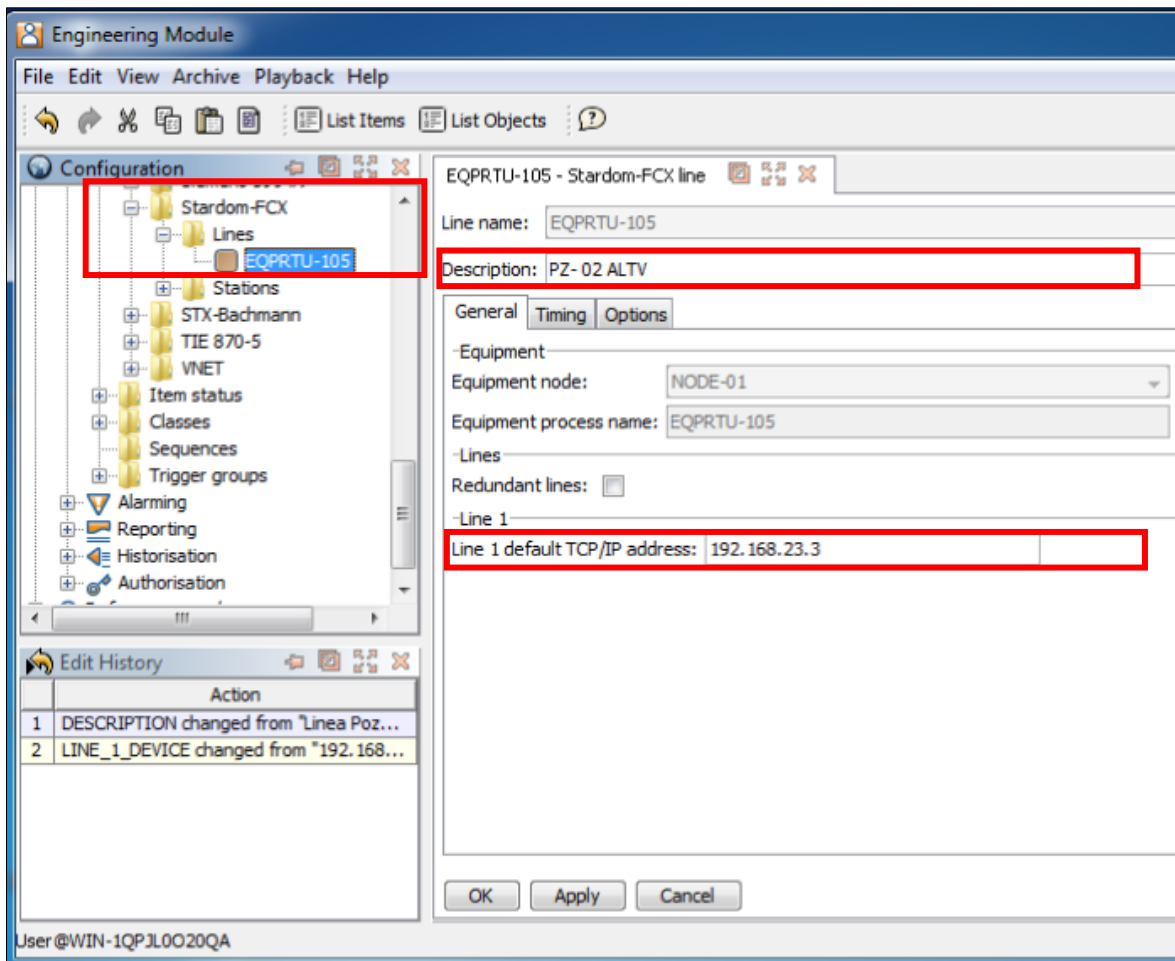


Figura 46. Asignación de línea de comunicación

Fuente: Elaboración propia, generado en Engineering Module ®

Posterior a esto se procede a crear la estación mediante la ruta: Configuration > I/O processing > Equipment > Stardom-FCX > Stations. En la cual se asigna como descripción PZ-02 ALTV, así mismo se procede a enlazar con la línea anteriormente creada, seteando en estatus general: STATIONS.COMMUNICATIONS.RTU-105, en línea de comunicación 1: STATIONS.COMMUNICATIONS.RTU-105_TCP1 y en línea de comunicación 2: STATIONS.COMMUNICATIONS.RTU-105_TCP2. Esta configuración permitirá enlazar la línea central con las

variables que se crearán en la instancia de la estación. Tal cual se muestra a continuación.

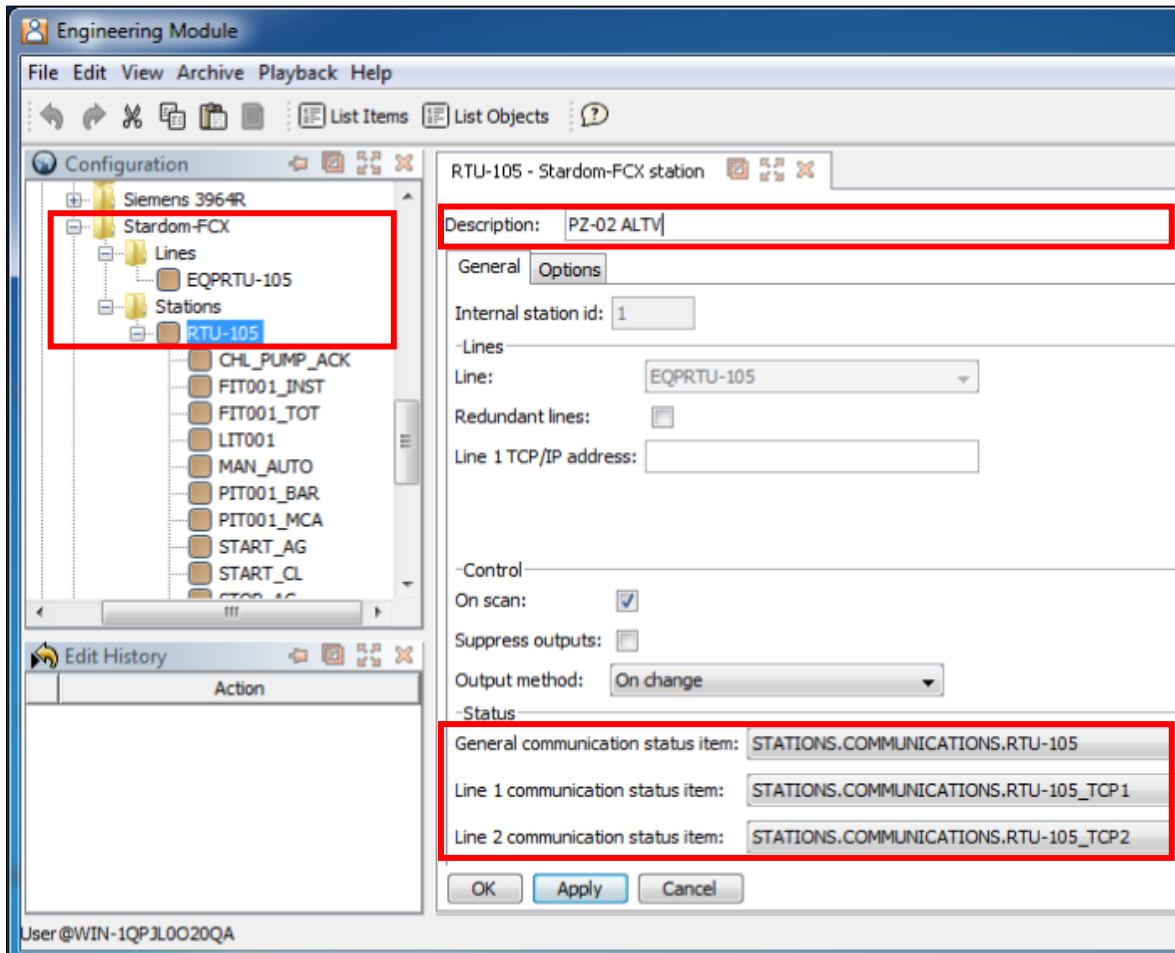


Figura 47. Asignación de estación

Fuente: Elaboración propia, generado en Engineering Module ®

Posteriormente dentro de la estación creada, se procede a crear todas las variables declaradas en el PLC, las mismas que fueron predispuestas en el POU Modbus Servidor, asignando el nombre de la variable (TAG), la relación externa, la dirección I/O y el tipo de escaneo. Tal cual se muestra a continuación, esto se repite en todas las variables a crear.

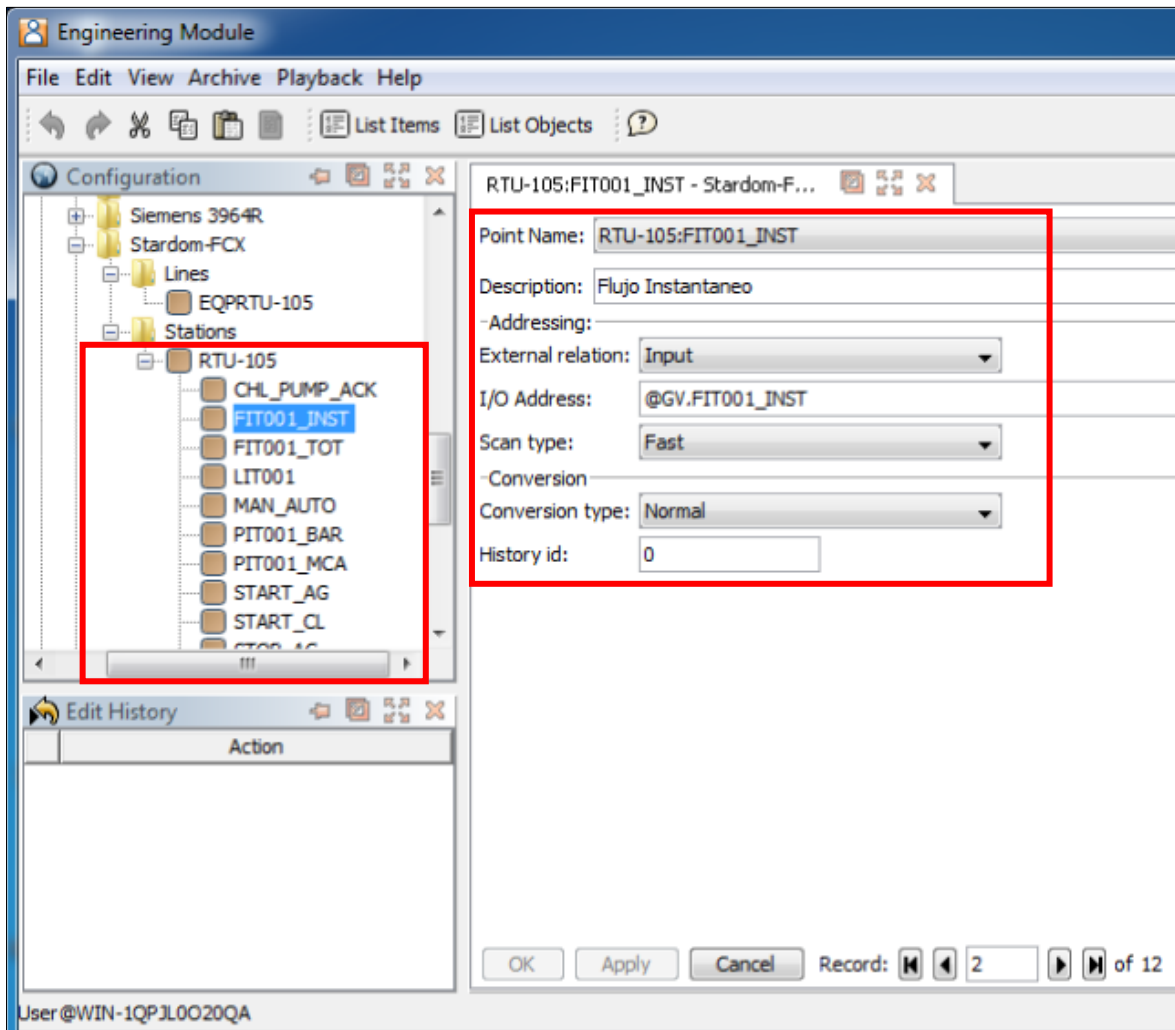


Figura 48. Creación de TAG en estación

Fuente: Elaboración propia, generado en Engineering Module ®

Habiéndose declarado la línea de comunicación, la estación de control y declarado todas las variables del proceso, se procede a emplear la herramienta **Edit Module** ®, la cual permitirá la creación de las pantallas de operación en función a gráficos presentes en la librería de la herramienta. Se procede a ejecutarla herramienta y se accede a la ruta Files > New Display, en el cual se asigna el nombre a la nueva pantalla a crear. Tal cual se muestra a continuación.

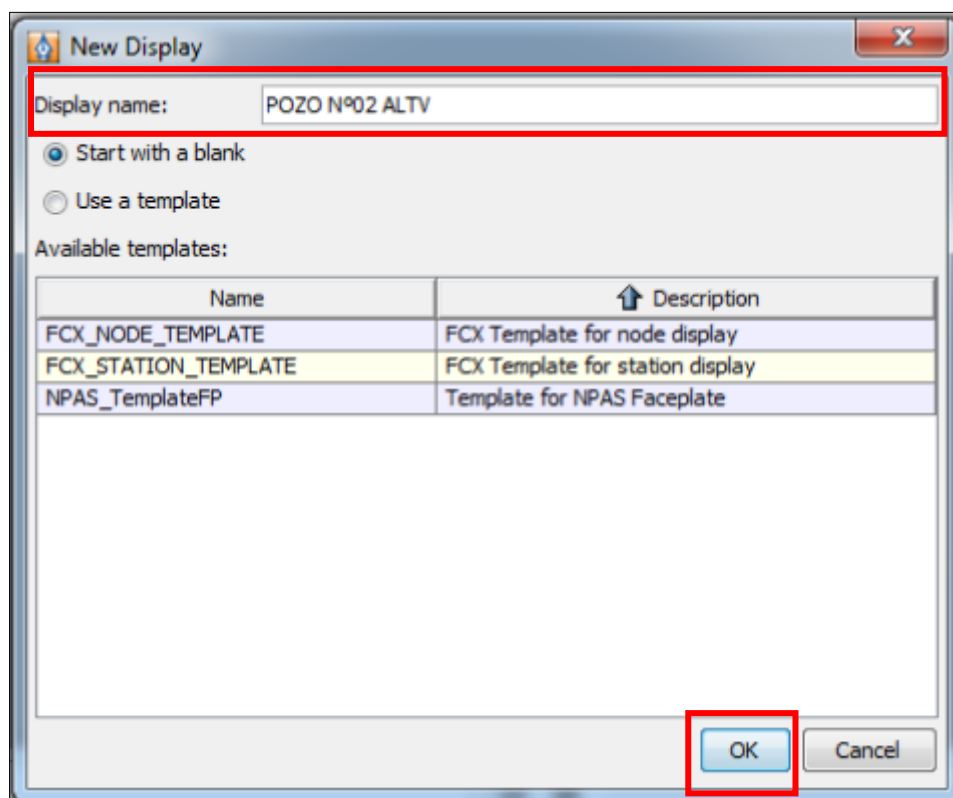


Figura 49. Creación de pantalla en SCADA

Fuente: Elaboración propia, generado en Edit Module ®

Una vez creada la pantalla se procede a realizar los gráficos del proceso según la necesidad, buscando emular el diagrama P&ID presentado anteriormente. Esto se realiza a través de la librerías que presente el propio sistema para el uso de símbolos, del mismo modo en el caso no se encuentre el símbolo deseado, la herramienta tiene la disposición de poder crear propios símbolos, todas las pantallas creadas serán visualizadas en la herramienta **Operator Interface** ®, a continuación la figura 50 muestra el entorno de la creación de pantallas.

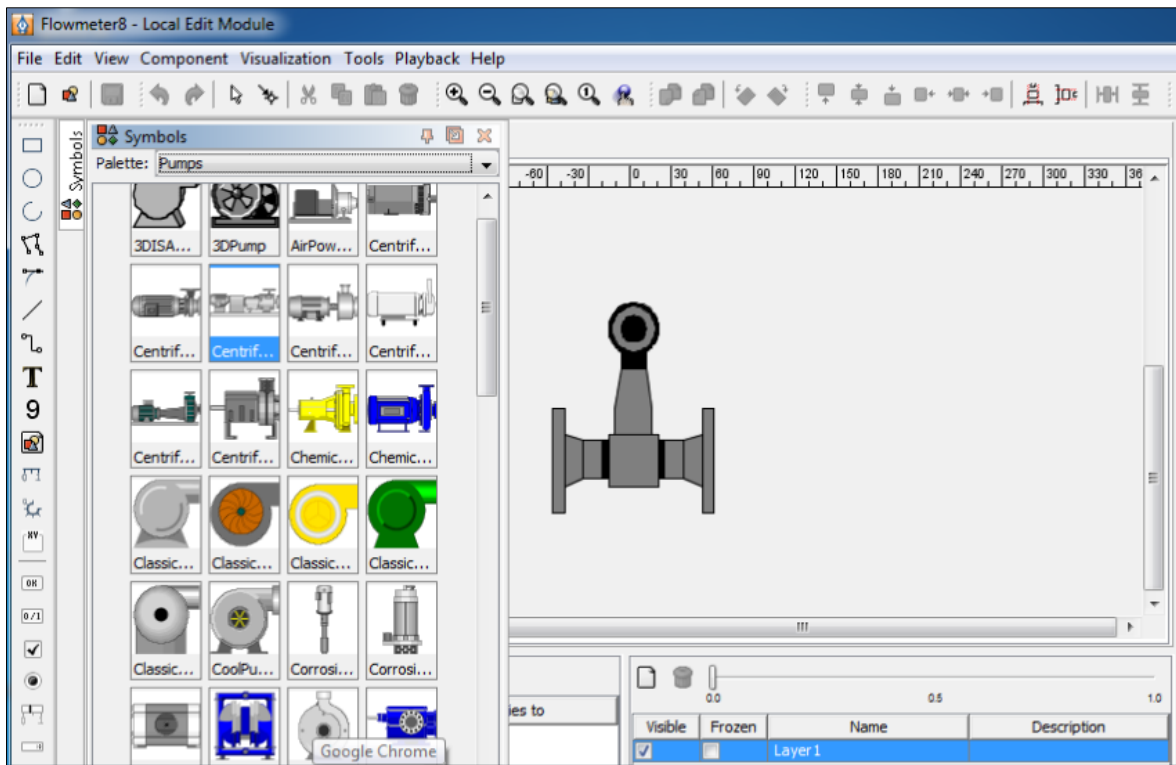


Figura 50. Creación de pantallas a partir de símbolos

Fuente: Elaboración propia, generado en Edit Module ®

Se procede a ingresar al entorno de la herramienta **Operator Interface** ®, en la cual se muestran las pantallas desarrolladas, todas éstas con el respectivo direccionamiento en cada símbolo. Para ello se procede a ejecutar dicha herramienta.



Figura 51. Ingreso de credenciales a software

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Una vez dentro de la interface se presentará el Menú principal en el cual se podrá ingresar a las pantallas generadas en el pozo.

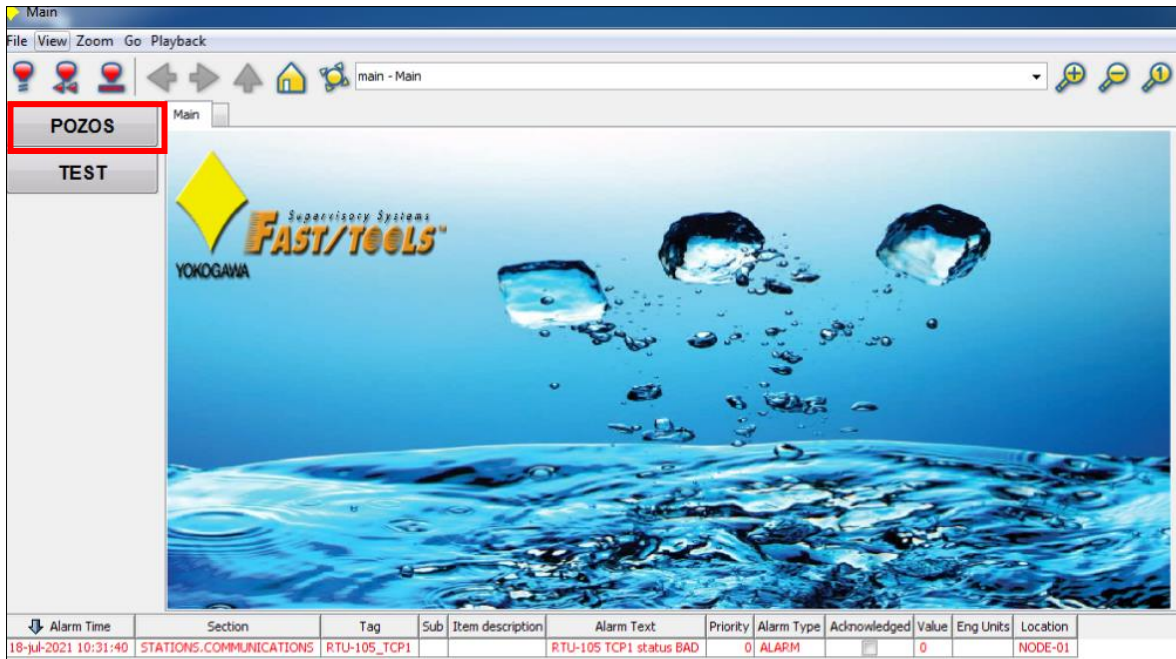


Figura 52. Menu principal de modo operador

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Dentro de pozos del sub menu, el pozo 2 tinene el acceso a las diferentes pantallas realizadas, tales como arquitectura, diagrama, tendencias y alarmas. Tal cual se muestra en la figura 53



Figura 53. Menu de Pozo 2

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

A continuación se presenta la pantalla desarrollada para la arquitectura, en donde se muestra la disposición y comunicación de equipos existentes en la estación. La figura 54 muestra dicha arquitectura, donde se establece que los equipos de campo, presentan comunicación mediante la señal estándar de 4 – 20 mA y el bus de campo modbus RTU, a nivel de capa de controladores se realiza la comunicación mediante el protocolo modbus TC/IP y el enlace se realiza mediante GPRS realizada por el router VPN, tal cual se muestra a continuación.

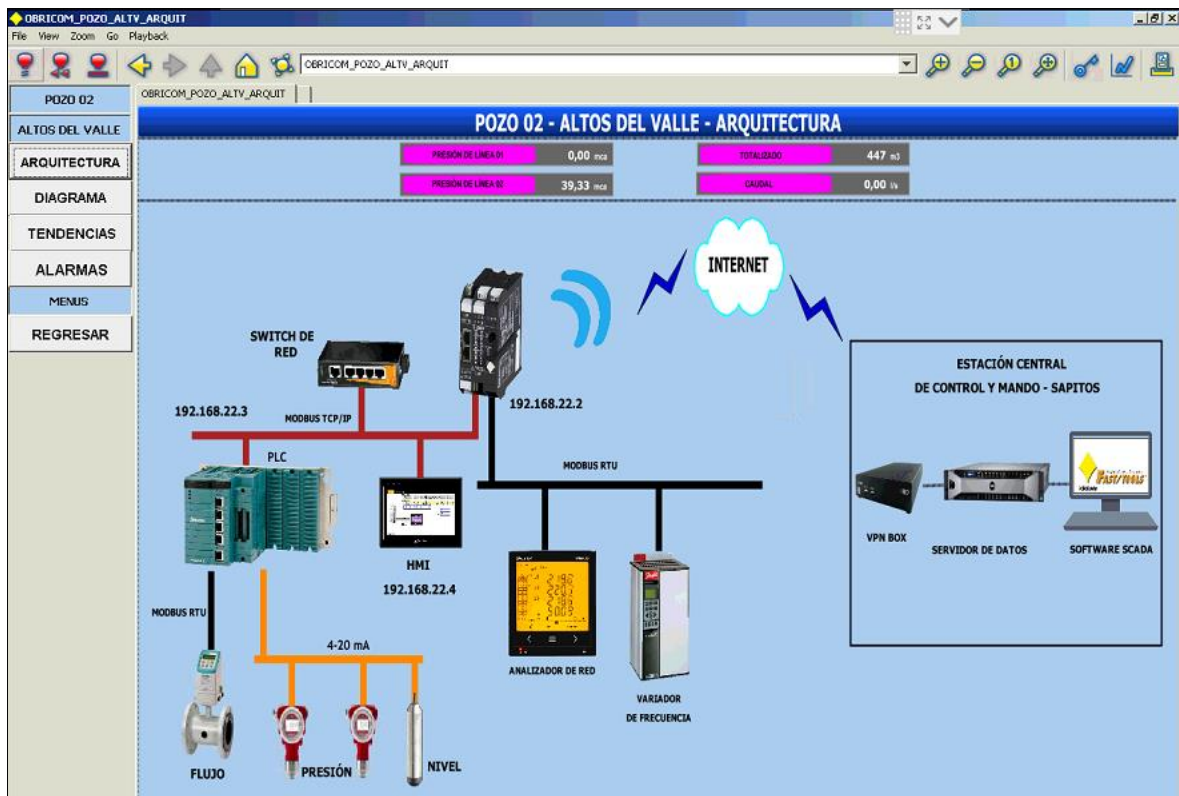


Figura 54. Pantalla de Arquitectura de comunicación

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Del mismo modo se procede a ingresar a la pantalla de diagrama, el cual presenta la disposición de la operación que presenta el sistema. Mostrándose la disposición de la bomba, el monitoreo de nivel continuo, el monitoreo de la presión en la línea, la medición del flujo, la medición de nivel en el reservorio, todos los parámetros eléctricos y las alarmas correspondientes al proceso. Tal cual se muestra en la figura 55.

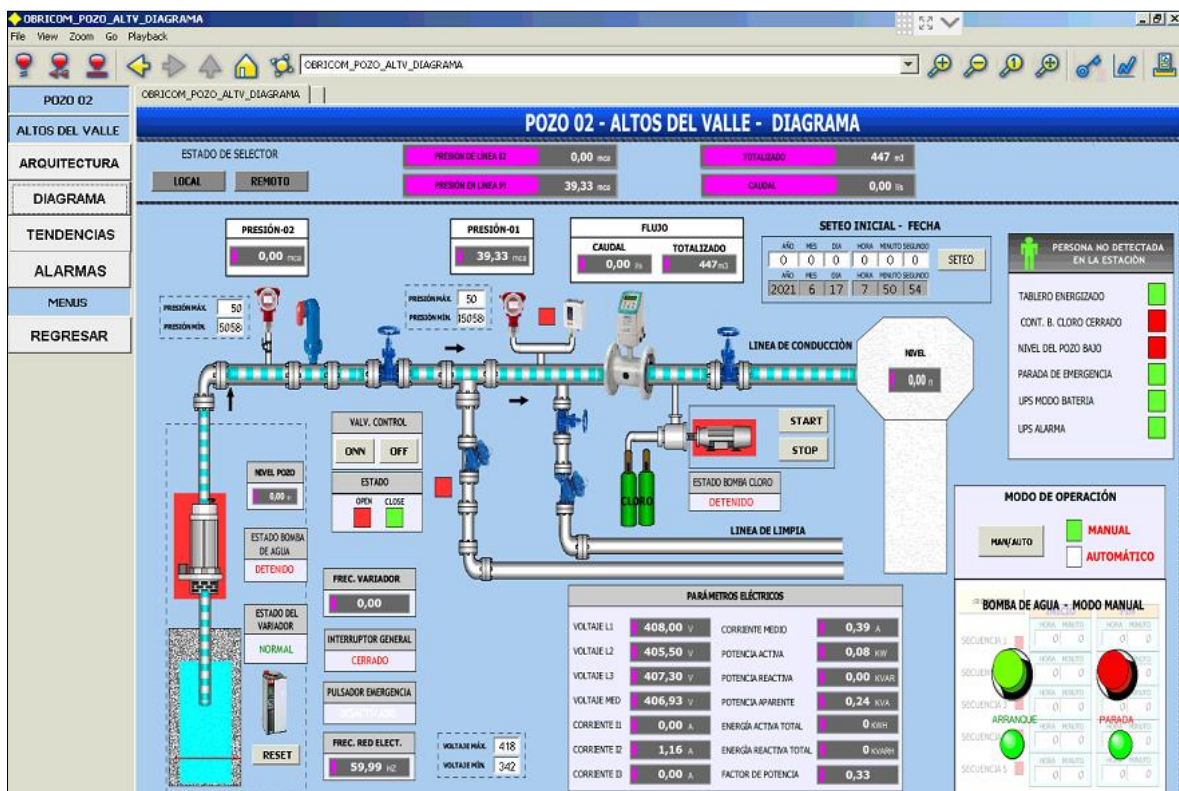


Figura 55. Pantalla de Diagrama de proceso

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

La figura 56 presenta el diagrama de tendencias, esto referente a las variables de flujo instantáneo, totalizado y presión en línea de impulsión. Mostrándose el comportamiento de estas variables en función del tiempo, de modo tal que se generen históricos del proceso y tomar decisiones sobre el estado del mismo.

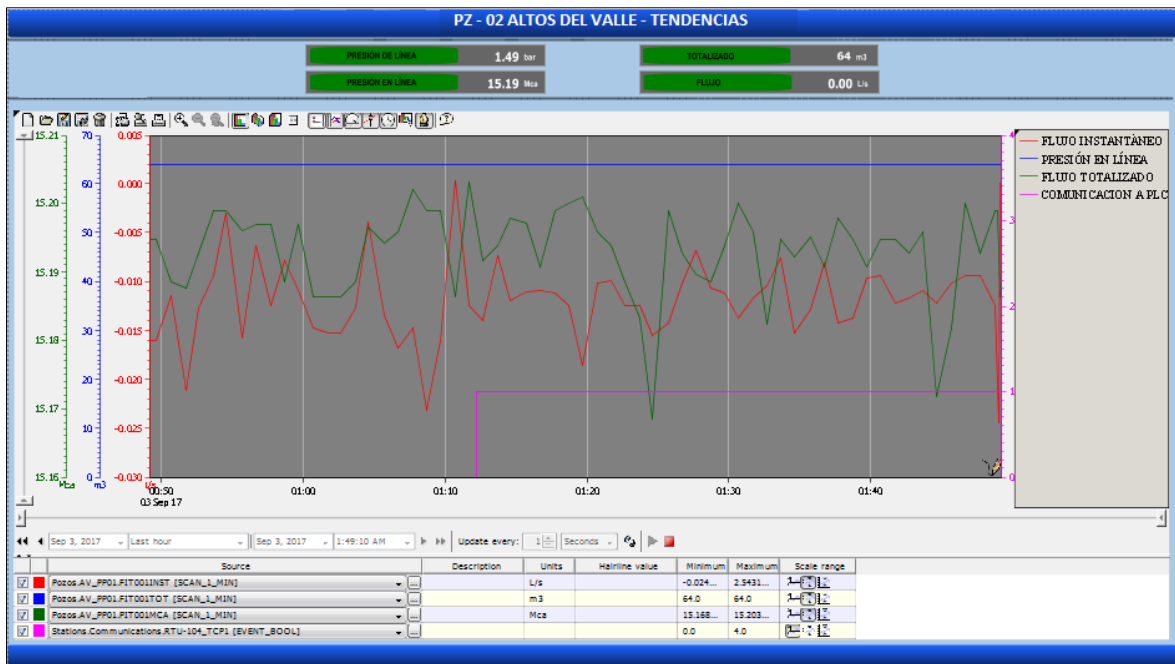


Figura 56. Pantalla de Tendencias

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

En la figura 57 se presenta la pantalla de alarmas, en donde se monitorean los estados de, tablero energizado, pulsador de parada de emergencia, voltaje máximo / mínimo, fallo de VDF, máxima presión en línea, nivel bajo de pozo, detector de presencia, falla de bomba de agua / cloro, tablero abierto de fuerza / control.



Figura 57. Pantalla de Alarmas

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

4.4.6 Simulación y operación general

Encabezados: En la parte superior se muestran las variables más importantes del sistema: Presión de Línea, Flujo Instantáneo y Totalizado. Los valores mostrados indican que dichas variables están correctamente enlazadas desde el módulo de ingeniería del software SCADA.

En las figuras 58 y 59 se muestra cada una de las variables con su valor y unidad de ingeniería. Así mismo se visualizará el estado de comunicación. Su estado se visualizará a través del color del TAG.



Figura 58. Encabezado con señal ONLINE

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

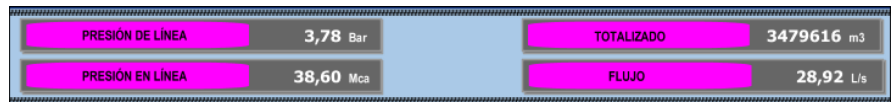


Figura 59. Encabezado con señal OFFLINE

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Modo de operación: se presentan 3 modos los cuales son, modo local, modo remoto / manual y modo remoto automático.

En la figura 60 los estados presentan la siguiente lógica:

Color GRIS = Desactivado (NEUTRO)

Color VERDE CLARO = Activado

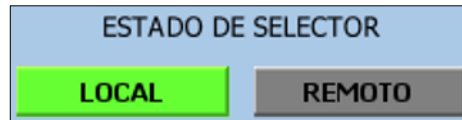


Figura 60. Modo local

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Para modo remoto / manual: se asignan 2 tipos de los cuales se activan o desactivan con el TAG MAN/AUTO.



Figura 61. Modo remoto / manual

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Encendido de bomba de agua: Hacer clic en el PULSADOR VERDE. Cuando la bomba se enciende, el indicador de ARRANQUE cambia de un color verde opaco a un color VERDE CLARO.



Figura 62. Encendido de bomba de agua

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Encendido de bomba de cloro: El encendido de la Bomba de cloro está ligado al encendido de la bomba de agua. Es decir, enciende automáticamente segundos después del encendido de la Bomba de agua.



Figura 63. Encendido de bomba de cloro

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Modo remoto / automático: El operador del sistema SCADA asignará horarios para el inicio y parada de la bomba de agua, a su vez verificará el nivel del reservorio, de modo tal que el accionamiento del proceso tendrá en cuenta las variables inmersas en el mismo.

Para activar el modo Remoto / Automático, hacer click en el botón "MAN/AUTO". El color VERDE CLARO indica el modo de operación que se encuentra activado:



Figura 64. Modo remoto / automático

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Ingreso de horarios: los valores de hora de inicio y fin deben ser asignados en las casillas requeridas respectivamente, así como se detalla en la figura 65.

	INICIO		FIN	
	HORA	MINUTO	HORA	MINUTO
SECUENCIA 1	0	0	0	0
SECUENCIA 2	0	0	0	0
SECUENCIA 3	0	0	0	0
SECUENCIA 4	13	37	13	40
SECUENCIA 5	0	0	0	0

Figura 65. Ingreso de horarios para secuencias

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Luego se procede a ejecutar la secuencia requerida, tal cual se muestra en la siguiente figura.

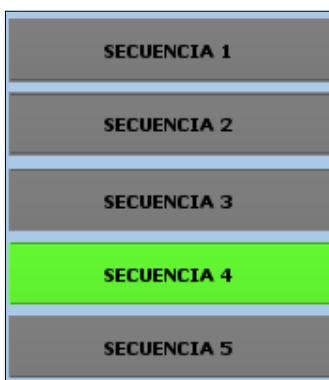


Figura 66. Selección de secuencia a ejecutar

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Estado de la bomba de agua: se presenta como:

- ROJO INTERMITENTE: Indica que la bomba de agua está apagada.
- VERDE CLARO: Indica que la bomba de agua está encendida.

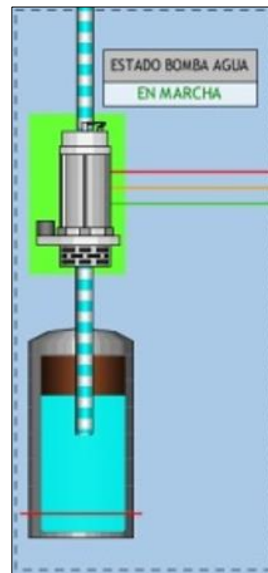


Figura 67. Estado de bomba de agua

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Parámetros eléctricos: El siguiente cuadro indica los parámetros eléctricos del sistema, durante su funcionamiento se visualizan las variables de Voltaje, Corriente, Potencia, Energía y Factor de Potencia. Estas variables se visualizan con sus TAG's respectivos, indicadores y unidades de Ingeniería correspondientes.

ANALIZADOR DE RED - TABLERO			
VOLTAJE L1	370,70 VAC	CORRIENTE MEDIO	48,88 A
VOLTAJE L2	372,50 VAC	POTENCIA ACTIVA	29,08 W
VOLTAJE L3	372,90 VAC	POTENCIA REACTIVA	6,44 W
VOLTAJE MED	374,30 VAC	POTENCIA APARENTE	31,52 W
CORRIENTE I1	48,56 A	ENERGÍA ACTIVA TOTAL	98795 KWH
CORRIENTE I2	48,00 A	ENERGÍA REACTIVA TOTAL	21620 KVAR-H
CORRIENTE I3	50,08 A	FACTOR DE POTENCIA	0,92

Figura 68. Valores de Analizador de red

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

Alarmas: En esta ventana se podrán visualizar las alarmas que han sido enlazadas correctamente al Engineering module. La activación de las alarmas es en “ROJO INTERMITENTE”

PERSONA NO DETECTADA EN LA ESTACIÓN	
TABLERO PUERTA ABIERTA	■
TABLERO ENERGIZADO	■
CONT. B. CLORO CERRADO	■
ALARMA VOLTAJE EN ALTO	■
ALARMA VOLTAJE EN BAJO	■
UPS PROPORCIONA 24VDC	■
FALLA DEL MÓDULO BATERÍA	■
AUSENCIA DE ENERGÍA	■

Figura 69. Alarmas

Fuente: Elaboración propia, generado en Operator Interface ®

4.5 Análisis económico de la viabilidad de la investigación.

A continuación se procede a realizar el análisis económico de la investigación, contemplando evaluar la proyección de los gastos generados en el sistema, para un periodo mínimo de 5 años, en los cuales a base de indicadores económicos se establece la viabilidad de la misma.

En primera instancia como se ha detallado en la descripción del problema. El costo por 1m³ suministrado por camiones cisterna es de S/. 10 (Organización Mundial de la Salud, 2015). Mientras que teniendo un sistema de bombeo el cual sea accionado de forma remota por la entidad pública administradora del recurso, se fija un valor de S/. 3.74 por cada m³, adicionando un costo fijo de S/. 3.903 (SEDALIB / SUNASS-CD, 2020). Estableciendo una tasa de crecimiento de 1.3% (INEI, 2018), considerando para 1 mes, 30 días de evaluación. Y para un periodo de 1 año 12 meses de evaluación.

Con los valores establecidos se determina los costos generados para un abastecimiento de agua por medio de cisternas y el costo correspondiente empleando un sistema de bombeo. Lo cual se muestra en la tabla 65, observando que existe un excedente del 62.60%.

Tabla 65. Gatos proyectados

Fuente: Elaboración propia

GASTOS PROYECTADOS							
N°	AÑO	CONSUMO (m3/día)	CONSUMO (m3/mes)	CONSUMO (m3/año)	COSTO CON CISTERNAS (S/.)	COSTO. CON SIST. BOMBEO (S/.)	DIFERENCIA (S/.)
0	2021	1,174.50	35,235.00	422,820.00	4,228,200.00	1,581,350.70	2,646,849.30
1	2022	1,189.77	35,693.06	428,316.66	4,283,166.60	1,601,908.21	2,681,258.39
2	2023	1,205.24	36,157.06	433,884.78	4,338,847.77	1,622,732.97	2,716,114.80
3	2024	1,220.90	36,627.11	439,525.28	4,395,252.79	1,643,828.45	2,751,424.34
4	2025	1,236.78	37,103.26	445,239.11	4,452,391.07	1,665,198.16	2,787,192.91
5	2026	1,252.85	37,585.60	451,027.22	4,510,272.16	1,686,845.69	2,823,426.47
TOTAL					26,208,130.38	9,801,864.18	16,406,266.20
Excedente							62.60%

Por lo que se determina que lo más rentable para la solución es desarrollar un sistema de bombeo, buscando reducir los costos de operación. Para este caso se proyecta el flujo de caja pertinente, regido por los ingresos, egresos y flujo efectivo. El análisis conlleva a evaluar la automatización del sistema de bombeo, la cual impacta directamente sobre el costo de operación.

Ingresos: Para la aplicación los ingresos están representados por el costo con sistema de bombeo declarados en la tabla 65. Para operaciones el valor representativo designado a esta área es del 20% del ingreso total (SEDALIB / SUNASS-CD, 2020). De modo que en la tabla 66 se muestran los ingresos netos.

Tabla 66. Ingresos netos

Fuente: Elaboración propia

INGRESOS			
N°	AÑO	Ingresos Brutos (S/.)	Ingresos Netos (20%) (S/.)
0	2021	1,581,350.70	316,270.14
1	2022	1,601,908.21	320,381.64
2	2023	1,622,732.97	324,546.59
3	2024	1,643,828.45	328,765.69
4	2025	1,665,198.16	333,039.63
5	2026	1,686,845.69	337,369.14
TOTAL		9,801,864.18	1,960,372.84

Egresos: Se encuentran plasmados por los costos generados en la inversión del sistema, los materiales empleados en el centro de control, la mano de obra directa, representada por los operadores de SCADA, la mano de obra indirecta, donde se encuentran los jefes y externos. Así mismo también se contempla los gastos por mantenimiento.

- ❖ **Inversión:** el valor de la inversión hace referencia a los gastos generados para desarrollar la automatización del sistema de bombeo. A continuación se presenta la tabla 67, la cual resume el costo de la inversión para el sistema. El presupuesto digregado se encuentra en el ANEXO 15.

Tabla 67. Resumen de presupuesto general

Fuente: Elaboración propia

PRESUPUESTO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	P. UNIT.	P. TOTAL
1	SUMINISTROS	glb	1.00	99,600.78	99,600.78
2	TRABAJOS MECÁNICOS	glb	1.00	2,629.32	2,629.32
3	TRABAJOS ELÉCTRICOS	glb	1.00	11,075.79	11,075.79
4	INTEGRACIÓN REMOTA DEL SISTEMA	glb	1.00	19,132.49	19,132.49
COSTO DIRECTO					132,438.38
GASTOS GENERALES (7%)					9,270.69
UTILIDAD (5%)					6,621.92
SUBTOTAL					148,330.99
IMPUESTO (IGV 18%)					26,699.58
TOTAL					175,030.56

- ❖ **Costos de materiales:** representa los materiales de oficina necesario para el apunte, registro y archivación de las variables de proceso más relevantes.

Tabla 68. Gastos de materiales

Fuente: Elaboración propia

GASTOS DE MATERIALES						
N°	Descripción	Cant.	und	Costo. Und	Costo. Mensual	Costo. Anual
1	Papel y/o cuaderno	2	Paq.	10	20	240
2	Impresión	1	glb	1	10	120
3	Archivadores	0.5	und	10	5	60
4	Lapiceros	2	und	1	2	24
5	Otros	1	glb	5	5	60
TOTAL						504

- ❖ **Mano de obra directa (MOD):** representa al personal que interactúa de manera directa con la operación del sistema automático, el mismo que contempla a los operadores y al supervisor, en la siguiente tabla se presentan los costos que estos generan.

Tabla 69. Gastos de MOD

Fuente: Elaboración propia

MANO DE OBRA DIRECTA									
Descripción	Cant	Suelto	Total	CTS	Seguro	Asignación	Total, Benf.	Total	
Operador SCADA	2.00	850.00	20,400.00	850.00	89.25	75.00	2,028.50	22,428.50	
Supervisor	1.00	1,150.00	13,800.00	1,000.00	105.00	75.00	1,180.00	14,980.00	
Total									37,408.50

- ❖ **Mano de obra indirecta (MOI):** involucra a los gastos generados por el personal que influye de manera indirecta en el desarrollo de la operación del sistema, tales como, personal administrativo y de limpieza. La tabla 70 muestra los gastos generados.

Tabla 70. Gastos de MOI

Fuente: Elaboración propia

MANO DE OBRA INDIRECTA									
Descripción	Cant	Suelto	Total	CTS	Seguro	Asignación	Total, Benf.	Total	
Personal Admin.	1.00	1,850.00	22,200.00	850.00	89.25	75.00	1,014.25	23,214.25	
Personal Limpieza	1.00	850.00	10,200.00	1,000.00	105.00	75.00	1,180.00	11,380.00	
Total									34,594.25

- ❖ **Costo de mantenimiento:** representa los gastos generados por el mantenimiento realizado en la estación de bombeo, contemplando al personal que interviene en el proceso y los materiales y/o equipos necesarios para la realización de esto. La tabla 71 muestra los gastos correspondientes

Tabla 71. Gastos de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

COSTO DE MANTENIMIENTO						
N°	Descripción	Cant.	und	Costo. Und	Costo. Mensual	Costo. Anual
1	Tec. Mecánico Elec.	2	und	100.00	200.00	2,400.00
2	Consumibles eléctricos	1	glb	500.00	500.00	6,000.00
3	Consumibles mecánicos	1	glb	500.00	500.00	6,000.00
4	Herramientas (3% MO)	1	glb	72.00	72.00	864.00
5	Otros	1		50.00	50.00	600.00
TOTAL						15,864.00

Una vez establecidos los costos de ingresos y egresos se proyecta efectuar el desarrollo del flujo de caja, presentado los resultados en la tabla 72.

Donde el **VAN** representa el valor actual neto del flujo de caja proyectado para el año cero. Si este valor es superior a cero se determina a la investigación como viable (Universidad de Zaragoza, 2020) (NACIONES UNIDAS, 1958). El valor calculado es de $S/.512,045.69 > 0$, por lo que se determina como **viable**.

Mientras que el **TIR**, representa la rentabilidad de la investigación, mientras más alto es el valor, más es la rentabilidad (Eugenio, 2017). Para este caso se calcula una rentabilidad de 109%, lo cual indica ser una investigación **rentable y aceptada** para su desarrollo.

Así mismo el análisis de beneficio / costo (**B/C**), expresa los beneficios obtenidos sobre lo invertido (USMP, 2018). Para esta aplicación se calcula un valor de S/. 2.62, lo que quiere decir que por cada sol invertido se obtendrá las del doble de utilidad neta (S/. 2.62). Estableciéndose como investigación recomendada para su implementación.

Respecto al ROI, éste se encarga de medir la eficiencia del retorno sobre la inversión, siendo este un índice financiero que establece la efectividad de la investigación (Domínguez, 2011). Para este caso se determinó un valor de 535% de efectividad. Siendo este un valor superior a lo esperado se considera como **efectivo**.

Todos estos resultados son mostrados en la tabla 72 que a continuación se presenta.

Tabla 72. Desarrollo de Flujo de caja

Fuente: Elaboración propia

FLUJO DE CAJA PROYECTADO						
Descripción: Análisis económico para automatización de PZ - 02 ALTV, con proyección de 5 años						
Año	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
Ingreso neto (20% total)		316,270.14	320,381.64	324,546.59	328,765.69	333,039.63
Total		316,270.14	320,381.65	324,546.61	328,765.72	333,039.67
Egresoso						
Inversión	175,030.56					
Costos de Materiales		504.00	504.00	504.00	504.00	504.00
Costos de Mano de obra (MOD+MOI)		72,002.75	72,002.75	72,002.75	72,002.75	72,002.75
Costos de Mantenimiento		15,864.00	15,864.00	15,864.00	15,864.00	15,864.00
Depreciación (20%)		35,006.11	35,006.11	35,006.11	35,006.11	35,006.11
Total	175,030.56	123,376.86	123,376.86	123,376.86	123,376.86	123,376.86
Flujo de Efectivo	-175,030.56	192,893.28	197,004.79	201,169.75	205,388.86	209,662.81

Crecimiento poblacional: 1.3%
Tasa de descuento: 14%

VAN = S/.512,045.69 >0
TIR = 109%
B/C = S/.2.62
ROI = 535%

Respecto a la continuidad de servicio, actualmente la Urb. Es abastecida por camiones cisternas, los cuales en su mayoría son de capacidad de 30 m³, el tiempo promedio establecido para realizar 1 viaje de llenado al reservorio es de 3 horas. Lo cual establece que el total de viajes máximo por día es de 3. Por lo que 1 cisterna durante 1 día puede habastecer una cantidad de 90m³. Estableciéndose que para el año cero la demanda de volumen diaria es de 1,174.50 m³, se determina que la cantidad de cisternas operando en simultáneamente sería de 14 cisternas para garantizar un 100% de continuidad en el servicio. Lo cuál a la fecha no es efectuado. Actualmente se tiene operando 4 cisternas, generando un abastecimiento de 360m³, valor que respecto a la demanda mencionada, representa un 31% del abastecimiento. Por lo que implementando el sistema de bombeo se garantiza un 98% de abastecimiento, considerando 2% por paradas externas o trabajos de mantenimiento programados.

V. DISCUSIÓN

5.1 El análisis morfológico comprendió 3 etapas, las cuales se basan en establecer el concepto, la composición de los componentes y la configuración de los mismos.

En cuanto a la definición conceptual, se estableció que la temática más solvente como solución, es desarrollar un **sistema de bombeo automatizado**. Así mismo se establecieron los componentes más óptimos que combinados en su conjunto, desarrollan la configuración más apropiada para la solución. Esto como consecuencia del estudio analítico efectuado, el cual toma como pilares fundamentales las necesidades previamente establecidas y las condiciones del contexto. Estableciendo **criterios**, los cuales son evaluados por **ponderados** y **porcentajes** según la **importancia** de cada uno de estos.

Para el diseño de cualquier máquina o sistema, es indispensable partir de una definición conceptual, así como la configuración de los componentes más relevantes del sistema. De tal modo que se obtenga la configuración combinada más óptima para el proceso (Reyes, 2010).

5.2 Para delimitar los parámetros hidráulicos se tomó en cuenta la lotización de la Ubr. (Ministerio de Vivienda, 2006b), de la misma que se obtuvo la población beneficiada para la aplicación, logrando así determinar la demanda de volumen necesaria y establecer la cantidad de secuencias de bombeo requeridos para satisfacer esta. A su vez en función al caudal máximo explotable se calcula el diámetro de tubería óptimo, bajo el criterio de beneficio técnico - económico (Sotelo, 1994) cabe resaltar que mientras más diámetro posee la tubería, las pérdidas se reducen. Por lo que se logra minimizar las pérdidas generadas por el transporte del fluido. Así mismo en función a la diferencia de cotas presentes entre bomba y reservorio, considerando las pérdidas por longitud y las pérdidas por accesorios (Shames, 1995). Se logró determinar la potencia óptima para satisfacer el proceso, explotando la capacidad total que puede desarrollar el pozo.

5.3 Para establecer la demanda eléctrica máxima, el cual accionará al sistema de bombeo, se toma como referencia el área de influencia y las cargas específicas presentes en la instalación (Ministerio de Energía y Minas, 2006), a las mismas que se les aplica un factor de demanda el cual varía según la aplicación. Para los conductores se establece el calibre necesario que satisface el criterio de ampacidad y caída de tensión; cabe resaltar que mientras más diámetro presente el conductor la caída de tensión se reduce (Mujal, 2002). Para el diseño de tableros, se estableció valores de aislamiento y tensión específica para la necesidad. Conllevando todo esto a obtener el diseño del tablero de fuerza y control, los cuales muestran la lógica cableada que satisface los requerimientos y cumpliendo con el estándar de la norma IEC.

5.4 Para realizar la programación, previamente se establece la arquitectura de comunicación la cual se desarrolla bajo el entorno OT, desarrollándose la capa 1 (equipos de campo), capa 2 (controlador) y capa 3 (supervisión) (Alcocer Quinteros et al., 2020), de tal modo que se muestra la interacción entre estos, bajo señales de control estandarizadas. También se realiza el desarrollo del diagrama P&ID en el cual se muestra la distribución de emplazamiento de los componentes en la instalación y la interacción de las variables a controlar (Carballo S. y Romero L., 2011), todo regido por la norma ISA. Para la programación en el PLC se emplean unidades organizadas programadas (POUs), las cuales son ejecutadas en forma simultánea. Proporcionando orden y ligereza de ejecución en las tareas de rutina (International Electrotechnical Commission - IEC, 2016). El lenguaje de programación empleado es el tipo escalera (LAD) y el de función de bloques (FBD), los cuales mediante su integración permiten leer y escribir variables que accionan al sistema. Todo esto con el objetivo de enlazar estas, hacia el sistema SCADA el cual monitorea y controla las variables.

5.5 En el desarrollo del análisis económico, se toma como criterios de evaluación los siguientes indicadores, VAN, TIR, B/C y el ROI. Los cuales en su conjunto determinan la viabilidad, rentabilidad, beneficio y efectividad de un estudio económico (Universidad de Zaragoza, 2020). De tal modo que se garantice el éxito de la ejecución correspondiente a la presente investigación.

VI. CONCLUSIONES

6.1 Se determinó como diseño conceptual óptimo, desarrollar el estudio de un **sistema de bombeo automatizado**. Así mismo en base al concepto y las necesidades predispuestas por el sistema se obtuvo la combinación de los componentes óptimos para el proceso conllevando a generar un sistema eficiente que garantiza la operatividad constante del mismo lo cual garantiza el suministro hídrico a la población proyectada.

6.2 En función a la demanda de la población y al crecimiento del mismo, se logró establecer el consumo diario del recurso hídrico para el año 15, siendo este 1425.59 m³/día. Del cual se diseña el volumen de almacenamiento en 425m³. Estableciéndose 3 secuencias de bombeo, de tal modo que se garantice la continuidad del servicio en la población en un 98%, dejando 2% para eventos inoportunos y trabajos de mantenimiento. Así mismo el diámetro de tubería, con beneficio técnico – económico, el cual reduce las pérdidas es de 6”, garantizando la conducción de el caudal nominal el cual es 27 l/s.

Se estableció que la potencia de la electrobomba para satisfacer un ADT de 88.7m y un Q = 27 l/s, es de 40kW. Mientras que la bomba de cloro se estableció en 0.74kW satisfaciendo un ADT de 48m y un Q = 0.5 l/s.

6.3 En función a la disposición de la aplicación y las cargas eléctricas presentes en la investigación, se determinó la máxima demanda para la solución, estableciéndose en 47kW. Así mismo se dimensionó los conductores alimentadores bajo los criterios de ampacidad y caída de tensión obteniendo para el alimentador principal un calibre de 25mm² del conductor N2XOH el cual presenta un alto índice de performance. Mientras que para el diseño de tableros, se realiza en función a la norma IEC, obteniendo valores de 8kV como tensión de impulso para el TF, 6kV como tensión de impulso para TC. Un valor de 50kA como corriente de cortocircuito y un grado de protección de IP65. También se desarrolló el diseño de los tableros mediante software mostrándose la lógica cableada.

6.4 A través de los lineamientos establecidos en la arquitectura de comunicación y el diagrama P&ID. Se desarrolló la programación en el PLC, a través de POU's, de tal modo que se puedan leer variables digitales, analógicas y protocolos de comunicación. Así mismo se declaró la comunicación y las variables en el SCADA, lo cual permitió monitorear parámetros tales como: caudal, nivel, presión, totalizado, sobre presión, nivel bajo, parámetros eléctricos (V, I, P, Q, S, CosØ, %THD) y alarmas. También se logró brindar secuencias de operación o encendidos en función a las necesidades del sistema, tal cual se determinó en los parámetros hidráulicos. Todo esto haciendo uso de lenguajes de programación (FBD y LAD) y protocolos de comunicación (Modbus RTU y TCP/IP).

6.5 Se realizó el flujo de caja proyectado donde se obtuvo un VAN de S/. 512,045.69, el cual es un valor superior a 0 determinando a la investigación como viable. Así mismo se estableció un TIR de 109% lo cual establece al proyecto como rentable y aceptado. Mientras que el B/C para la aplicación es de S/. 2.62, lo que indica que las ganancias se duplican con referente al valor invertido. También se determinó un ROI de 535% lo cual establece a la investigación con alto % de efectividad. Todo esto en términos económicos.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 En cuanto a la parte eléctrica, a partir de los cálculos realizados y a la aplicación del variador. Se puede realizar un análisis de armónicos y determinar la tasa de distorsión armónica THD%, verificando si este cumple con lo establecido por la norma, de lo contrario, sería indispensable emplear filtros que garanticen una baja tasa de THD%.
- 7.2 Así mismo con los datos mostrados se podrá proyectar un estudio del pozo a tierra presente en la estación, lo cual debe estar distribuido en dos etapas, una de fuerza y otra de control. El de fuerza debe cumplir una impedancia menor a 30 ohmios y el de control un valor de 5 ohmios, conforme indica la norma.
- 7.3 Respecto a la parte de programación y configuración que presenten la misma temática se pueden emplear diferentes protocolos de comunicación tales como diveNet, profibus, profinet, etc. Todos estos bajo el mismo concepto de transmisión digital. El lenguaje de programación también puede ser variable, pudiéndose emplear texto estructurado, grafcet, etc. Mientras que las plataformas en donde pueden montarse un SCADA puede ser según las condiciones requeridas. Todo esto buscando un punto medio entre el enfoque óptimo y económico.

REFERENCIAS

- ❖ ABB, 2018. Cuaderno de aplicaciones técnicas n.º 9 Guía para la construcción de un cuadro eléctrico de baja tensión conforme a las normas IEC 61439, Parte 1 y Parte 2. ABB Corporation,
- ❖ ALCOCER QUINTEROS, P., CALERO ZURITA, M., CEDEÑO ZAMBRANO, N. y LAPO MANCHAY, E., 2020. Automatización de los procesos industriales. *Journal of Business and entrepreneurial studies*, vol. 4, no. 2, pp. 123-131.
- ❖ ALEGRET, E. y MARTÍNEZ, Y., 2019. Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 40, no. 3, pp. 41-55. ISSN 1680-0338.
- ❖ ANDRES, P., 2005. TECNOLOGÍAS ACTUALES DE COMUNICACIÓN DE LAS VARIABLES DE CAMPO EN LA INDUSTRIA DE PROCESO. ,
- ❖ ARREGUI, F., CABRERA, E., COBACHO, R., GÓMEZ, E. y SORIANO, J., 2017. Apuntes de mecánica de fluidos. Valencia: s.n. ISBN 9788578110796.
- ❖ ATECYR y IDAE, 2013. Guía técnica de selección de equipos de transporte de fluidos. S.I.: s.n. ISBN 9788578110796.
- ❖ BAUDEAN, M., 2015. Introducción a la investigación aplicada. ,
- ❖ BECERRA RAMÍREZ, J.D.J. y SALAS BENÍTEZ, I., 2015. El derecho humano al acceso al agua potable: aspectos filosóficos y constitucionales de su configuración y garantía en latinoamérica. *Prolegómenos*, vol. 19, no. 37, pp. 125. ISSN 0121-182X. DOI 10.18359/prole.1684.
- ❖ BERMAD WATERWORKS, 2017. DEEP WELL / BOOSTER PUMP CIRCULATION ELECTRIC CONTROL VALVE. ,

- ❖ BERRIOS, H., 2013. Diseño e Implementación de Aplicaciones Didácticas en Programación , Micro-Automatización , Sistemas de Control de Procesos Y Comunicación Industrial con el PLC Simatic S7-1200 - CPU 1214C Ensamblado en un Módulo Piloto para el Laboratorio de Instrumentac. ,
- ❖ BRAIND CHILD, 2016. HMI User Manual. , vol. 49, no. 0, pp. 385.
- ❖ BRAY INTERNATIONAL INC., 2018. BRAY SLURRYSHIELD BIDIRECTIONAL KNIFE GATE VALVES. ,
- ❖ BRAY INTERNATIONAL INC., 2021. Resilient Seated Butterfly Valves. ,
- ❖ CAIRAMPOMA, A. y VILLEGAS, P., 2016. El acceso universal al agua potable. La experiencia peruana. Derecho PUCP, no. 76, pp. 229-250. ISSN 02513420. DOI 10.18800/derechopucp.201601.009.
- ❖ CARBALLO S., J. y ROMERO L., D., 2011. TUTORIAL NORMA ISA S5.1 Y DIAGRAMAS P&ID. [en línea], vol. 2, no. 3, pp. 297. ISSN 18816096. DOI 10.5296/jpag.v8i3.13638.
- ❖ CARRION, C., 2020. Diseño del sistema de agua potable en el caserío El Chorro, distrito de Morropón, provincia de Morropón, región Piura. S.l.: s.n.
- ❖ CASIN, J.Q., 2019. Impactos de la Automatización y / o la Robótica. ,
- ❖ CASTELLANOS, E.I., 2012. Sistemas de Automatización. S.l.: s.n. ISBN 9789592507807.
- ❖ CENGEL, Y., 2007. TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA UN ENFOQUE PRÁCTICO. S.l.: s.n.

- ❖ CIRCUTOR, 2014. Analizador de redes para panel CVM-C10. [en línea], vol. 22, no. Clase 1, pp. 10-11. Disponible en: http://circutor.es/docs/FT_CVM-C10_ES.pdf.
- ❖ COPYRIGHT SIEMENS, 2020. SIMATIC NET Industrial Remote Communication Remote Networks SCALANCE M-800 Command Line Interface. , pp. 1-824.
- ❖ COPYRIGHT SIEMENS, 2021. SIEMENS CATALOG 3VA1220. 2021. S.I.: s.n.
- ❖ DANFOSS/DRIVE, 2014. Manual de funcionamiento VLT ® HVAC Drive FC 102 1,1-90 kW. ,
- ❖ DASTEC S.R.L SIMENS SOLUTION PARTNER, 2016. SITRANS Probe LU. en línea], pp. 1-2.
- ❖ DELFOSSE, V.C. y GURAL, A., 2014. Estudio Experimental de la Ecuación de Bernoulli. ResearchGate, no. January, pp. 10.
- ❖ DOMÍNGUEZ, C., 2011. Inversión de la Empresa en Formación, clave de la excelencia empresarial y análisis de su rentabilidad (predicción del ROI). S.I.: s.n.
- ❖ DURAS, I., 2019. Right to water as a (Fundamental) Human right. , pp. 1-10. DOI <https://doi.org/10.32701/dp.21.1.3> 1.
- ❖ DURATEC VINILIT, 2016. Catálogo Técnico Línea de Presión. , pp. 79.
- ❖ ELAND CABLES, 2020. Drincable 600 Flat Cable. , pp. 1-2.
- ❖ ELECTRIC LOVATO, 2017. Digital mutimeter, Instructions manual DMG800.

- ❖ EMERSON PROCESS MANAGEMENT, 2014. Rosemount Radar de onda guiada Instrucciones de montaje para sonda segmentada. ,
- ❖ EUGENIO, G., 2017. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE PEPINO HÍBRIDO THUNDER, EN EL CENTRO DE PRÁCTICAS MANGLARALTO PROVINCIA DE SANTA ELENA.
- ❖ EWON, 2014. Installation Guide eWON Flexy - Base Units Flexy 101-201, 102-202 & 103-203. , pp. 1-38.
- ❖ FARECO S.A., 2015. Dosificadores de cloro en gas.
- ❖ FARSI, M., 1995. Application of a PLC as a cell controller using a communication network. IEE Colloquium (Digest), no. 112. ISSN 09633308. DOI 10.1049/ic:19950739.
- ❖ FIORELLA REPRESENTACIONES, 2020a. Tubería de Acero SCH40. 2020. S.l.: s.n.
- ❖ FIORELLA REPRESENTACIONES, 2020b. Tubos Inoxidable Grado Sanitario ASTM A270. , pp. 270.
- ❖ GANCINO, J., 2019. Diseño de un sistema de control automático para la estación de bombeo libertad bajo - libertad alto de la empresa pública Metropolitana de agua potable y saneamiento de Quito. S.l.: Universidad Tecnológica Indoamérica.
- ❖ GENERAL ELECTRIC COMPANY, 2012. DigitalFlow TM XGF868i. , no. October.

- ❖ GEVORKOV, L., RASSOLKIN, A., KALLASTE, A. y VAIMANN, T., 2018. Electric drive for throttle control of centrifugal pump system. 2018 IEEE 59th Annual International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University, RTUCON 2018 - Proceedings, vol. 21, pp. 6-10. DOI 10.1109/RTUCON.2018.8659845.

- ❖ HAIJING, Y., YIHAN, Y., DONGYING, Z. y MONITORING, D.S., 2006. The Structure and Application of Flexible SCADA. Structure,

- ❖ I. MARTÍN, R. SALCEDO, R.F., 2011. MECÁNICA DE FLUIDOS Tema2. Impulsión de fluidos. , pp. 1-64.

- ❖ INACAP, 2015. Pérdidas de Carga Primarias y Secundarias en Fluidos.

- ❖ INDECO, 2015. FREETOX N2XOH 0,6/1 kV Triple.

- ❖ INDECO, 2020. THW-90. , pp. 1-2.

- ❖ INDECOPI, C. de R.T. y C., 2002. NORMA TÉCNICA PERUANA: NTP 370.301. [en línea], no. Lima 41

- ❖ INDECOPI, C. de R.T. y C., 2005. NORMA TÉCNICA PERUANA: NTP 370.308. , no. Lima 41.

- ❖ INDECOPI, C. de R.T. y C., 2014. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 370.252. , no. Lima 41.

- ❖ INEI, 2018. Peru: Crecimiento y distribución de la población total, 2017. Población censada más población omitida. Journal of Chemical Information and Modeling, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. ISSN 1098-6596.

- ❖ INNOVACIÓN TECNOLÓGICA CATALANA (ITC), 2006. Cloración de agua potable. Dosing Pumps [en línea], pp. 28. Disponible en: <http://www.itc.es/es/>.

- ❖ INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION - IEC, 2016. Programming Languages: IEC 61131-3. , vol. 3.0, pp. 9.
- ❖ JAIME, I., 2017. Bombas eficientes de agua potable en edificios. [en línea], vol. 10

- ❖ JARA, W., 2018. Mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable utilizando captaciones subsuperficiales - galerías filtrantes del distrito de Pomahuaca - Jaén - Cajamarca. ,

- ❖ KOLESNIKOV, E.B., SHPREKHER, D.M. y MALKOV, S.B., 2019. Automated system ensuring uninterrupted water supply for small settlements. Proceedings - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019, pp. 13-17. DOI 10.1109/URALCON.2019.8877676.

- ❖ LANDAU, L. y LIFSHITZ, M., 2002. Mecanica de Fluidos. Mecánica de Fluidos, vol. 3 ed., pp. 769. ISSN 02540770.

- ❖ LAZARTE, J., CHÁVEZ, M. y ALVARADO, M., 2018. Estrategias de aplicación de Industria 4.0 en las empresas peruanas. 16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Innovation in Education and Inclusion”, 19-21 July 2018, Lima, Peru. 9, vol. 13, no. July, pp. 0-9.

- ❖ LEGRAND, 2015. Tableros bajo la Norma IEC-61439. [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 54-67.

- ❖ LI, B., BIAN, D., QU, H., YANG, Z., ZHAO, R. y HU, C., 2012. The problems and control countermeasures research of rural drinking water resource in Jilin. Proceedings - 2012 International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology, iCBEB 2012, pp. 1841-1844. DOI 10.1109/iCBEB.2012.436.

- ❖ LIZCANO, J.A., BOLAÑOS, S.J. y MEDINA, R.M., 2016. La ciencia del diseño para un metamodelo de regulación de agua potable y saneamiento básico. ,
- ❖ LVYUAN, Z., ZHEN, T., CHUANWU, L. y JIAN, N., 2017. Research on optimal operation method of pumping station Based on Machine Learning.
- ❖ MARAN DE OLIVEIRA, C., 2017. Sustainable access to safe drinking water: Fundamental human right in the international and national scene. *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, no. 3, pp. 445-458. ISSN 1980993X. DOI 10.4136/1980-993X.
- ❖ MARTÍN, A., 2018. Apuntes de Mecánica de Fluidos. *Revista de Ciência Elementar*, vol. 6, no. 4. ISSN 2183-1270. DOI 10.24927/rce2018.071.
- ❖ MHASKAR, S.H., INGALE, N.M. y CHARHATE, S., 2018. Application of Soft and Hard Computing Tools for the Estimation of Groundwater Recharge. 2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology, ICSCET 2018, no. Lm, pp. 1-4. DOI 10.1109/ICSCET.2018.8537324.
- ❖ MIMOSO, M.J., ANJOS, M.R. y TEIXEIRA, J., 2018. The right to water as a fundamental right. *World Journal of Environmental Research*, vol. 8, no. 2, pp. 45-52. DOI 10.18844/wjer.v8i2.3833.
- ❖ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2006. CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD – UTILIZACIÓN. , pp. 836.
- ❖ MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, 2008. Manual de sustentación del código nacional de electricidad utilización 2006. [en línea], vol. 6, pp. 749. Disponible en: www.minem.gob.pe.
- ❖ MINISTERIO DE VIVIENDA, C. y S., 2006a. OS - 030 Almacenamiento de agua para consumo humano. OS.030 Almacenamiento de agua para consumo humano

- ❖ MINISTERIO DE VIVIENDA, C. y S., 2006b. OS - 100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria. Reglamento Nacional de Edificaciones, pp. 356.

- ❖ MITSUBICHI ELECTRIC, 2016. LOW-VOLTAGE POWER DISTRIBUTION PRODUCTS. ,

- ❖ MORALES, C. (OPS/OMS) y SOLSONA, F. (OPS/OMS), 2006. TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO POR MEDIO DE CLORO. ,

- ❖ MUJAL, R.M., 2002. Cálculo de líneas y redes eléctricas. S.l.: s.n. ISBN 8483016060.

- ❖ NACIONES UNIDAS, 1958. MANUAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO ECONÓMICO. , pp. 258.

- ❖ NURATCH, S., 2018. The IIoT devices to cloud gateway design and implementation based on microcontroller for real-time monitoring and control in automation systems. Proceedings of the 2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2017, vol. 2018-Febru, pp. 919-923. DOI 10.1109/ICIEA.2017.8282970.

- ❖ ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2015. Suministro de agua mediante camión cisterna. Notas Técnicas sobre agua, saneamiento e higiene en emergencias, pp. 1-4.

- ❖ PAHUARA, F., 2020. Diseño e Implementación de Sistema Automatizado en Cuarto de Bombas para el Suministro de Agua Potable en Edificio Torres Paz. S.l.: Universidad Tecnológica del Perú.

- ❖ PALTÁN, H., BASANI, M., MINAYA, V. y REZZANO, N., 2020. Servicios de agua potable y saneamiento resilientes en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo, pp. 57. ISSN 1680-9025.
- ❖ PAN, J., WANG, L., XU, L. y YANG, X., 2011. Optimal allocation of water resources based on water environment security in shenbei region, liaoning. Water (Switzerland), pp. 1-4. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w8060237.
- ❖ PEDRAZA, A. y ROSAS, R., 2011. EVALUACIÓN PARA SISTEMAS DE BOMBEO DE AGU. Manual de eficiencia energética. Banco Interamericano de Desarrollo BID [en línea], vol. 1, pp. 108. Disponible en: <https://publications.iadb.org/handle/11319/2723>.
- ❖ PEDROLLO, 2020a. Electrobombas centrífugas CP. ,
- ❖ PEDROLLO, 2020b. Electrobombas multietapa verticales MK. , pp. 1-4.
- ❖ PEDROLLO, 2020c. Electrobombas sumergidas HR. , pp. 1-6.
- ❖ PEDROLLO, 2021. Electrobombas booster FCR. , pp. 100-103.
- ❖ PÉREZ, R., 2015. MODELACIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y DESCARGAS DEL TRANSPORTE DE CIENO CARBONATO POR TUBERÍA. S.l.: s.n.
- ❖ REYES, P., 2010. Análisis morfológico. University of Deusto
- ❖ RITTAL THE SYSTEM, 2019. System perfection Enclosures AX. KX. ,
- ❖ ROCKWELL AUTOMATION, 2012. 1768 CompactLogix Controllers User Manual.
- ❖ RODRÍGUEZ, A., 2013. Sistemas SCADA. S.l.: s.n. ISBN 9788578110796.

- ❖ SALAZAR, C. y CORREA, L., 2011. Buses de campo y protocolos en redes industriales. Ventana Informática [en línea], vol. 25, pp. 83-109.

- ❖ SCHNEIDER ELECTRIC, 2020. Compact NSX Interruptores automáticos. ,

- ❖ SEDALIB / SUNASS-CD, 2020. ESTRUCTURA TARIFARIA CON REAJUSTE POR VARIACION IPM 3.04 % (JUL ' 2018-DIC ' 2020) A PARTIR DE FACTURACIÓN MARZO-2021 Y SUBSIGUIENTES. , vol. 19, pp. 1-6.

- ❖ SENECA S.R.L., 2021. USER MANUAL Z-PASS1 / Z-PASS2. ,

- ❖ SHAMES, I., 1995. MECÁNICA DE FLUIDOS. 3ra. Bogota, Colombia: s.n. ISBN 9586002462.

- ❖ SHANGHAI LEEG INSTRUMENTS CO. LTD., 2016. Submersible Level Transmitter. , pp. 1-9.

- ❖ SHANGHAI LEEG INSTRUMENTS CO. LTD., 2017. SMP131-TSD-S monosilicon gauge pressure transmitter. , pp. 1-11.

- ❖ SHANGHAI LEEG INSTRUMENTS CO. LTD., 2019. DMP305X-TST-S monosilicon gauge pressure transmitter. , vol. 1.0.

- ❖ SIEMENS, 2016. Intrucciones de servicio SINAMICS G120. ,

- ❖ SIEMENS, 2018. USER MANUAL KTP700. , pp. 1-9.

- ❖ SIEMENS / PROCESS AUTOMATION, 2013. SITRANS F Caudalímetros electromagnéticos SITRANS F M MAG 5000/6000. , vol. 12, pp. 1-107.

- ❖ SIEMENS INDUSTRY, 2012. S7- 1200 Programmable controller. ,

- ❖ SIEMENS INDUSTRY, 2018. Power Meter PAC3200. , pp. 1-8.

- ❖ SONI, K., WAGHELA, D., SHAH, R. y MOHAN, M., 2018. Smart Well Monitoring System. 2018 International Conference on Smart City and Emerging Technology, ICSCET 2018, pp. 1-5. DOI 10.1109/ICSCET.2018.8537264.

- ❖ SONOCO, G., 2016. Sistema de bombeo de agua potable para la comunidad Pallina Chico - Prov. Ingavi - Departamento de La Paz [en línea]. S.I.: Universidad Mayor de San Andres.

- ❖ SOTELO, G., 1994. Hidráulica general Volumen I - Fundamentos. S.I.: s.n. ISBN 9788578110796.

- ❖ SUNASS, 2018. Proyecto de estudio tarifario: Servicio de monitoreo y gestión de uso de aguas subterráneas de Sedalib S.A. . Trujillo, Perú:

- ❖ TIGRE, 2020. Ficha Técnica, Tubos de polietileno HDPE. ,

- ❖ TOLEDO, W. y NARVÁEZ, C., 2017. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE COUNICACIONES INTEGRADA AL PROCESO DE MONTAJE DE MANÓMETROS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN DE LA FIE - ESPOCH. S.I.: s.n. ISBN 0803397496.

- ❖ UNED, 2011. Controladores Lógicos Programables (PLC): Software y lenguajes de programación.

- ❖ UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA, 2020. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID - BARCELONA. ,

- ❖ USMP, U.S.M.D.P., 2018. MANUAL DE INTRODUCCIÓN A LA ECONOMÍA. ,
- ❖ VALDEZ, L., 2017. Sistema de tratamiento de agua potable de trujillo. Proyecto especial Chavimochic, no. 044.

- ❖ WANG, H.L., LONG, B., YANG, Y., XIAO, Y. y WANG, C., 2020. Modelling the influence of inlet angle change on the performance of submersible well pumps. International Journal of Simulation Modelling, vol. 19, no. 1, pp. 100-111. ISSN 19968566. DOI 10.2507/IJSIMM19-1-506.
- ❖ WEG, 2020. Guia De Instalación Rápida CFW500 Convertidor de Frecuencia. [en línea], pp. 5-6. Disponible en: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw500-guia-de-instalacion-rapida-10003766994-guia-instalacion-espanol.pdf>.
- ❖ WEINTEK, 2019. MT8071iP User Manual. ,
- ❖ YOKOGAWA ELECTRIC CORPORATION, 2017. STARDOM FCN-RTU Autonomous Controller. ,

ANEXOS

ANEXO 1

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Diseño del sistema de Bombeo Automatizado	Conjunto de elementos con enfoques mecánicos, eléctricos y electrónicos que posibilitan el transporte de agua potable (Pahuara, 2020)	Sistema electromecánico mediante el cual se transporta el agua potable desde la extracción de pozo tubular hasta el reservorio de almacenamiento (Carrion, 2020)	Sist. Hidráulico	Disponibilidad: Q Necesidad: m3 Altura: ΔP Potencia: HP	Cuantitativa de razón
			Sist. Eléctrico	Demanda: kW Calib. Cond: mm2 / ΔV : % Protecciones: A	
			Sist. Control	Tipo de operación: LC / LA. Característica de señales: mA / V Tráfico de datos: Bus	

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Suministro de agua potable	Acción y consecuencia de brindar agua potable ante la solicitud de un determinado requerimiento (Lizcano, Bolaños y Medina, 2016) .	Se establece como un nivel de categoría de consumo. Sosteniéndose como elemento esencial para el ser humano (Becerra Ramírez y Salas Benítez, 2015).	Continuidad de servicio	Horas de operación	Cuantitativa de razón
			Costo de operación	S/.	

ANEXO 2

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	Guía de observación
Entrevista	Cuestionario
Análisis documental	Ficha de registro de datos, libros, artículos científicos, manuales, catálogos.

Observación: se hizo uso del paso primordial del método científico. El cual en primera instancia nos brinda la información, de la necesidad básica respecto al acceso del recurso hídrico. Mediante esta técnica se logra evaluar las condiciones de campo, la necesidad latente y las disposiciones pertinente. Por lo que se desarrolló una visita en campo de los establecimientos empleando una guía de observación para la toma de datos relevantes.

Entrevista: habiéndose observado la problemática se realiza una entrevista con un contacto cercano a la administración de la entidad, para validar la información adquirida en campo, todo esto necesario para el procesamiento de información. Empleando un cuestionario específico para aplicar al entrevistado.

Análisis documental: la presente investigación hace uso de las fuentes primarias brindadas, evaluando los planos de detalle de las diferentes zonas de presión, el estado de las pruebas de aforo realizada, la lotización de la urbanización y las longitudes proyectadas para el sistema. Así mismo se hace uso de literatura especializada y de normas técnicas vigentes para el diseño del sistema planteado. Cabe resaltar que se emplean también teorías presentadas en tesis, artículos de investigación, manuales y catálogos.

ANEXO 3

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS APLICADOS A LA INVESTIGACIÓN (ESPECIALISTA 1)

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Las técnicas e instrumentos empleados pertenecen al tipo de investigación planteada, abarcando la temática propuesta.	X		
2	Las técnicas e instrumentos empleados son relevantes para el estudio de las variables y/o dimensiones	X		
3	Las técnicas e instrumentos empleados son suficientes para la recolección de información y procesamiento de la misma.	X		
4	Las técnicas e instrumentos presentan el orden adecuado para la recolección y procesamiento de información.	X		
5	Los técnicas e instrumentos presentan información clara y precisa, conforme a los requerimientos de la investigación	X		
VALIDEZ				
APLICABLE	X	NO APLICABLE		OBSERVADO
DATOS DEL EXPERTO				
APELLIDOS Y NOMBRE:	MORALES MANTILLA, JONNATHAN LUIS			
PROFESIÓN:	INGENIERO ELECTRÓNICO			
ESPECIALIDAD:	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.			



 Jonathan L. Morales Mantilla
 ING. ELECTRÓNICO
 R. ZIP. 152354

FIRMA Y SELLO

ANEXO 4

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS APLICADOS A LA INVESTIGACIÓN (ESPECIALISTA 2)

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Las técnicas e instrumentos empleados pertenecen al tipo de investigación planteada, abarcando la temática propuesta.	X		
2	Las técnicas e instrumentos empleados son relevantes para el estudio de las variables y/o dimensiones	X		
3	Las técnicas e instrumentos empleados son suficientes para la recolección de información y procesamiento de la misma.	X		
4	Las técnicas e instrumentos presentan el orden adecuado para la recolección y procesamiento de información.	X		
5	Los técnicas e instrumentos presentan información clara y precisa, conforme a los requerimientos de la investigación	X		
VALIDEZ				
APLICABLE	X	NO APLICABLE		OBSERVADO
DATOS DEL EXPERTO				
APELLIDOS Y NOMBRE:	ALARCON MORENO ROMMEL JAVIER			
PROFESIÓN:	MECÁNICO ELECTRICISTA			
ESPECIALIDAD:	MECANICA ELECTRICA			



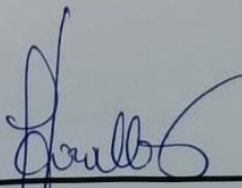
ROMMEL JAVIER
ALARCON MORENO
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP N° 216750

FIRMA Y SELLO

ANEXO 5

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS APLICADOS A LA INVESTIGACIÓN (ESPECIALISTA 3)

VALIDACIÓN DE TÉCNICAS E INSTRUMENTOS				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Las técnicas e instrumentos empleados pertenecen al tipo de investigación planteada, abarcando la temática propuesta.	X		
2	Las técnicas e instrumentos empleados son relevantes para el estudio de las variables y/o dimensiones	X		
3	Las técnicas e instrumentos empleados son suficientes para la recolección de información y procesamiento de la misma.	X		
4	Las técnicas e instrumentos presentan el orden adecuado para la recolección y procesamiento de información.	X		
5	Los técnicas e instrumentos presentan información clara y precisa, conforme a los requerimientos de la investigación	X		
VALIDEZ				
APLICABLE		NO APLICABLE		OBSERVADO
DATOS DEL EXPERTO				
APELLIDOS Y NOMBRE:	MIDRAGO LINDUE YICOR OMBE			
PROFESIÓN:	INGENIERO MECÁNICO			
ESPECIALIDAD:	INGENIERO MECÁNICO			



FIRMA Y SELLO
 CIP: 176904

ANEXO 6

SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA EL ACCESO A LA INFORMACIÓN DE LA EMPRESA Y DESARROLLAR “TRABAJO DE INVESTIGACIÓN”

Ing. Enrique Galarza Alonso

Gerente comercial de la empresa **OBRICOM YPK S.A.**

De mi consideración:

Es grato dirigirme a Usted, me identifico como Luis Albert Chero Aquino, con DNI: 77355019, actualmente estudiante del X ciclo de la carrera Ingeniería Mecánica Eléctrica en la Universidad Cesar Vallejo. Con el debido respeto que se merece me presento para solicitar lo siguiente:

Que, por motivos de formación profesional, en la experiencia curricular de “Desarrollo de proyecto de investigación”, me es necesario emplear información perteneciente a la empresa, con el objetivo de desarrollar el trabajo de investigación titulado: **“Diseño de un Sistema de Bombeo Automatizado para suministrar agua potable con bajo costo de operación y continuidad de servicio”**. Por tal motivo me dirijo ante usted solicitando el permiso correspondiente, para la toma de datos e información, de tal modo que pueda desarrollar a cabalidad mi investigación. Por lo expuesto espero pueda acceder a la petición.

Agradeciendo anticipadamente su comprensión y apoyo, me despido cordialmente.

Trujillo, 10 de abril de 2021.



Luis Albert Chero Aquino

DNI: 77355019

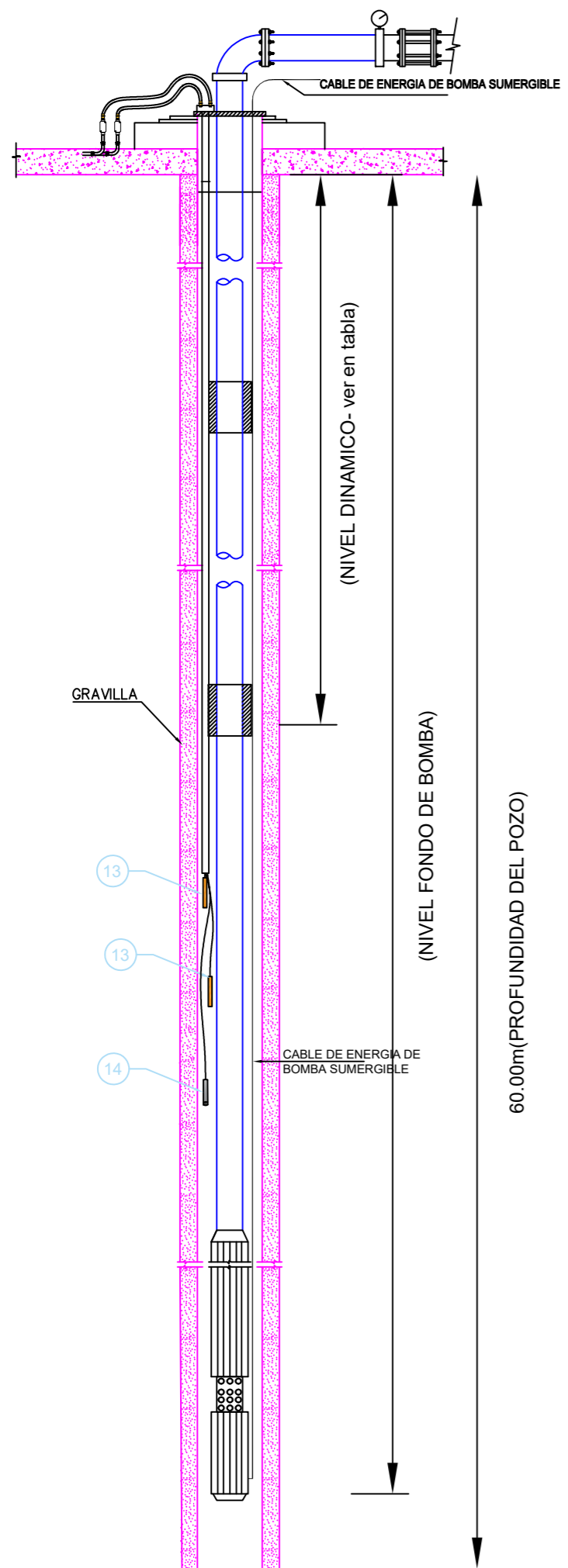


Enrique Galarza Alonso

DNI: 09835688

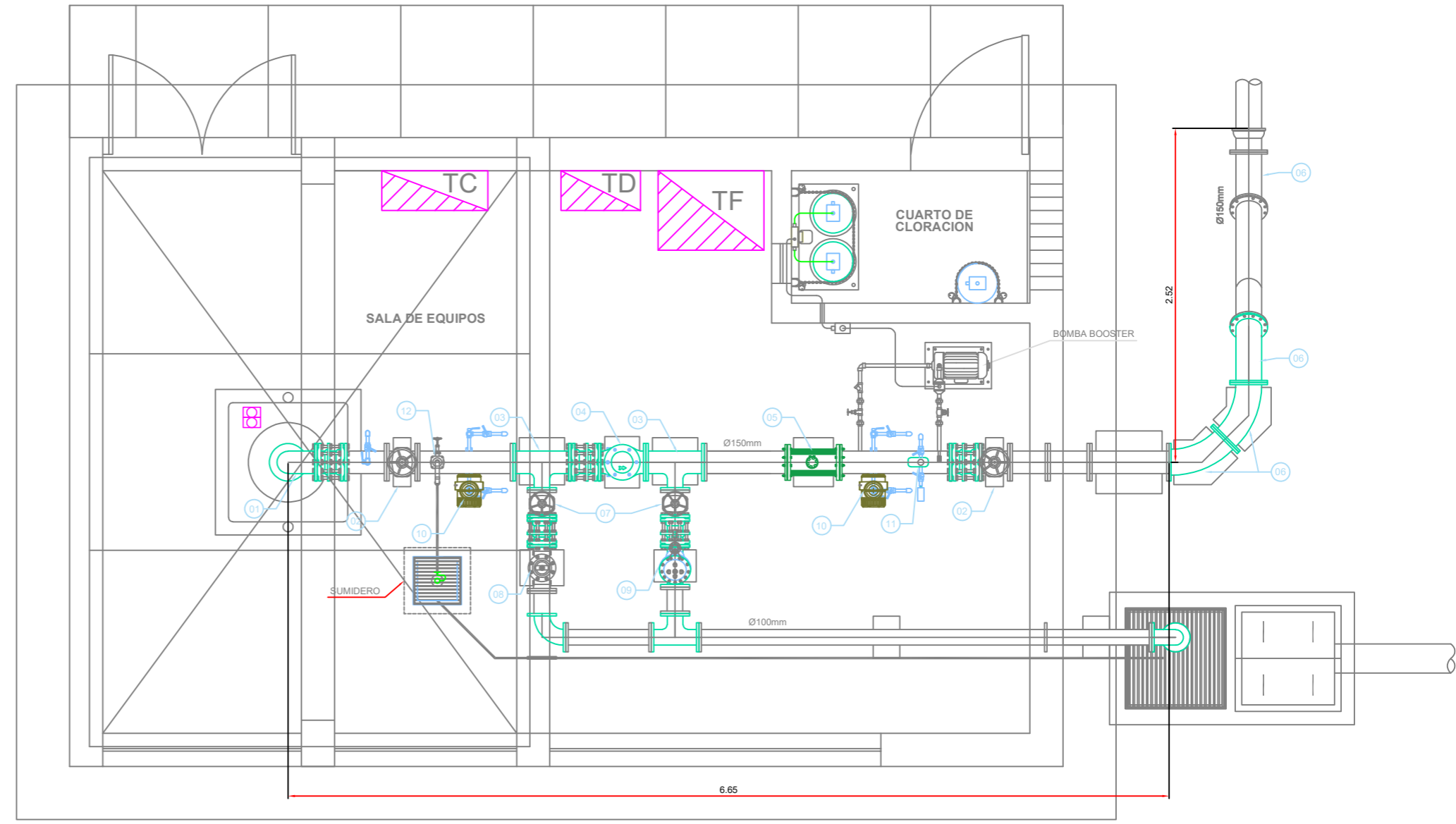
ANEXO 7

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



MONTAJE DE LA BOMBA SUMERGIBLE N°1
ESC. 1:20

60.00m (PROFUNDIDAD DEL POZO)



PLANTA - CASETA DE BOMBEO
ESC: 1/25

LEYENDA		
TAG	DESCRIPCIÓN	MEDIDA
01	CODO x 90°	150 mm
02	VÁLVULA MARIPOSA MANUAL	150 mm
03	TEE	150 mm
04	VÁLVULA CHECK	150 mm
05	MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNÉTICO	150 mm
06	CODO x 45°	150 mm
07	VÁLVULA MARIPOSA MANUAL	100 mm
08	VÁLVULA DE PURGA MARIPOSA ELÉCTRICA	100 mm
09	VÁLVULA DE ALIVIO TIPO GLOBO	100 mm
10	TRANSMISOR INDICADOR DE PRESIÓN	-
11	PRESOSTATO	-
12	VÁLVULA DE AIRE	-
13	SWITCH DE NIVEL	-
14	SENSOR DE NIVEL SUMERGIBLE	-

TÍTULO: DIAGRAMA DE EMPLAZAMIENTO EN CASETA DE BOMBEO		Nº PLANO: 01
Diseño : LACHA	Esc : 1/20 - 1/25	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 1/1

ANEXO 8

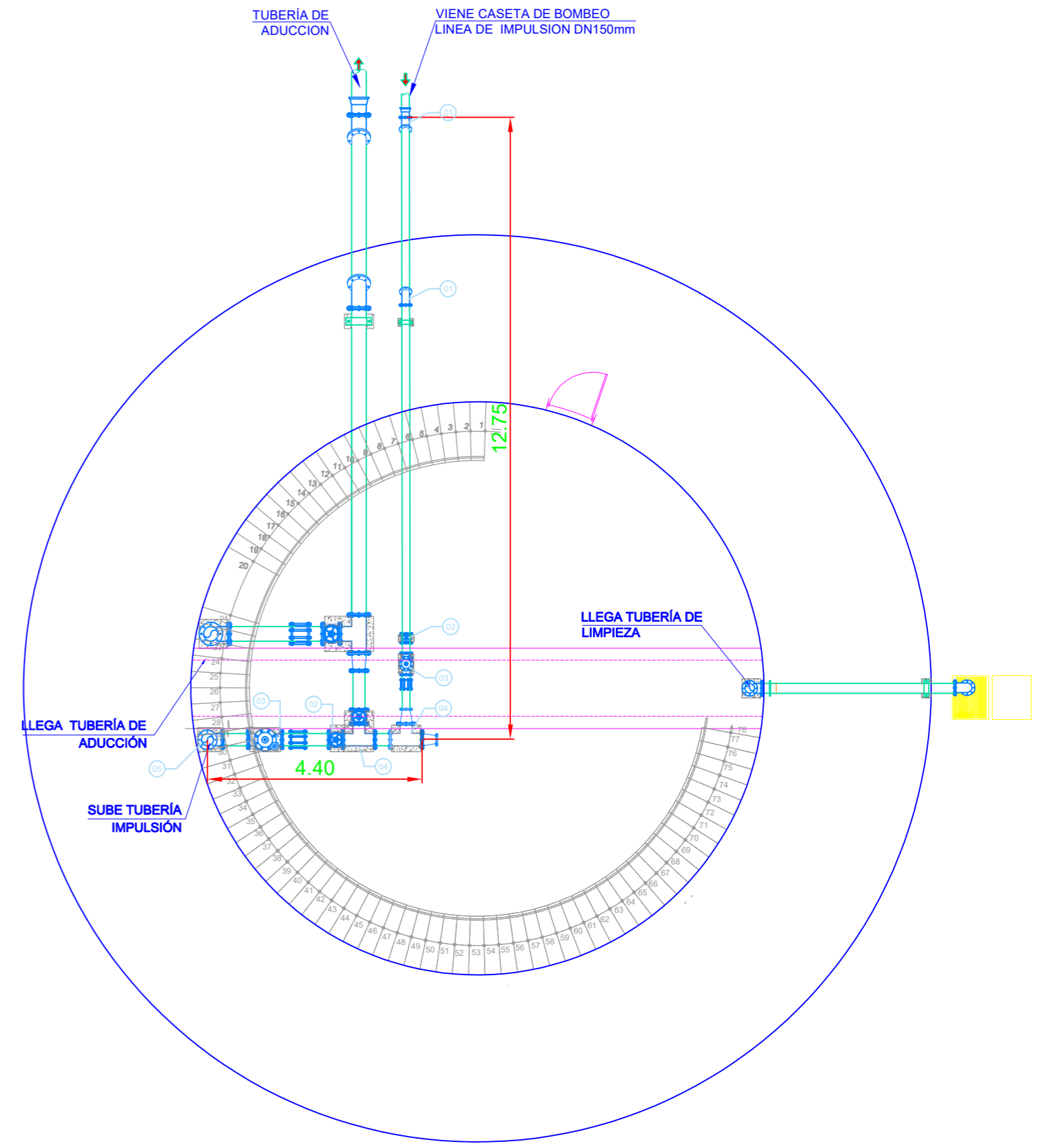
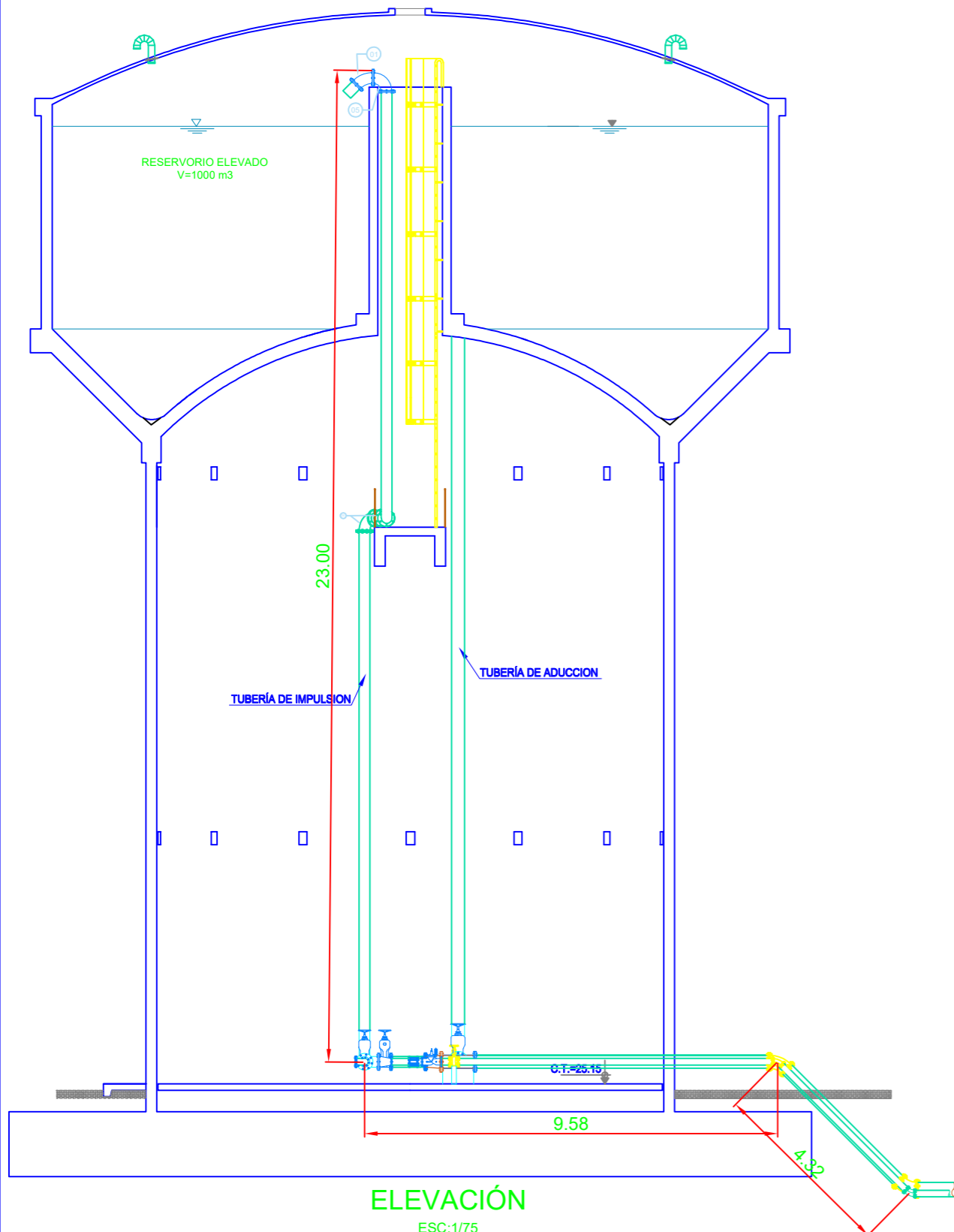
LÍNEA DE IMPULSIÓN

Fuente: Google Earth



ANEXO 9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
 ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.

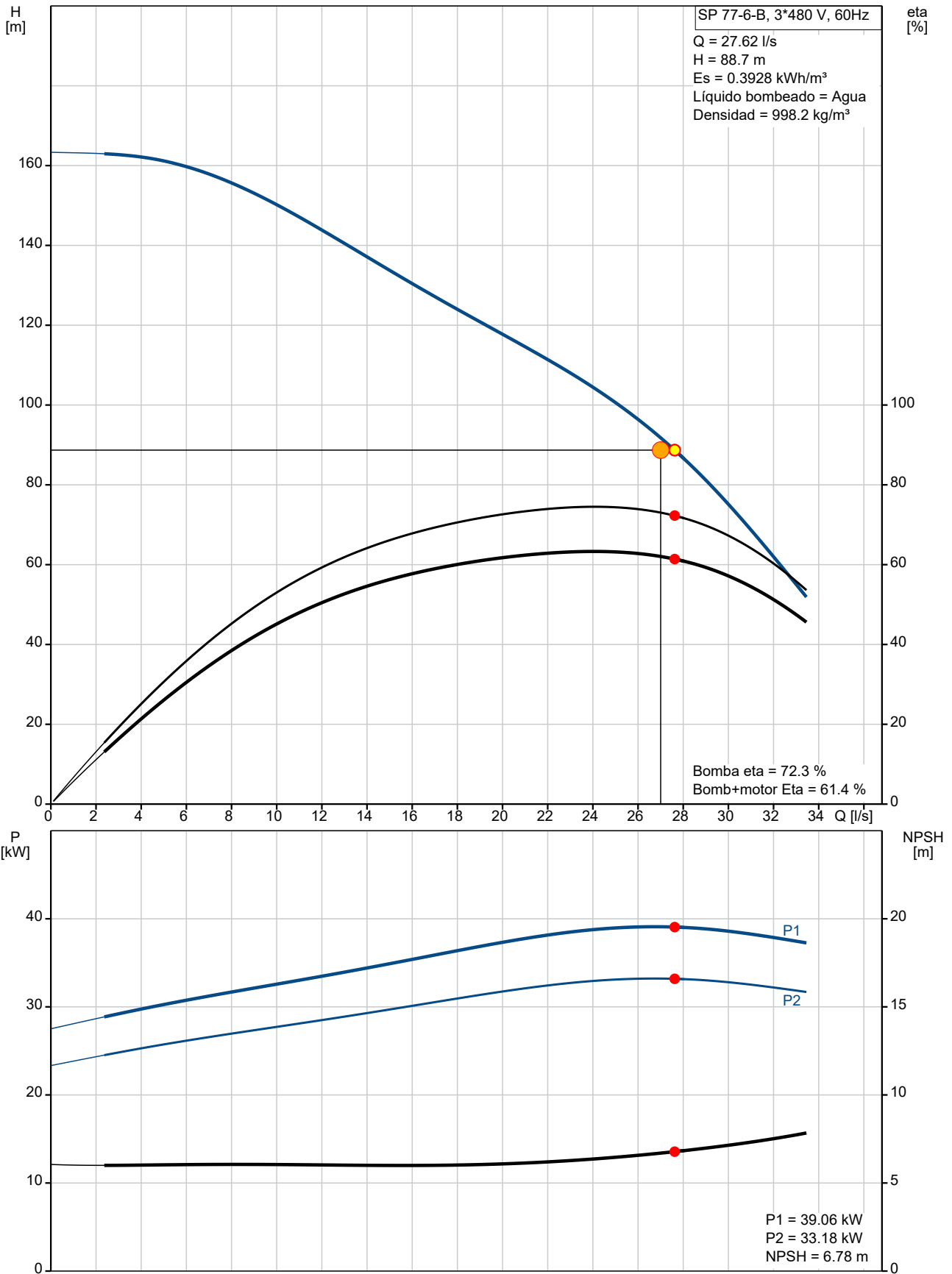


LEYENDA		
TAG	DESCRIPCIÓN	MEDIDA
01	CODO x 45°	150 mm
02	VÁLVULA COMPUERTA MANUAL	150 mm
03	VÁLVULA DE ALTITUD	150 mm
04	TEE	150 mm
05	CODO x 90°	150 mm

TÍTULO: DIAGRAMA DE EMPLAZAMIENTO EN RESERVORIO		Nº PLANO: 01
Diseño : LACHA	Esc : 1/75	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 1/1

ANEXO 10

16B036C6 SP 77-6-B 60 Hz



16B036C6 SP 77-6-B 60 Hz

Entrada

General

Aplicación	Suministro de agua subterránea
Tipo de instalación	Pozo de sondeo
Instalación	Instalación en perforaciones, sin tanque
Caudal	27 l/s
Altura	88.7 m
Priorizar el suministro rápido	No

Sus requisitos

Velocidad variable	Sí
Grado de protección	IP20
Modo de control	Presión proporcional, externa
Disminución a bajo caudal	10 %
Temperatura máxima del agua	15 °C
Caudal max. permitido	30 %
Caudal min. permitido	5 %
Nº pto trabajo	1

Edite Perfil de Carga

Perfil de carga	Plena carga
Número de días de funcionamiento por año	365 d
Horas de funcionamiento por día (tarifa baja)	10 h

Configuración

Material de la bomba	GG 0.6025 o 1.4301 (AISI 304)
Selección del motor	Motor Grundfos estándar

Condiciones de funcionamiento

Frecuencia	60 Hz
Fase	1 o 3
Tensión	1 x 120 o 3 x 480 V
Método de arranque trifásico	Directo
Precio de la energía (tarifa alta)	0.15 EUR/kWh
Precio de la energía (tarifa media)	0.1 EUR/kWh
Precio de la energía (tarifa baja)	0.05 EUR/kWh
Incremento del precio de la energía	6 %
Periodo de cálculo	10 años

Coste c. vida

¿Quiere hacer una comparación?	Sin comparación
¿Con qué nivel de detalle desea realizar el análisis del coste de ciclo de vida?	Análisis simple del LCC

Ajustes de la lista de resultados

CO2 emission intensity	0.57 kg/kWh
------------------------	-------------

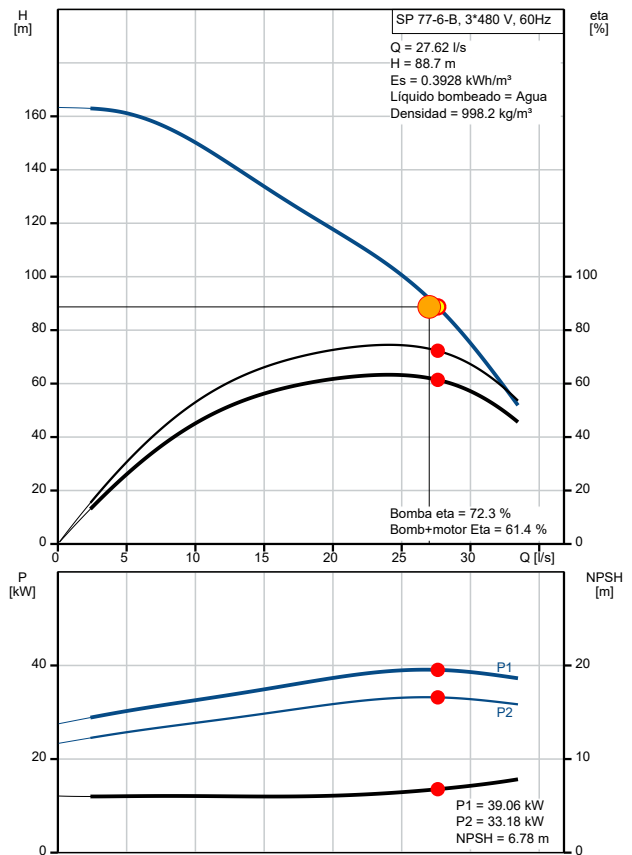
Perfil func.

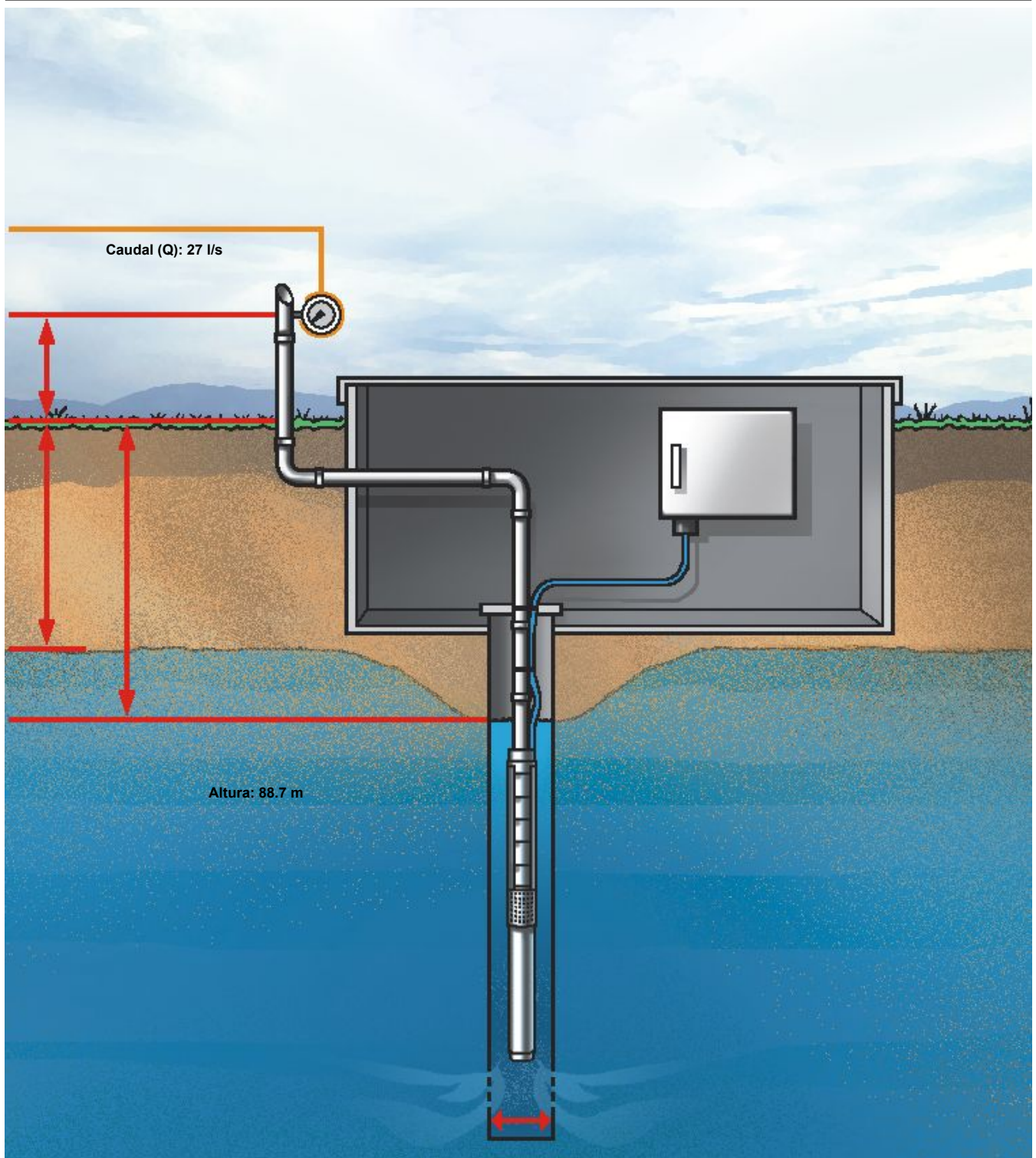
	1	
Caudal	100	%
Alt.	103	%
P1	39.1	kW
Total Eta	62.0	%
Time	3650	h/a
Consumo energía	142700	kWh/Año
Cantidad	1	

Resultado del dimensionamiento

Tipo	SP 77-6-B
Cantidad * Motor	1 * 30 kW ,
Caudal	27.62 l/s (+2%)
H total	88.7 m
Pot. P1	39.06 kW
Pot. P2 requerida en el punto de trabajo	33.18 kW
corriente(nom.)	61 A
Corriente(act.)	56.3 A
Cos phi(actual)	0.83
BombaEta	72.3 %
Motor Eta	85.0 %
Total Eta	61.4 % =Bomba Eta *motor Eta
Caudal tot	354780 m³/año
Cons. energía especial	0.4022 kWh/m³
	4.53 Wh/m³/m
Consumo energía	142700 kWh/Año
Prec.	Bajo pedido
Cte ciclo vital	109247 EUR /10Años

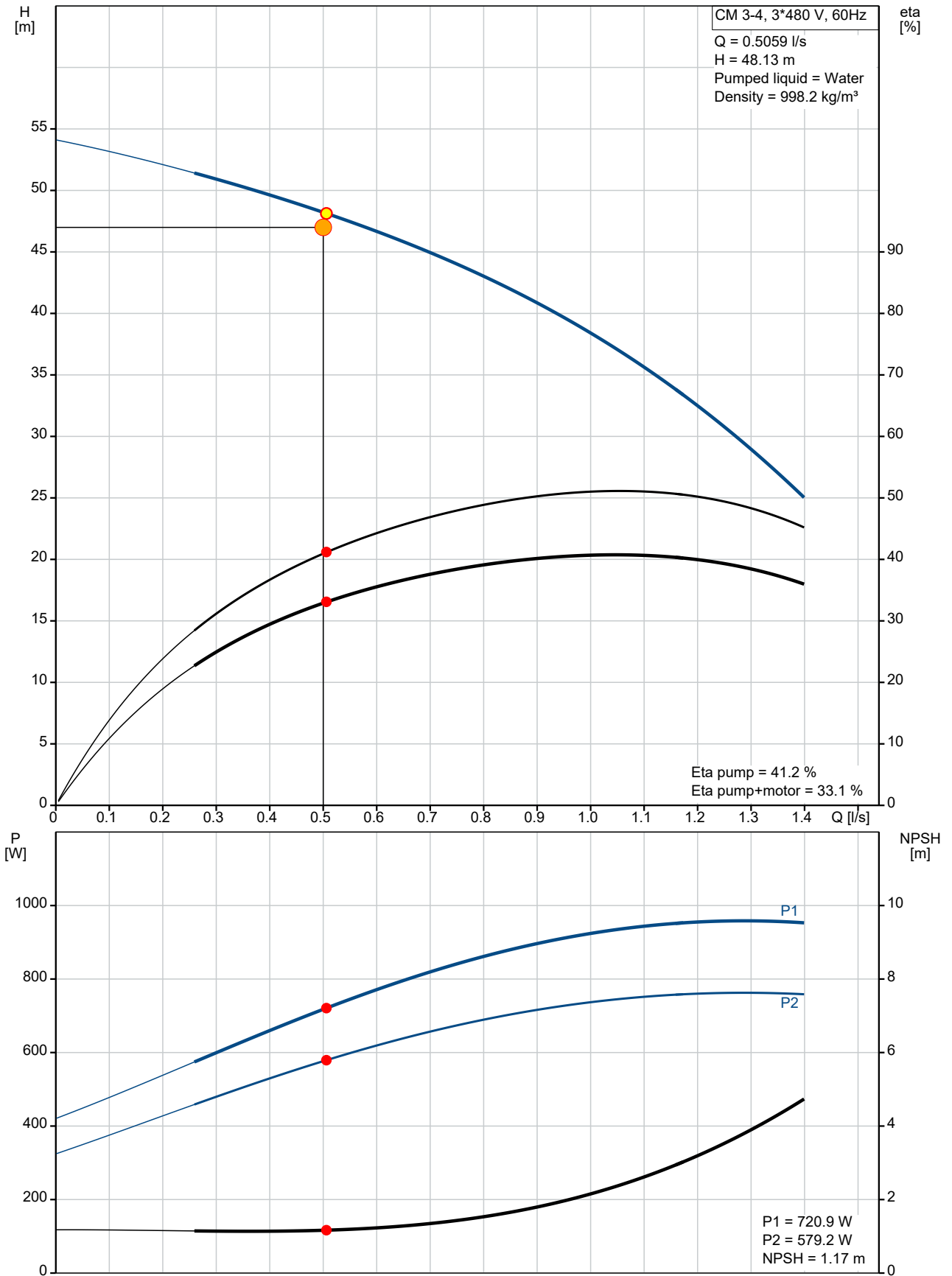
¡Las pérdidas en el cable no están incluidas!





ANEXO 11

96806924 CM 3-4 A-S-A-E-AVBE E-A-A-N 60 Hz

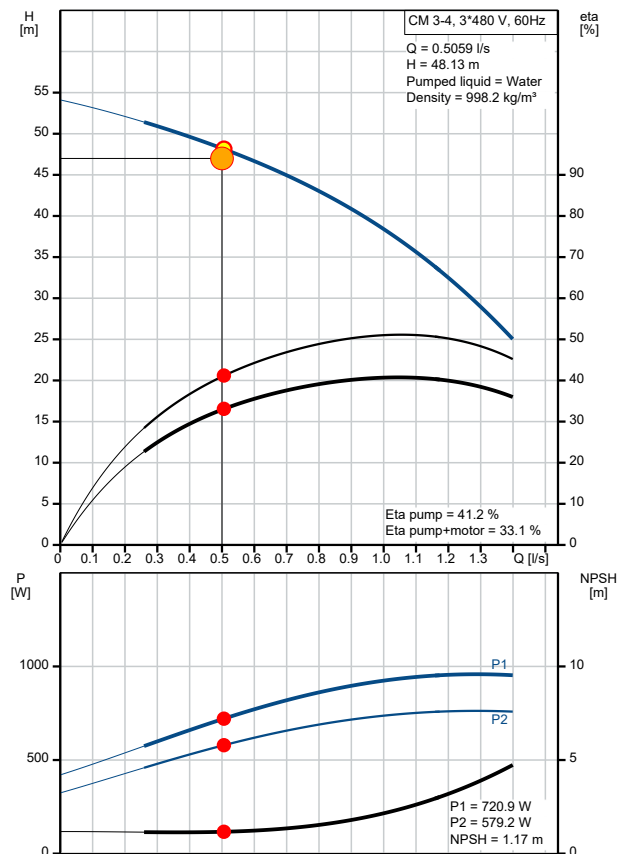


96806924 CM 3-4 A-S-A-E-AVBE E-A-A-N 60 Hz

Input	
General	
Application	Industry
Select type of installation	Pressure boosting
Select subapplication	Water-based
Dimensioning flow	0.5 l/s
Total head	47 m
Prefer fast delivery	No
Your requirements	
Pumped liquid	Water
Min. liquid temperature	10 °C
Max. liquid temperature	40 °C
Liquid temperature during operation	20 °C
Installation type	Inlet pressure
Allowed undersize	5 %
No of duty points	1
Control mode	
	Variable speed
Pumps with external frequency converter	Both 50 Hz and 60 Hz
Enclosure class	IP20
Maximum frequency	100 %
Edit load profile	
Load profile	Full load
Period	Day
Operation hours per day	3.05 h/day
Configuration	
Select type of hydraulic	Parallel
Total number of pumps	1
Electrical data	
Frequency	60 Hz
Phase	1 or 3
Min. power limit for SD start	5.5 kW
Voltage	1 x 120 or 3 x 480 V
Life cycle cost	
Do you want to make a comparison?	No comparison
How detailed do you want your life cycle cost analysis?	Simple LCC analysis
Hit list settings	
Energy price	0.15 EUR/kWh
Increase of energy price	6 %
Calculation period	5 years
CO2 emission intensity	0.57 kg/kWh

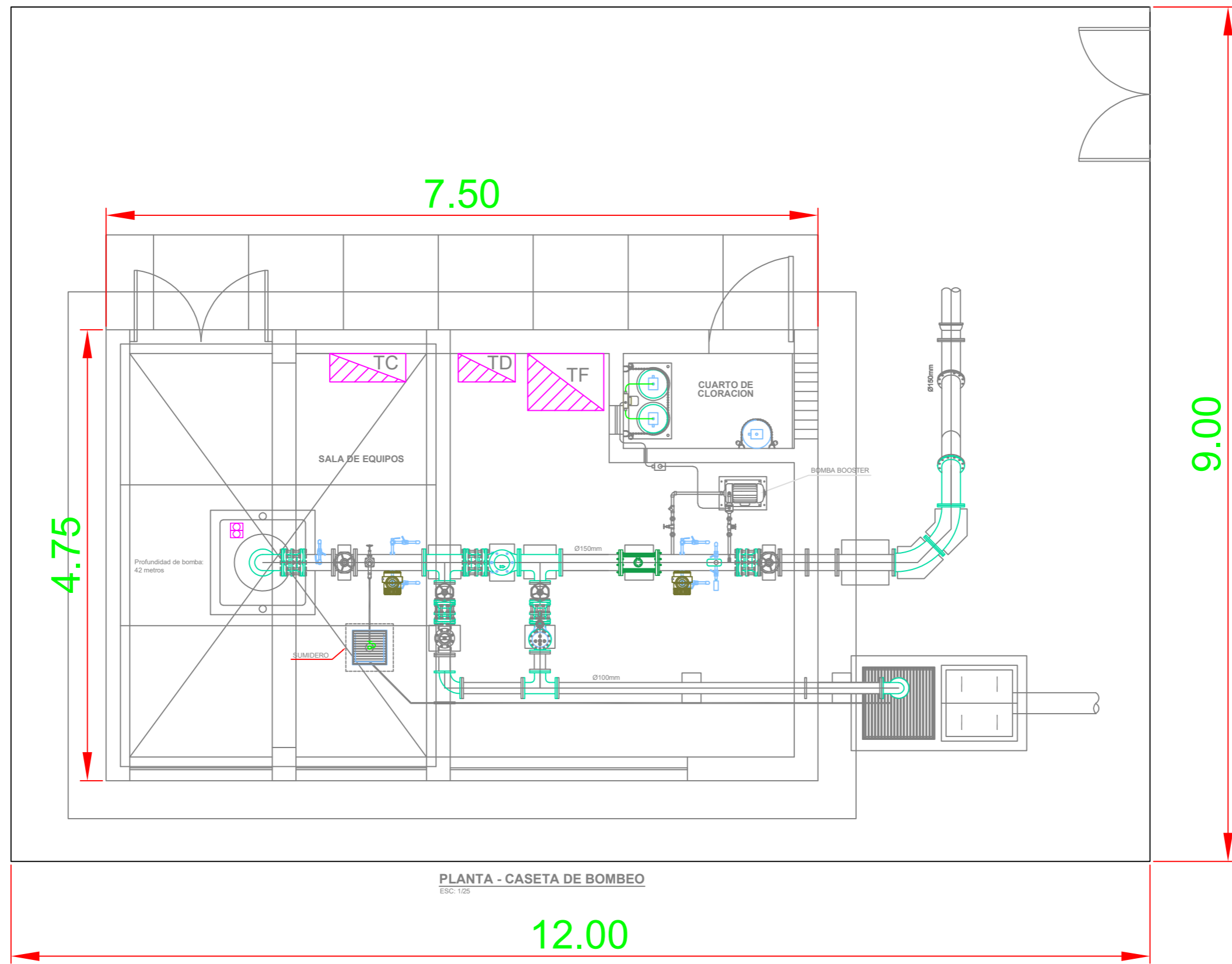
Load Profile		
	1	
Flow	100	%
Head	102	%
P1	0.721	kW
Eta total	33.1	%
Time	1113	h/a
Energy consumption	803	kWh/Year
Quantity	1	

Sizing result	
Type	CM 3-4
Quantity	1
Motor	0.74 kW
Flow	0.5059 l/s
Head	48.13 m
Min.inlet pressure	-0.77 bar (40 °C, against atmosphere)
Power P1	0.721 kW
Power P2 required in the duty point	0.579 kW
Eta pump	41.2 %
Eta motor	80.3 %
Eta pump+motor	33.1 % =Eta pump * Eta motor
Eta total	33.1 % =Eta relative to the duty point
Energy consumption	803 kWh/Year
CO2 emission	457 kg/Year
Price	On request
Life cycle cost	1275 EUR /5Years



ANEXO 12

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



PLANTA - CASETA DE BOMBEO
ESC: 1/25

TÍTULO: DIMENSIONES DE CASETA DE BOMBEO		Nº PLANO: 01
Diseño : LACHA	Esc : 1/75	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 1/1

ANEXO 13

"AUTOMATIZACIÓN DEL POZO 02 URB. ALTV"

Tablero de Fuerza con Variador FC-102 PZ-02

DATOS TECNICOS DE FABRICACIÓN

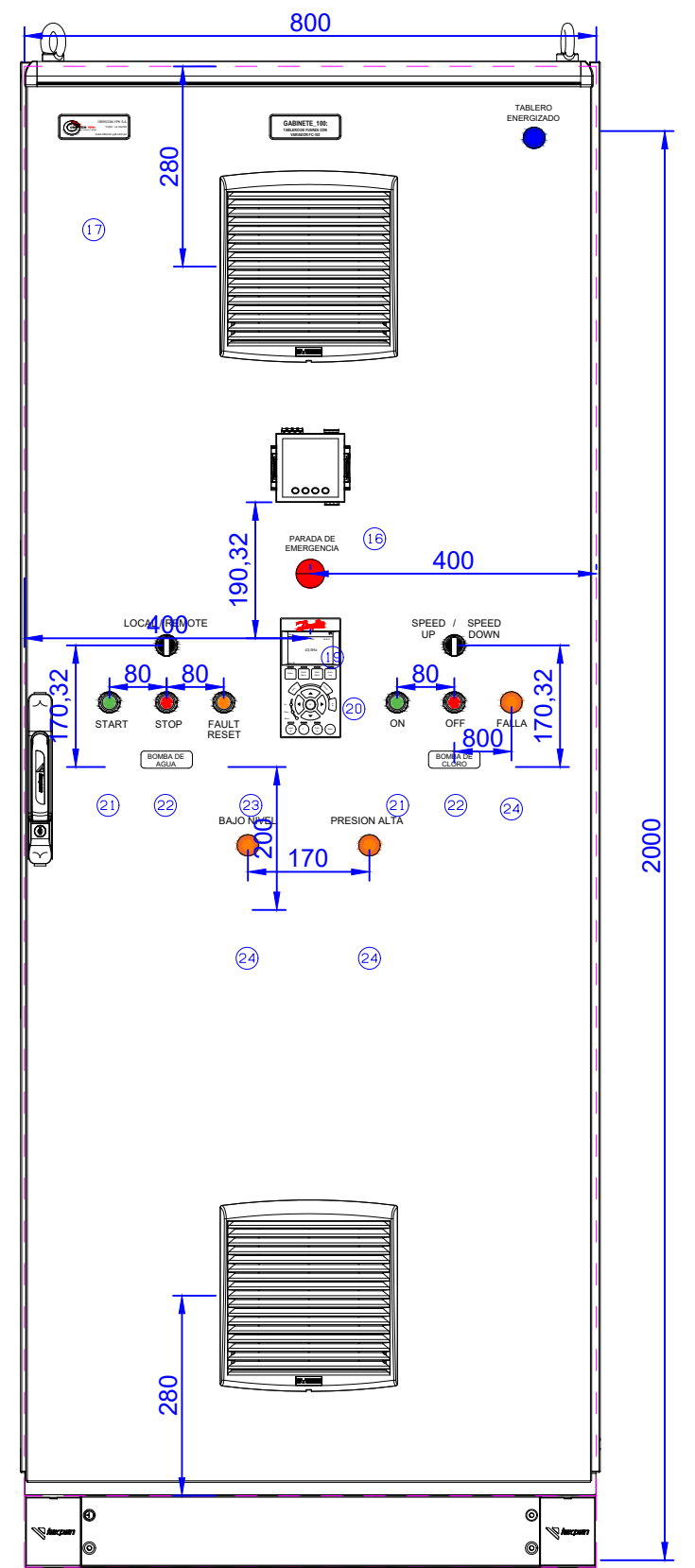
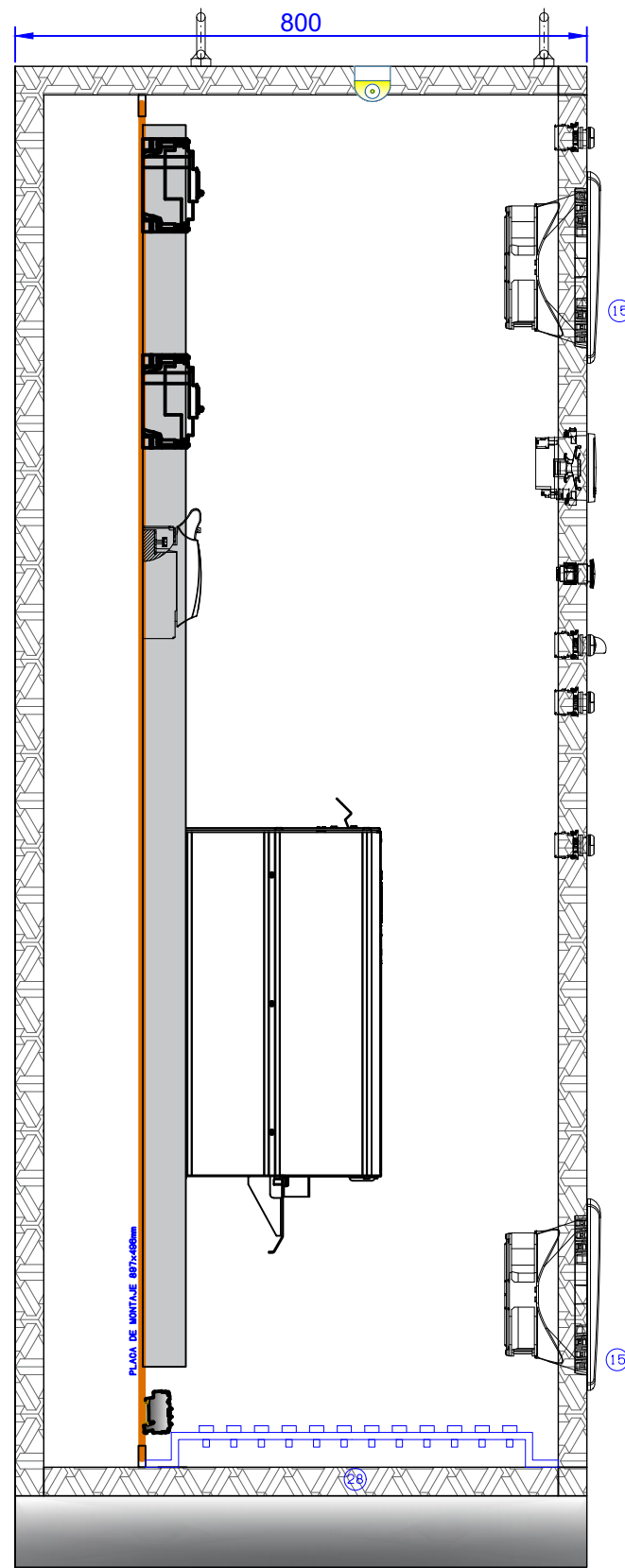
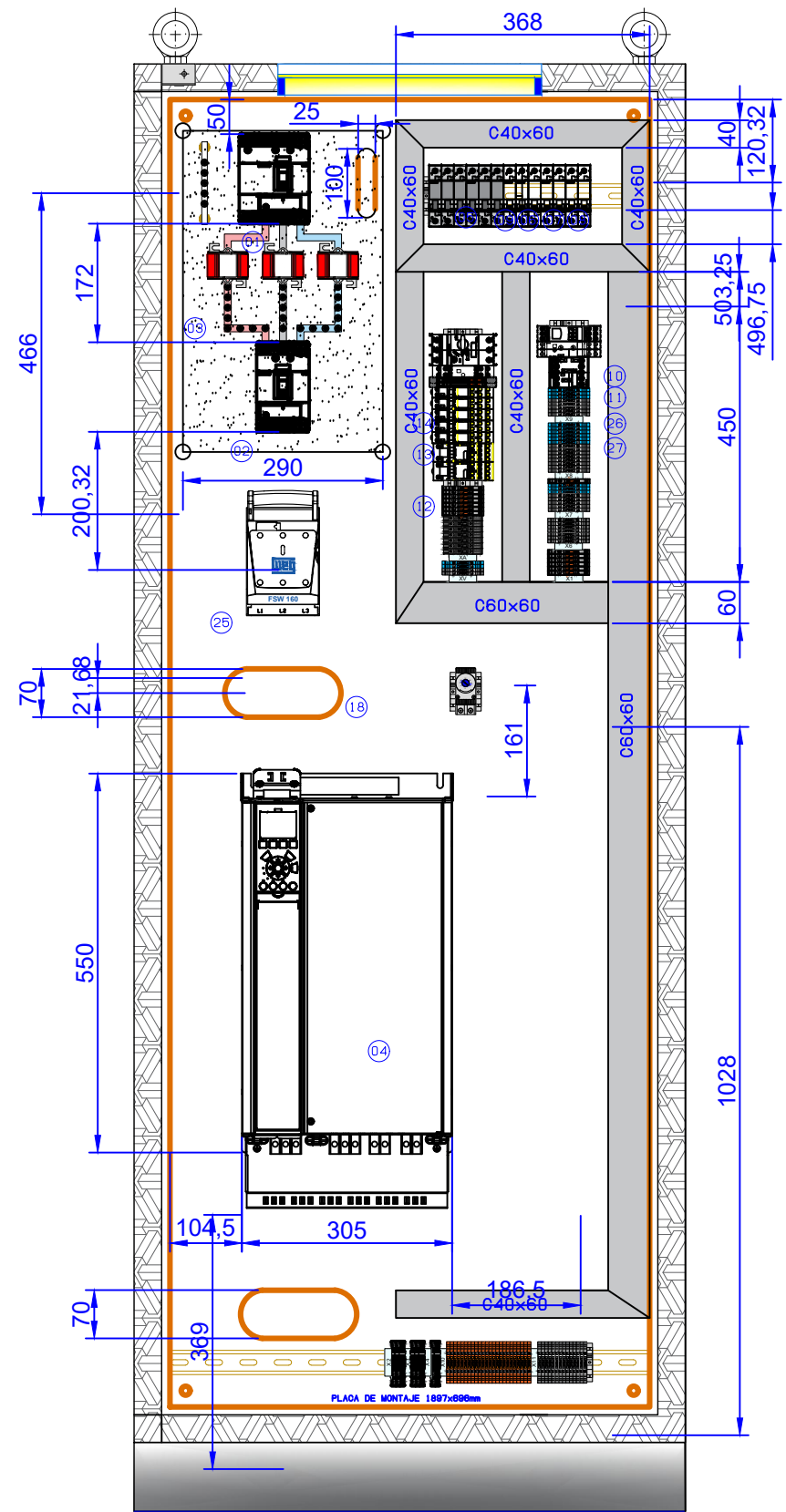
ESTÁNDAR DE DISEÑO : IEC 60439
TIPO : Tablero Autosoportado
DIMENSIONES : 2000x800x800mm (Alto x Ancho x Fondo)
MATERIAL : Acero
COLOR : RAL 7035
GRADO DE PROTECCIÓN : IP65

INFORMACIÓN CODIFICACIÓN COLORES DEL CABLEADO

Fases 380VAC : Negro, Rojo Blanco
Neutro : Azul
Tierra : Verde/Amarillo
Control (L) : Negro
Control (N) : Azul
Contactos Libres : Naranja 18AWG
Bus de campo : Cable apantallado

TÍTULO: TABLERO DE FUERZA PORTADA		Nº PLANO: 01
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 1/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



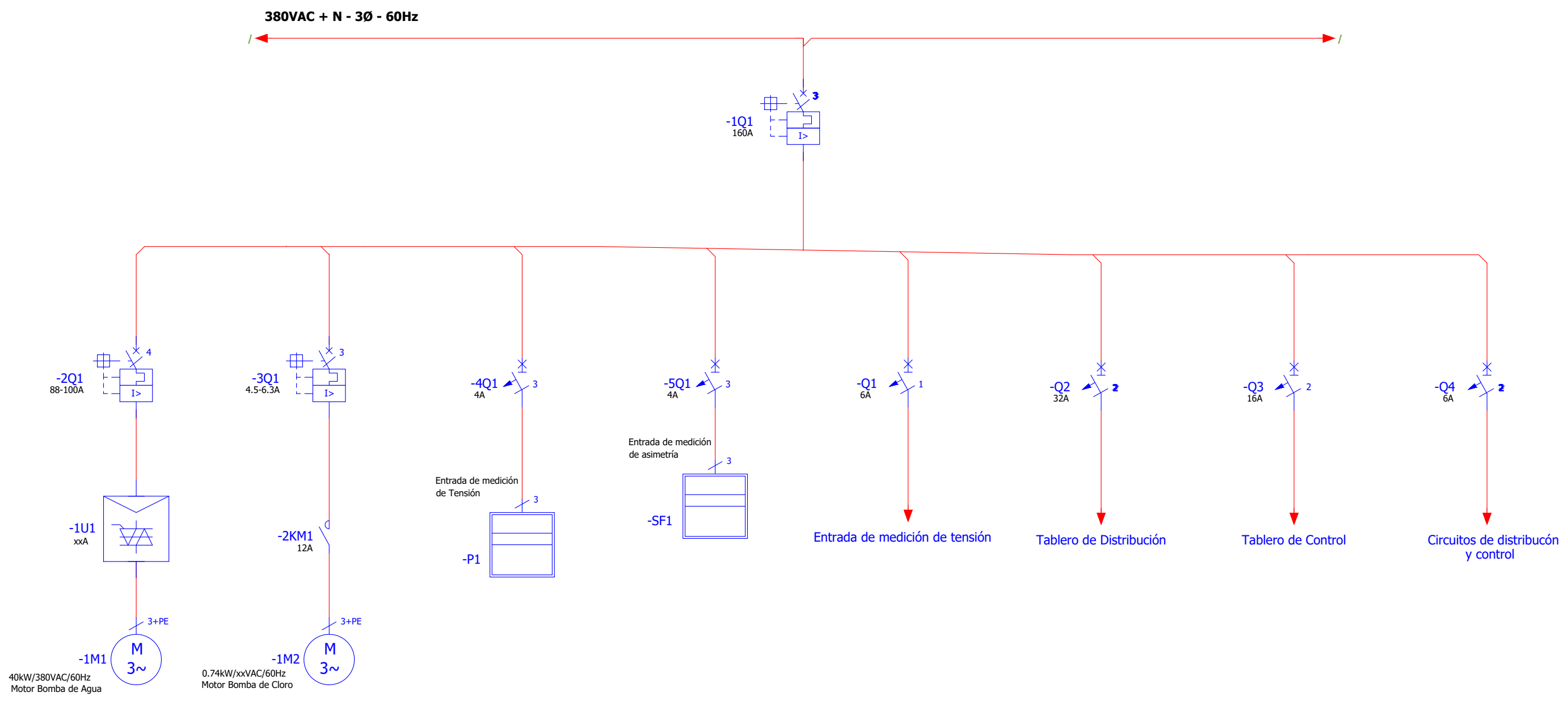
LISTA DE EQUIPOS				
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID	
1	INTERRUPTOR DE CAJA MOLDEADA 160A	1	Unid	
2	INTERRUPTOR DE CAJA MOLDEADA 88-100A	1	Unid	
3	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 200/5A	3	Unid	
4	VARIADOR DE VELOCIDAD 45kW / FC-102	1	Unid	
5	INT. TERMOMAGNETICO 3Ø / 4A	2	Unid	
6	INT. TERMOMAGNETICO 1Ø / 32A	1	Unid	
7	INT. TERMOMAGNETICO 1Ø / 16A	1	Unid	
8	INT. TERMOMAGNETICO 1Ø / 6A	1	Unid	
9	INT. TERMOMAGNETICO MONOPOLAR / 4A	1	Unid	
10	RELE SECUENCIA DE FASE 220VAC	1	Unid	
11	RELE NIVEL DE LIQUIDOS 220VAC	1	Unid	
12	RELE AUXILIAR 4NO - BOBINA 220VAC	2	Unid	

LISTA DE EQUIPOS				
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID	
13	RELE AUXILIAR 2NO - BOBINA 220VAC	6	Unid	
14	RELE AUXILIAR 1NO - BOBINA 220VAC	1	Unid	
15	VENTILADOR 120M3/h - 220VAC	2	Unid	
16	ANALIZADOR DE RED CON MODBUS RTU	1	Unid	
17	INDICADOR LUMINOSO AZUL - 220VAC	1	Unid	
18	TERMOSTATO 0 - 60°C	1	Unid	
19	INT. PARADA DE EMERGENCIA - 2NO	1	Unid	
20	DISPLAY REMOTO DE VARIADOR FC-102	1	Unid	
21	PULSADOR LUMINOSO VERDE - 1NO - 220V	2	Unid	
22	PULSADOR LUMINOSO ROJO - 1NO - 220V	2	Unid	
23	PULSADOR AMARILLO ROJO - 1NO - 220V	1	Unid	
24	INDICADOR LUMINOSO AMARILLO - 220VAC	3	Unid	

LISTA DE EQUIPOS				
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID	
25	FUSIBLES ULTRARAPIDOS	1	Unid	
26	GUARDAMOTOR 0.63 - 1 A / 380VAC	1	Unid	
27	CONTACTOR 12A	1	Unid	
28	BARRA A TIERRA	1	Unid	

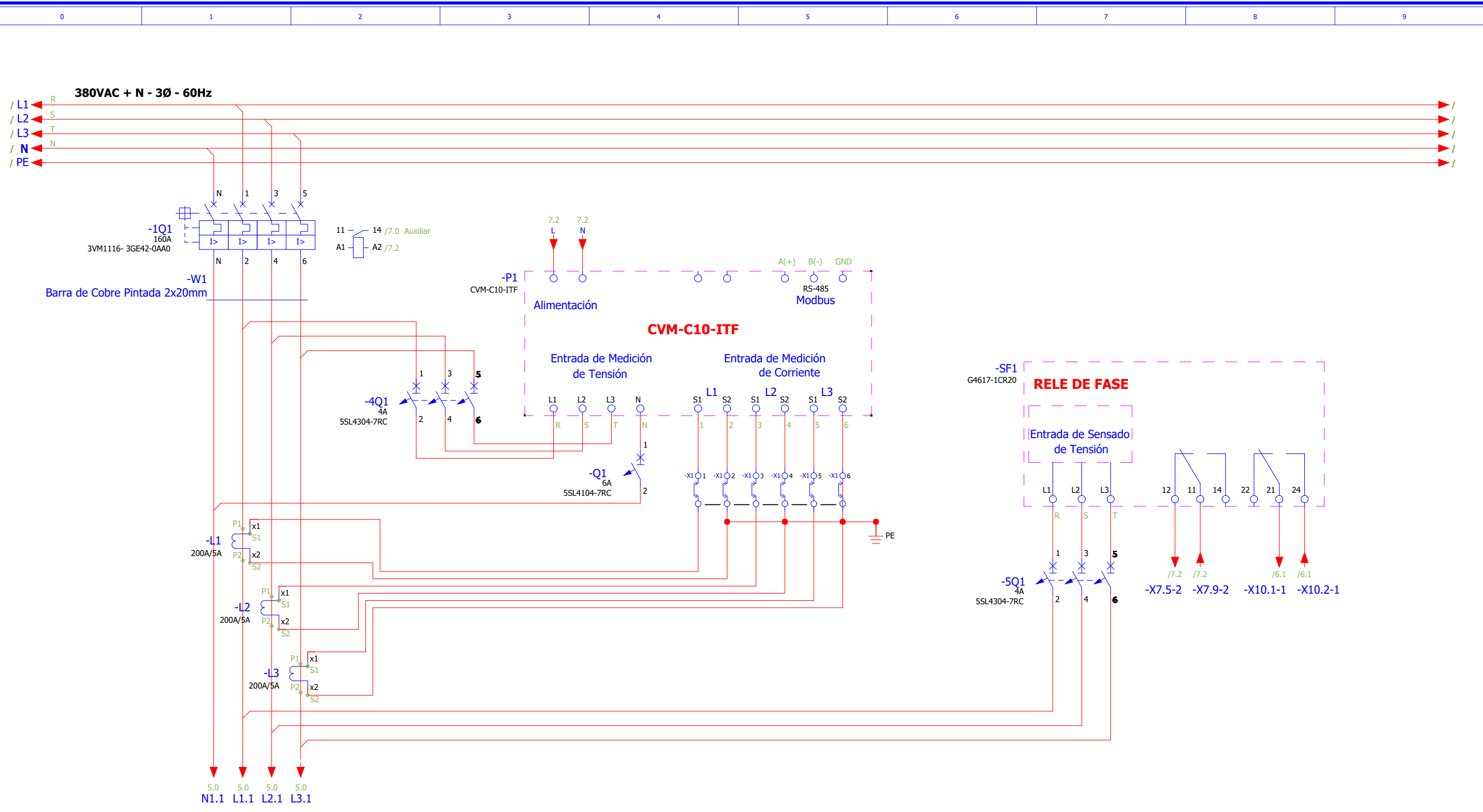
TÍTULO: TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA DE EMPLAZAMIENTO		Nº PLANO: 02
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 2/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



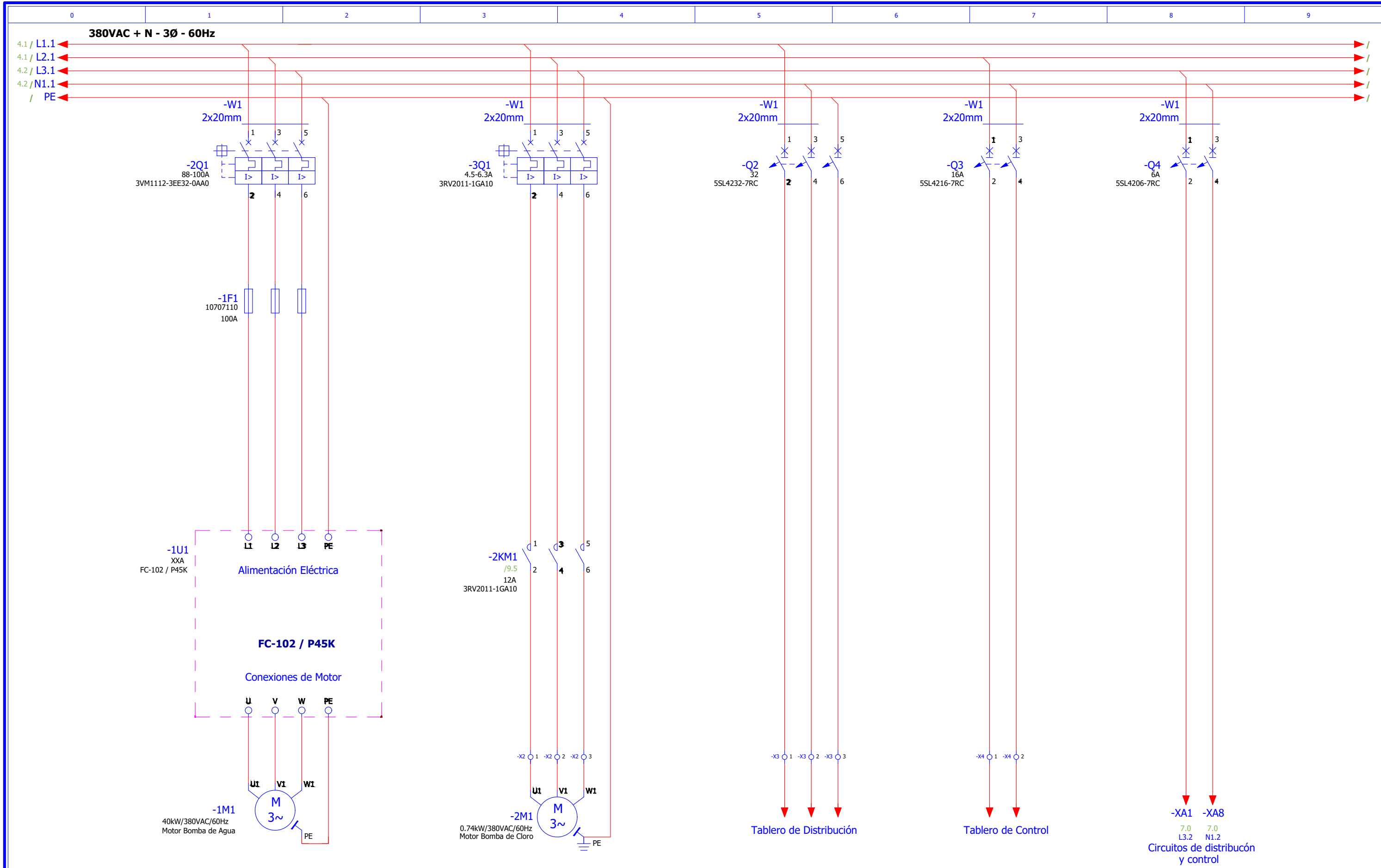
TÍTULO: TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL		Nº PLANO: 03
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 3/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



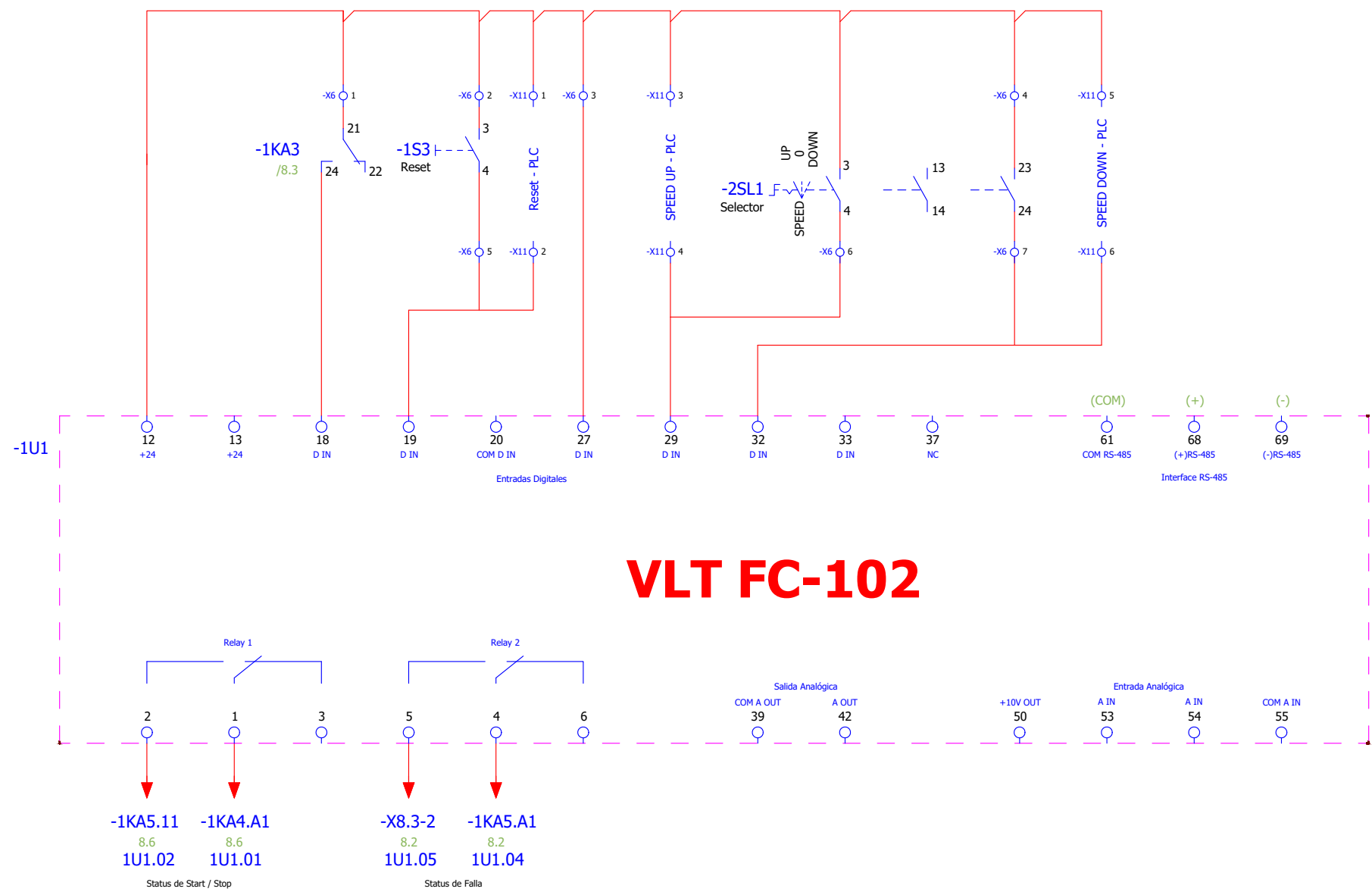
TÍTULO: TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA MULTIFILAR 1		Nº PLANO: 04
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 4/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



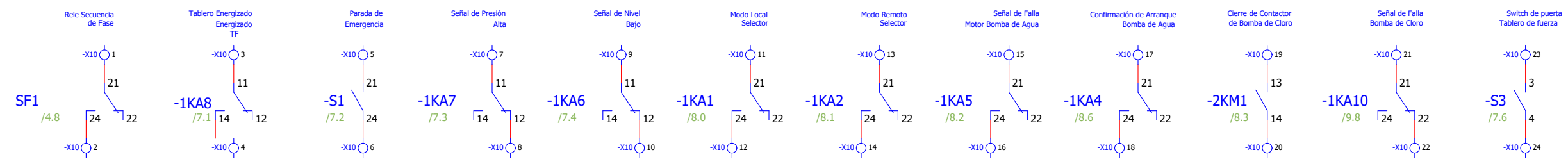
TÍTULO: TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA MULTIFILAR 2		Nº PLANO: 05
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 5/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



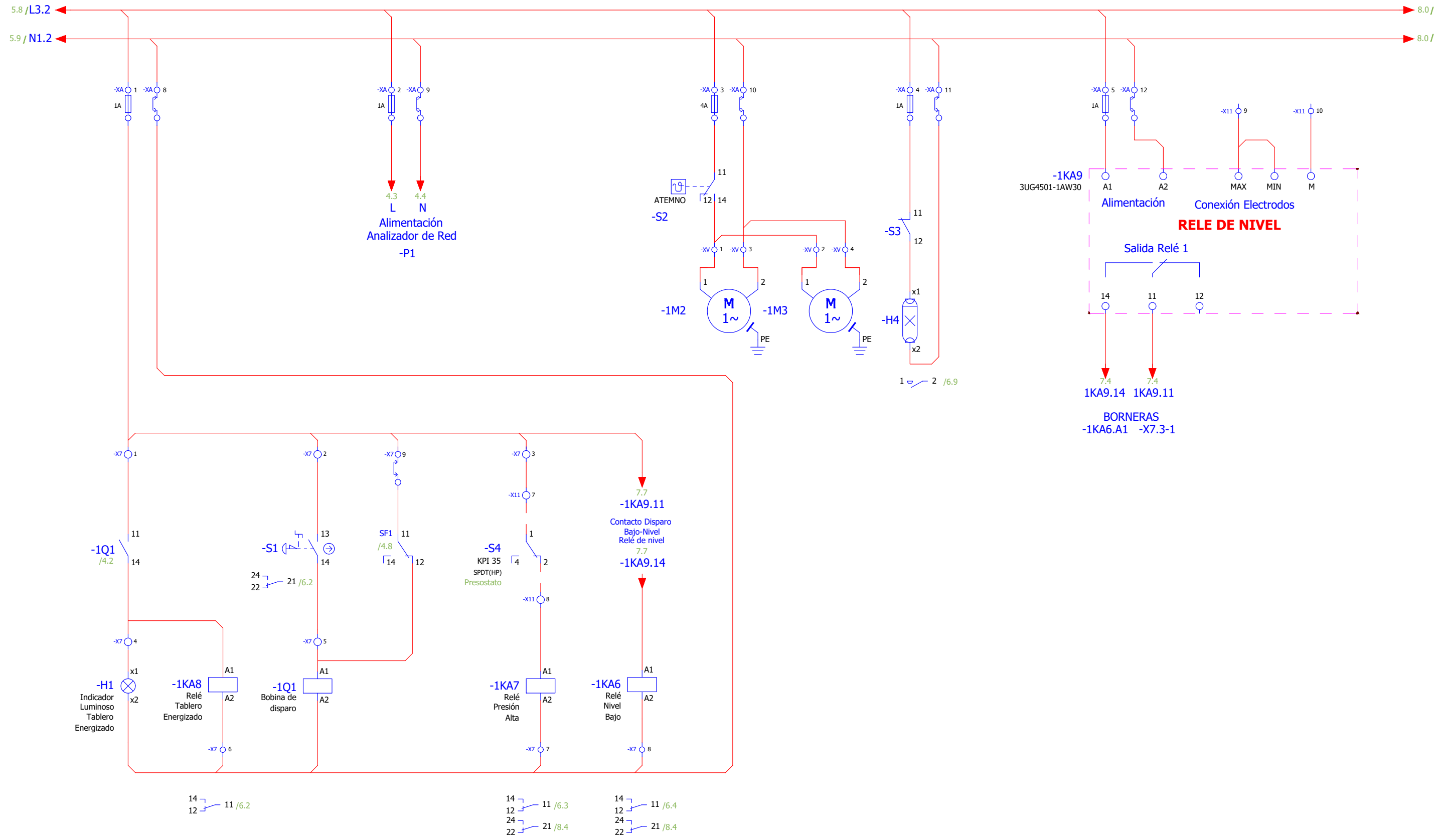
VLT FC-102

Grupo de borneras hacia el Tablero de control (Conexión color Gris)



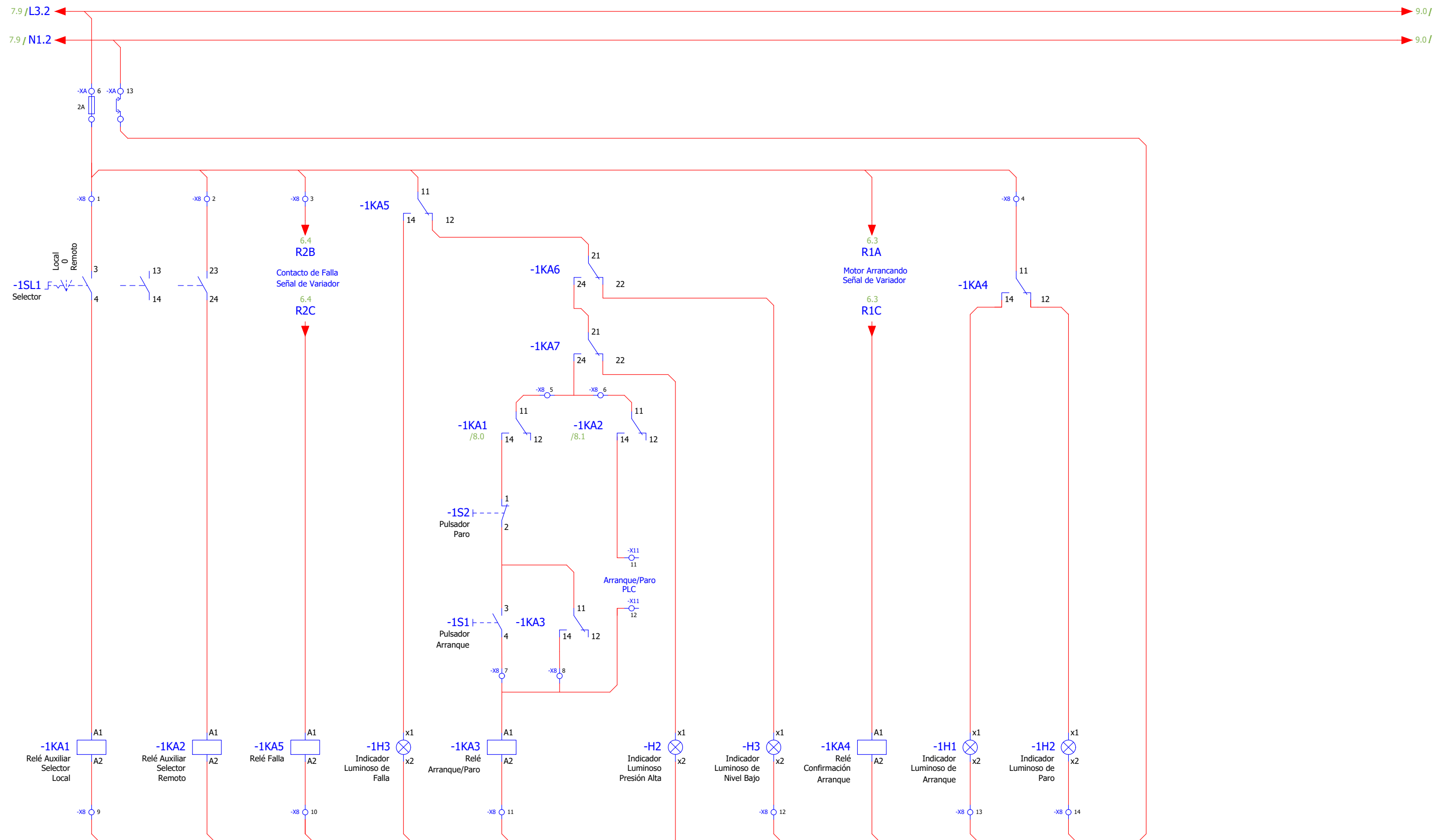
TÍTULO: TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA MULTIFILAR 3		Nº PLANO: 06
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 6/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA MULTIFILAR 4		07
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 7/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
 ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



14 11 /8.3
 12 21 /6.4
 24 31 /9.1
 44 41 /9.7

14 11 /8.4
 24 21 /6.5
 32 31 /9.1
 44 41 /9.8

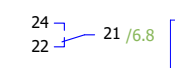
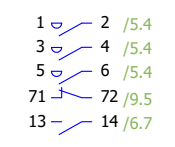
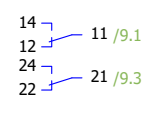
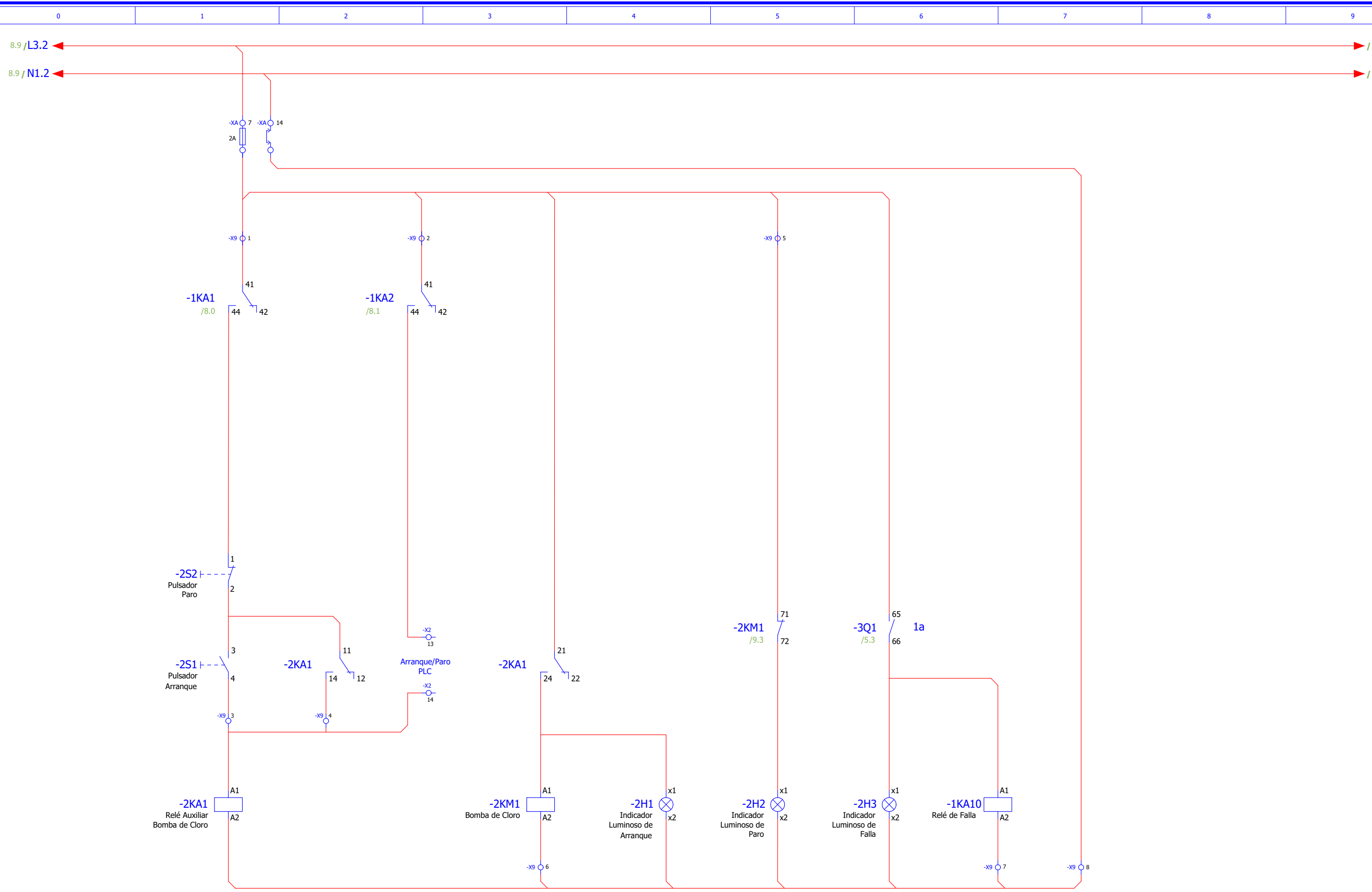
14 11 /8.2
 24 21 /6.6

14 11 /8.3
 24 21 /6.3

14 11 /8.6
 24 21 /6.6

TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA MULTIFILAR 5		08
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 8/9

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE FUERZA DIAGRAMA MULTIFILAR 6		09
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 9/9

ANEXO 14

"AUTOMATIZACIÓN DEL POZO 02 URB. ALTV"

Tablero de Control con STARDOM RTU PZ-02

DATOS TECNICOS DE FABRICACIÓN

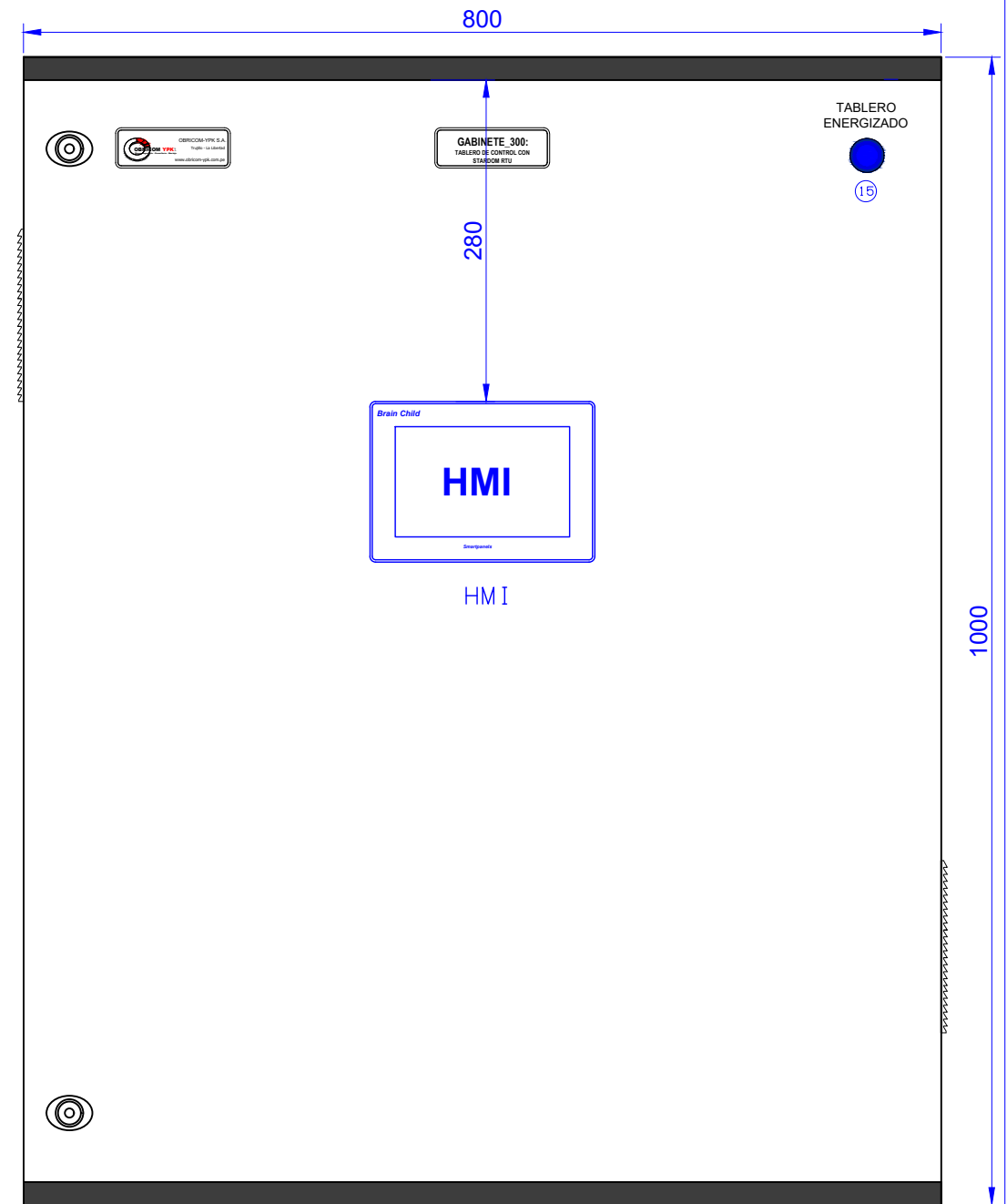
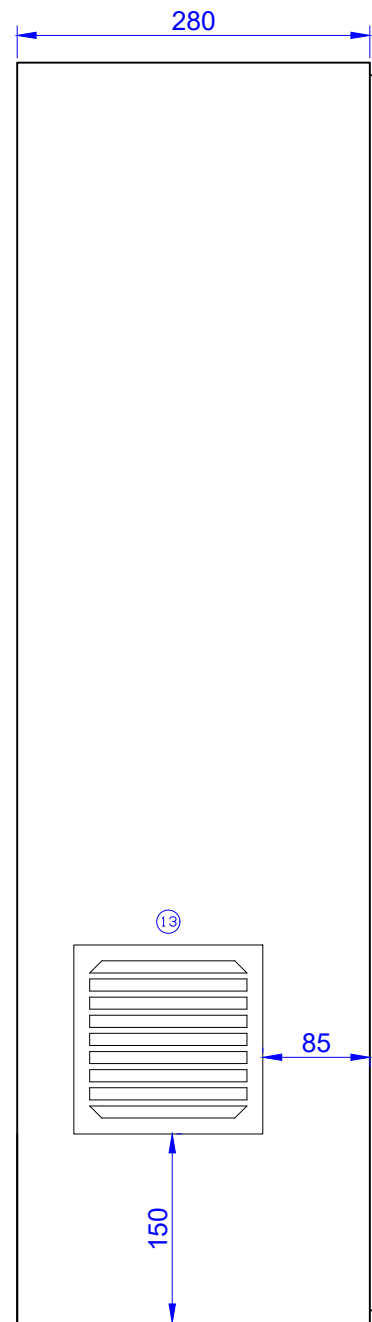
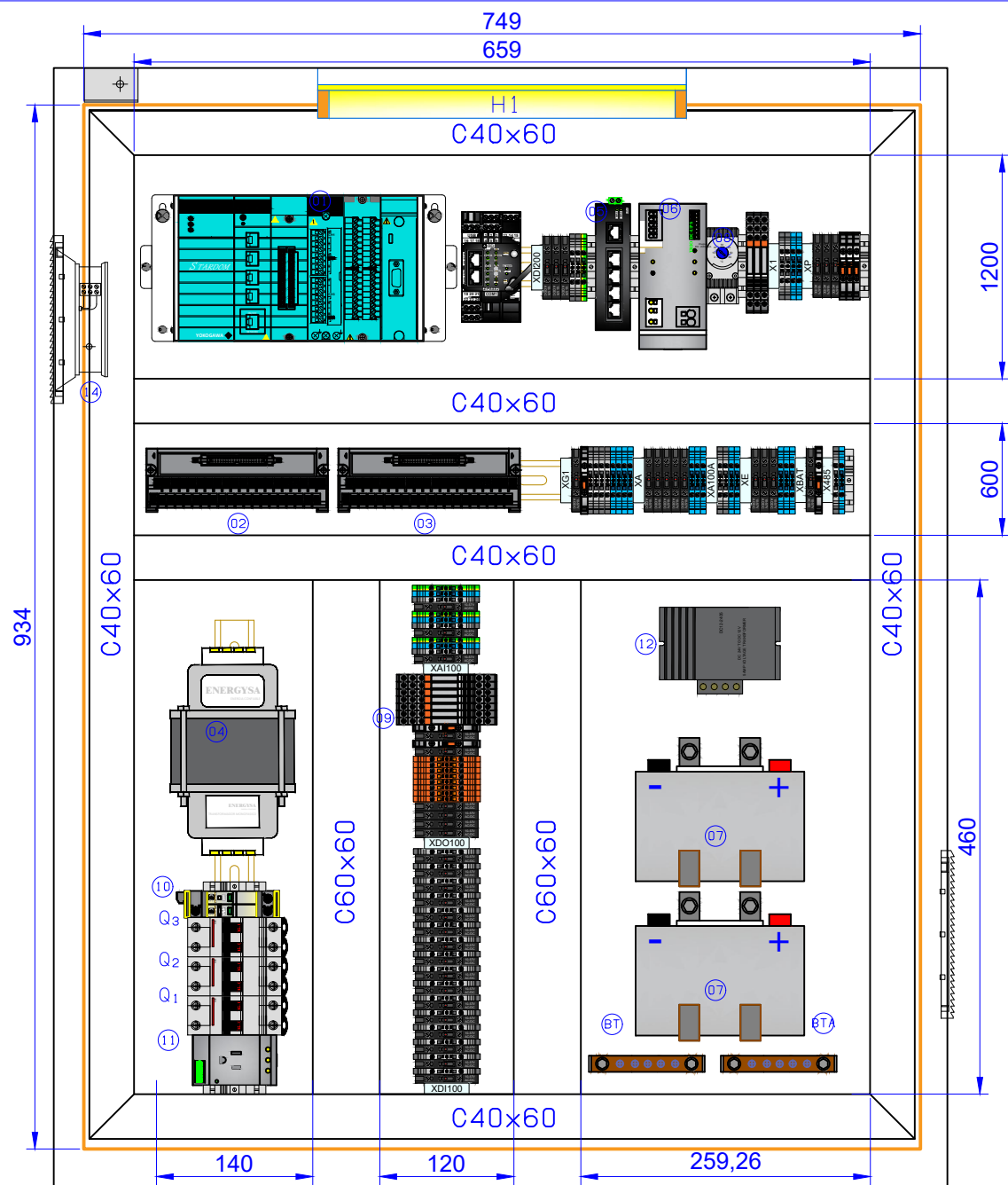
ESTÁNDAR DE DISEÑO : IEC 60439
TIPO : Tablero Mural/Adosado
DIMENSIONES : 1000x800x280mm (Alto x Ancho x Fondo)
MATERIAL : Acero
COLOR : RAL 7035
GRADO DE PROTECCIÓN : IP65

INFORMACIÓN CODIFICACIÓN COLORES DEL CABLEADO

Fases L/N 220VAC : Negro/Azul 16AWG
Tierra : Verde/Amarillo
Control (+)24VDC : Gris 18AWG
Control (-)24VDC : Blanco 18AWG
Contactos Libres : Naranja 18AWG
Instrumentación : Cable apantallado
Comunicación TC/IP : Ethernet

TÍTULO: TABLERO DE CONTROL PORTADA		Nº PLANO: 01
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 1/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



LISTA DE EQUIPOS			
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT.	UNID
1	CONTROLADOR STARDOM RTU	1	Unid
2	BLOQUE TERMINAL TS40 DI/O	1	Unid
3	BLOQUE TERMINAL TS40 AI/O	1	Unid
4	TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO 750VA	1	Unid
5	SWITCH INDUSTRIAL	1	Unid
6	FUENTE // UPS // 220VAC-24VDC // 5 A	1	Unid
7	PACK DE BATERIAS 12 Ah	1	Unid
8	TERMOSTATO 0°C - 60°C	1	Unid
9	RELÉS ELECTROMECÁNICOS AUXILIARES	4	Unid
10	SUPRESOR DE PICOS 20A	1	Unid
11	TOMACORRIENTE MONOFÁSICO	1	Unid

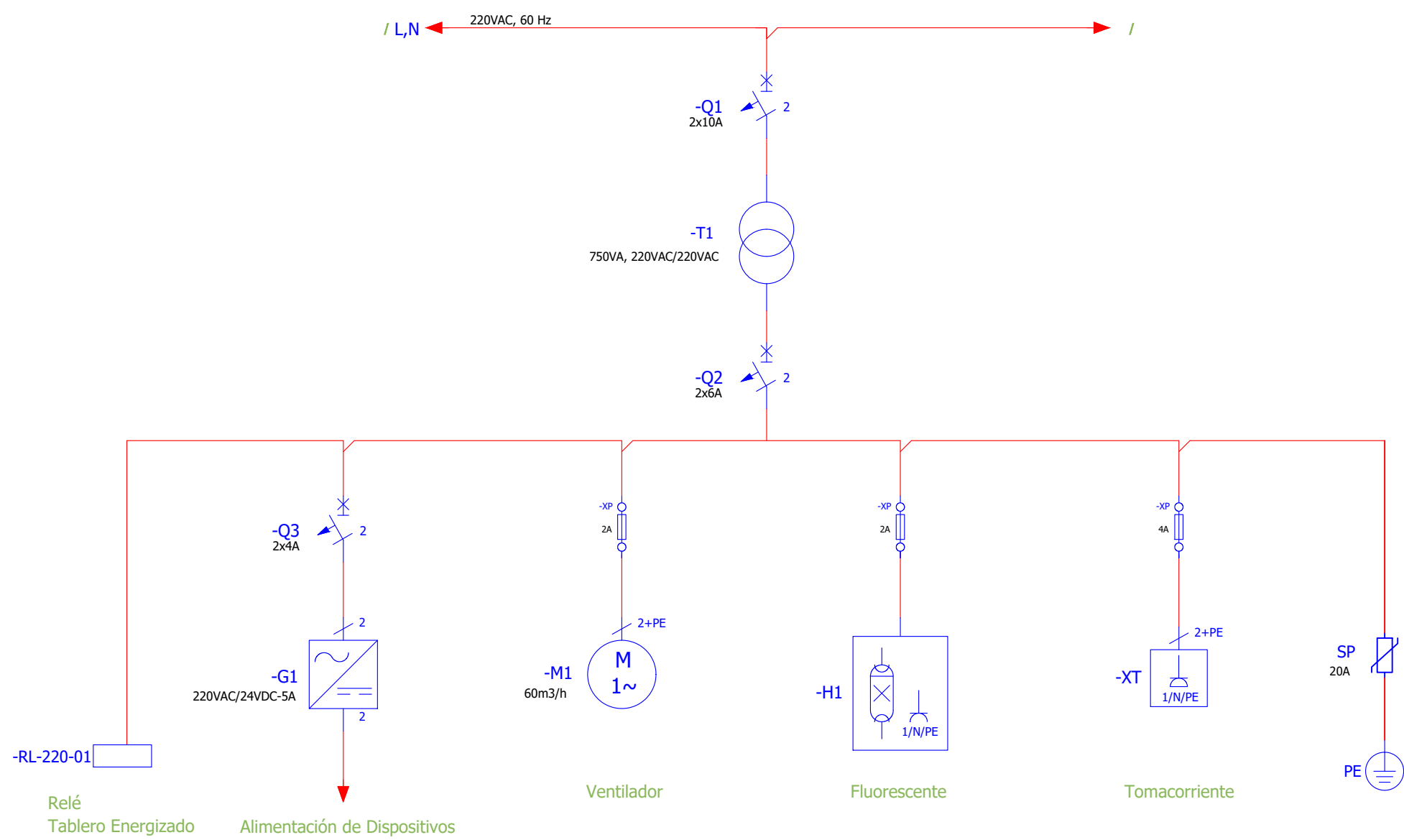
LISTA DE ACCESORIOS			
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
12	CONVERSOR 24VDC//12VDC	1	Unid
13	REJILLA DE FILTRO	1	Unid
14	VENTILADOR CON FILTRO	1	Unid
15	INDICADOR LUMINOSO 220VAC	1	Unid
H1	FLUORESCENTE	1	Unid
HMI	INTERFACE MAQUINA HOMBRE	1	Unid
Q1	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO BIPOLAR 10A	1	Unid
Q2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO BIPOLAR 6A	1	Unid
Q3	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO BIPOLAR 4A	1	Unid
X1	POWER TERMINAL STATUS 220VAC		
XP	DISTRIBUCION TERMINAL 220VAC		

LISTA DE ACCESORIOS			
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
XG1	CONTROL OUTPUT TERMINAL 24VDC		
XA	CONTROL TERMINAL 24VDC		
XE	CONTROL TERMINAL 12VDC		
XDI	DIGITAL INPUT STATUS TERMINAL		
X485	TERMINAL COMUNICACION MODBUS		
XDI100	DIGITAL INPUT TERMINAL		
XDO100	DIGITAL OUTPUT TERMINAL		
XA100A	CONTROL TERMINAL ANALOG 24VDC		
XAI100	ANALOG INPUT TERMINAL		
XAO100	ANALOG OUTPUT TERMINAL		
BT	BARRA A TIERRA NO AISLADA	UND	1

LISTA DE ACCESORIOS			
TAG	DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
BTA	BARRA A TIERRA AISLADA	UND	1

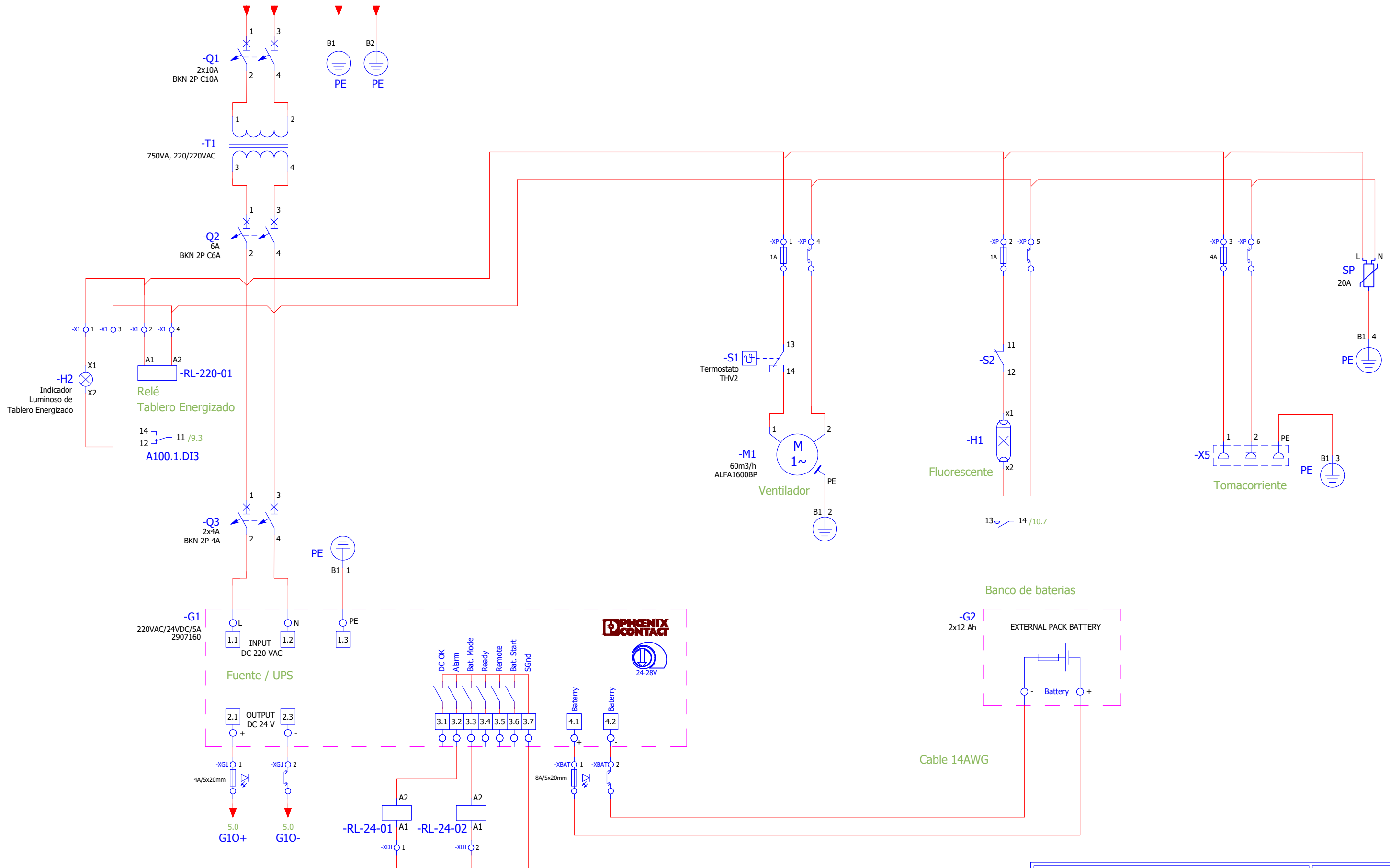
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA DE EMPLAZAMIENTO		Nº PLANO: 02	
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3	
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 2/17	

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



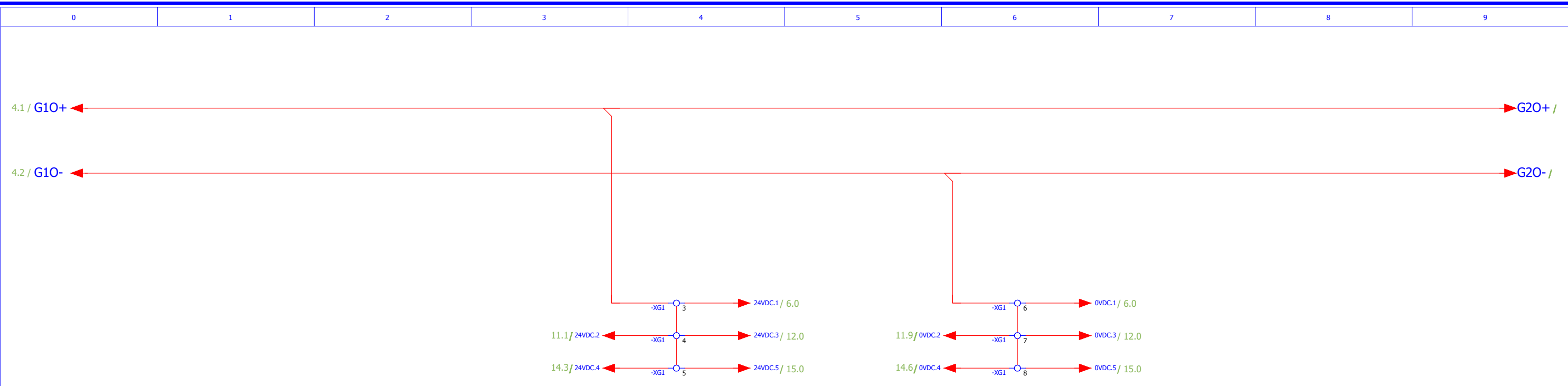
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL		Nº PLANO: 03
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 3/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
 ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



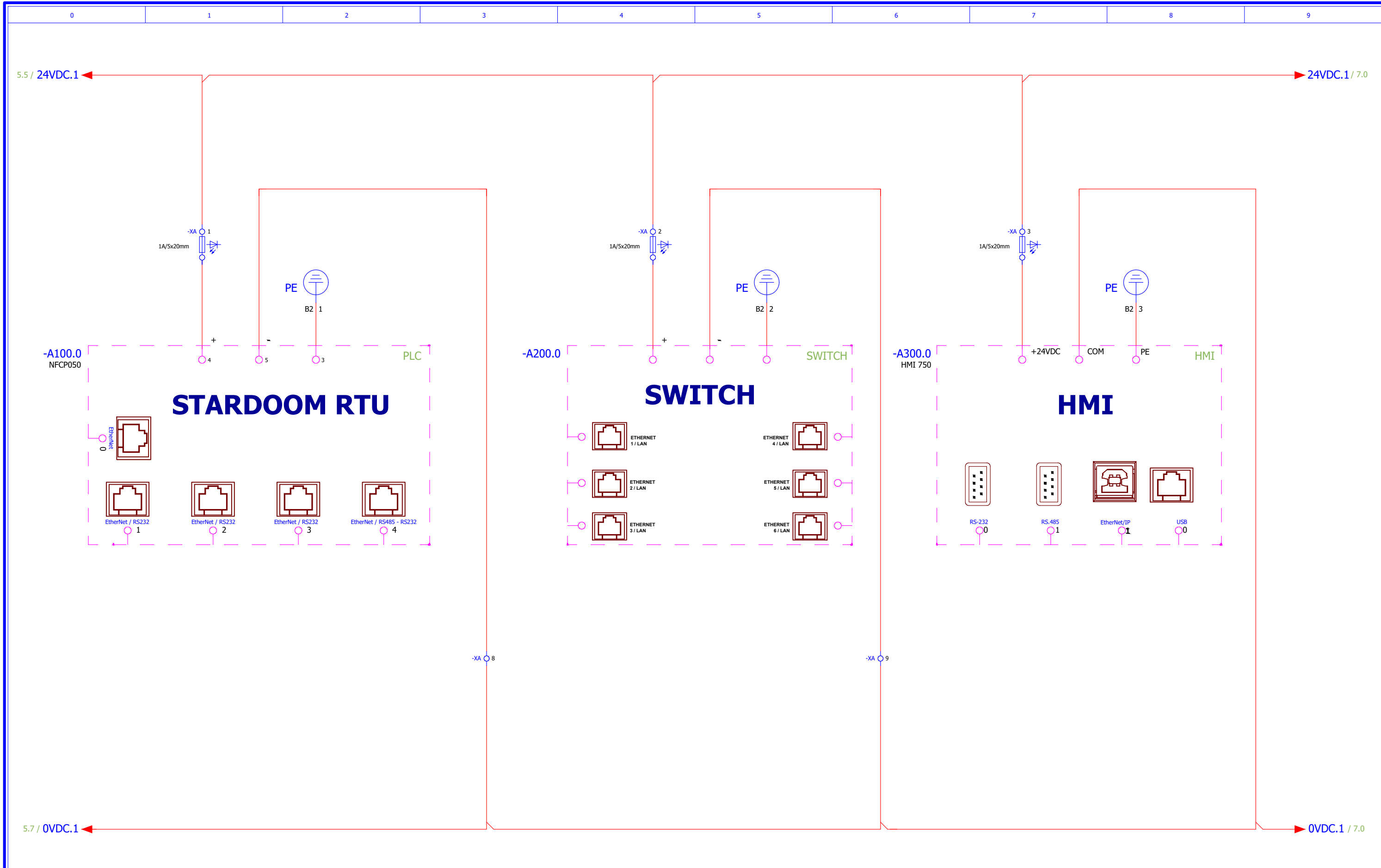
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 1		Nº PLANO: 04
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 4/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



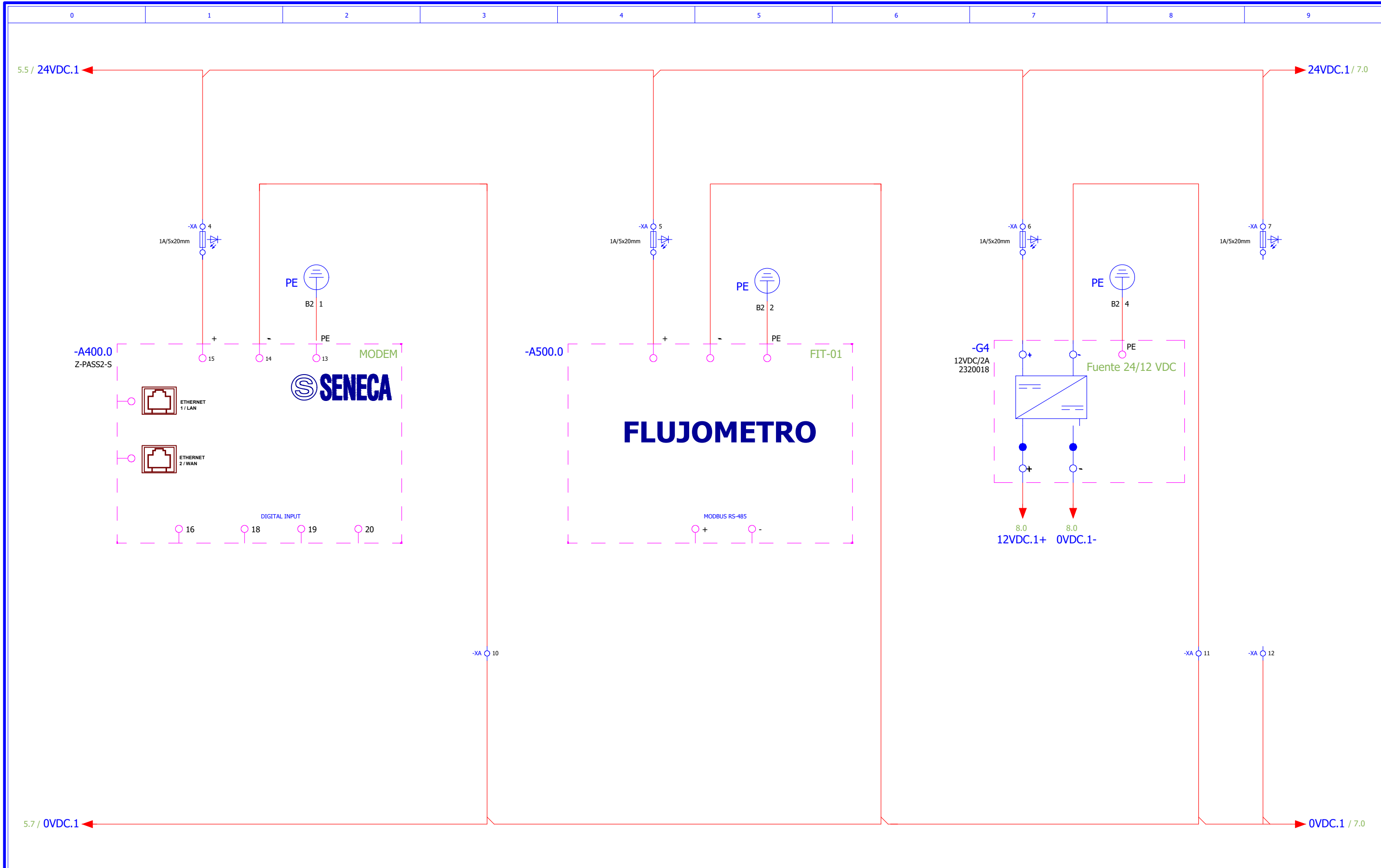
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 2		Nº PLANO: 05
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 5/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



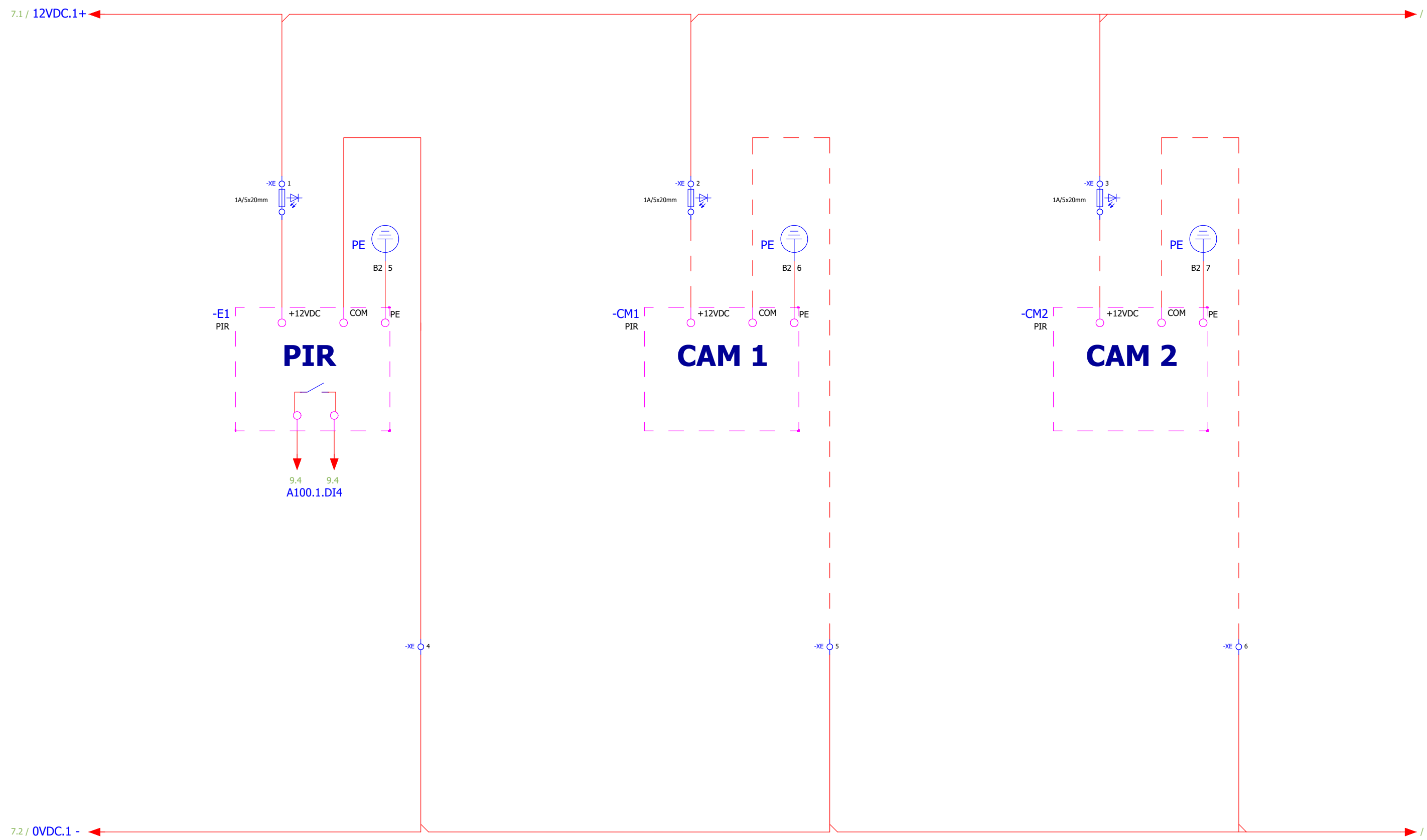
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 3		Nº PLANO: 06
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 6/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



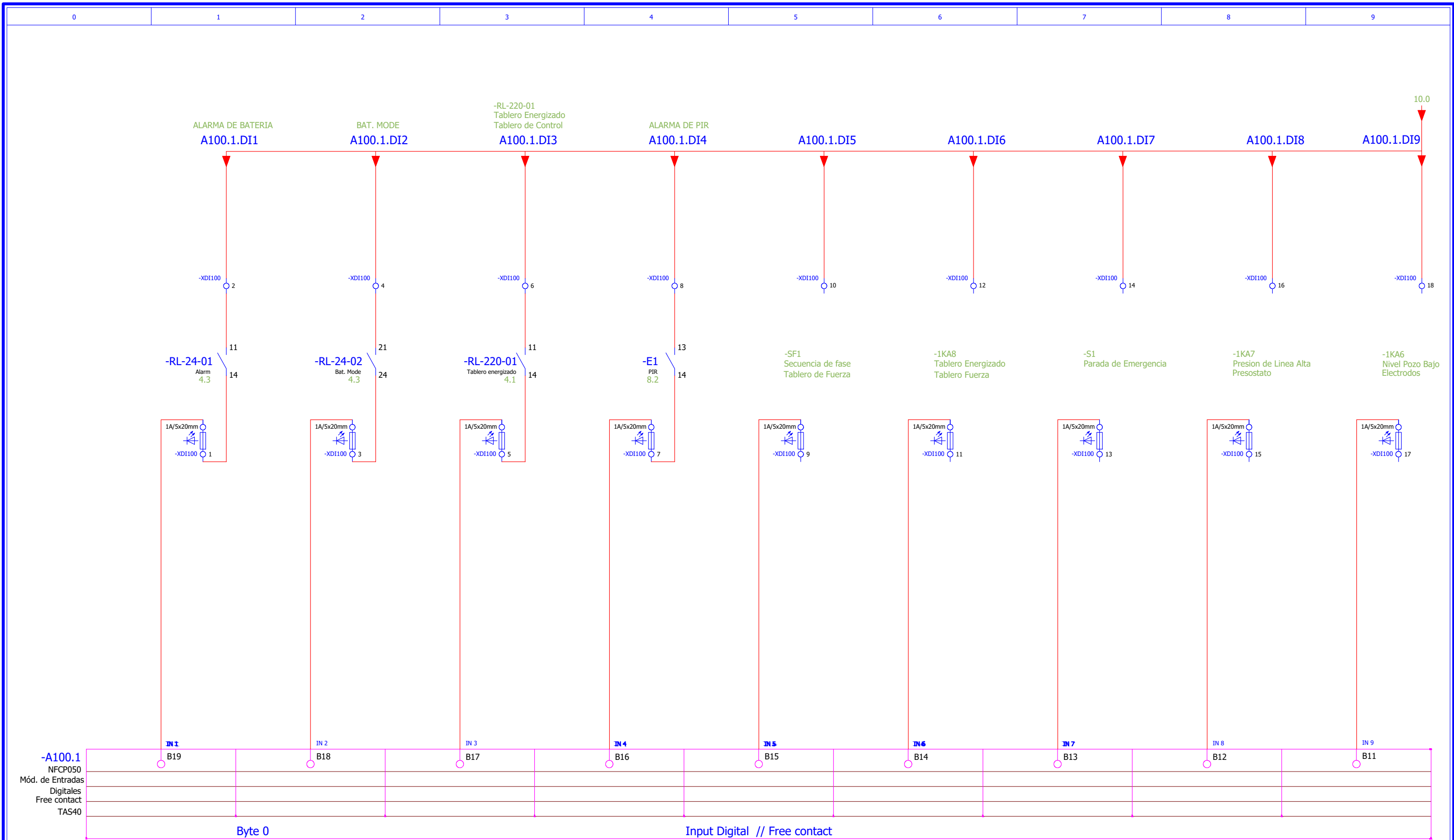
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 4		Nº PLANO: 07
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 7/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



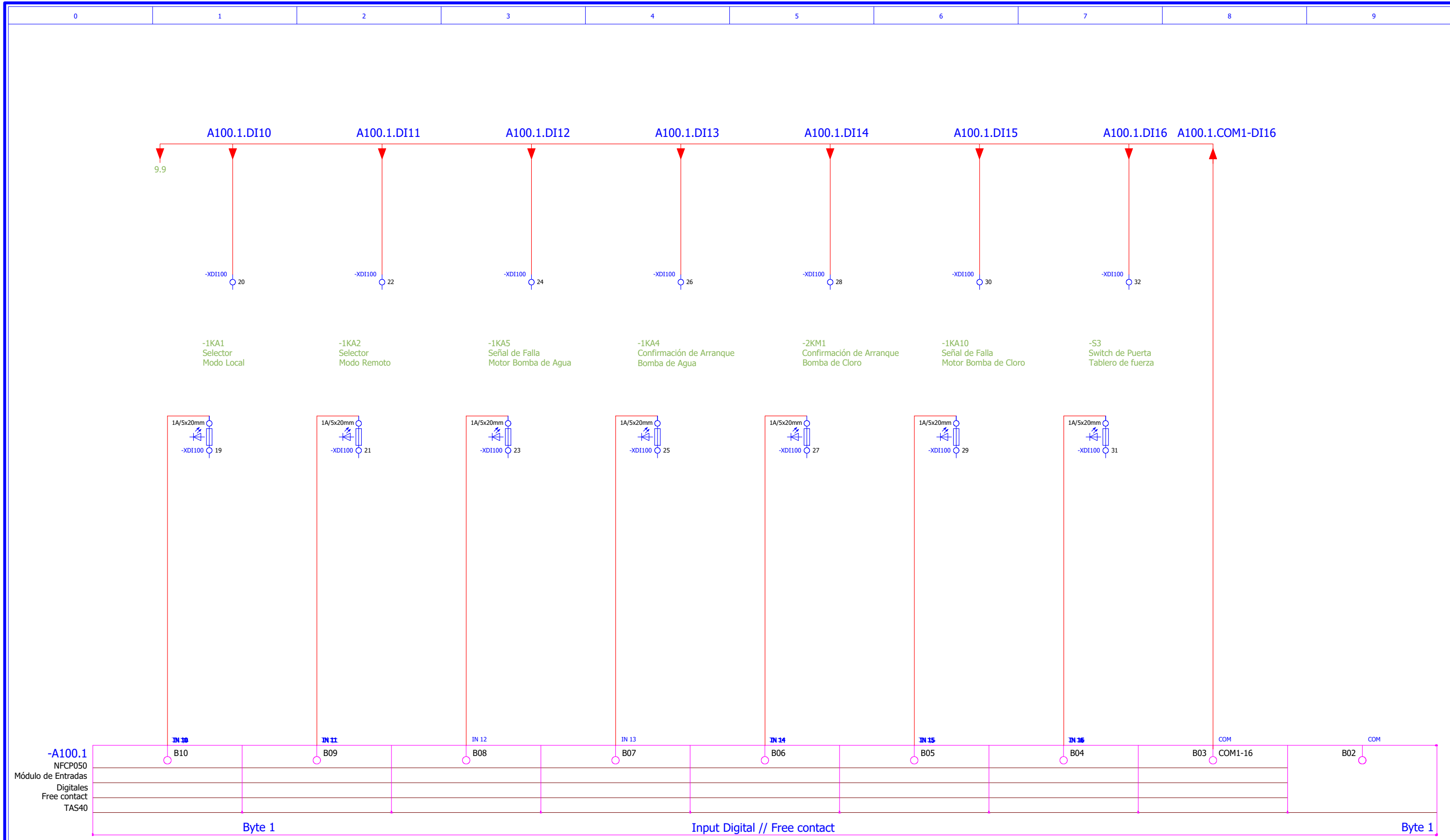
TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 5		Nº PLANO: 08
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 8/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



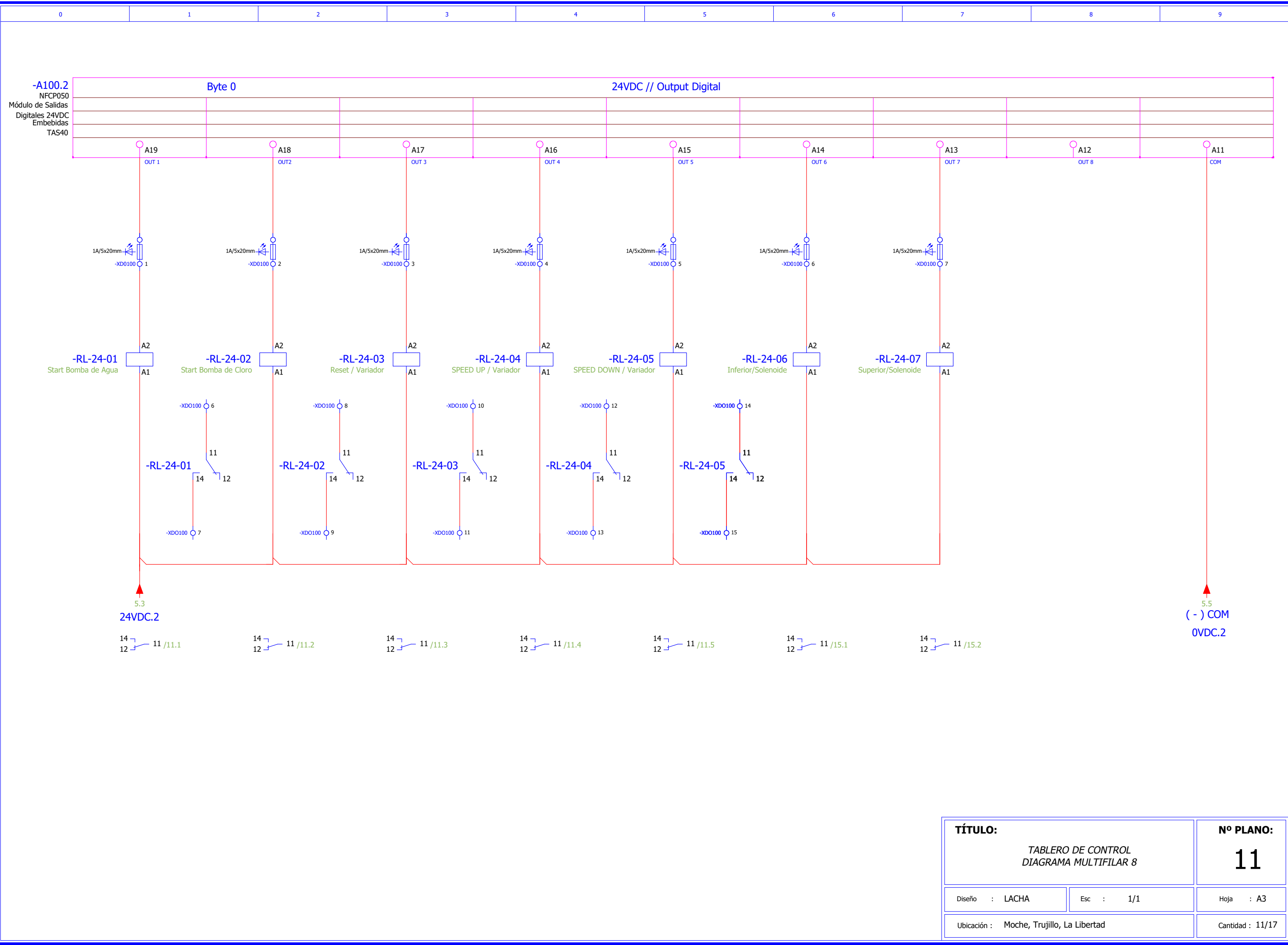
TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 6		09
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 9/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



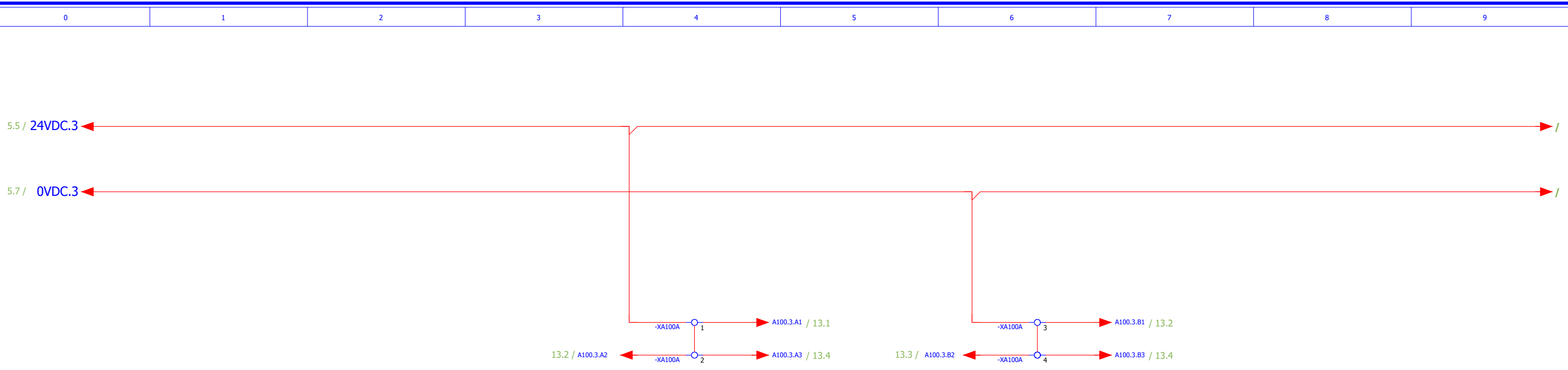
TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 7		10
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 10/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



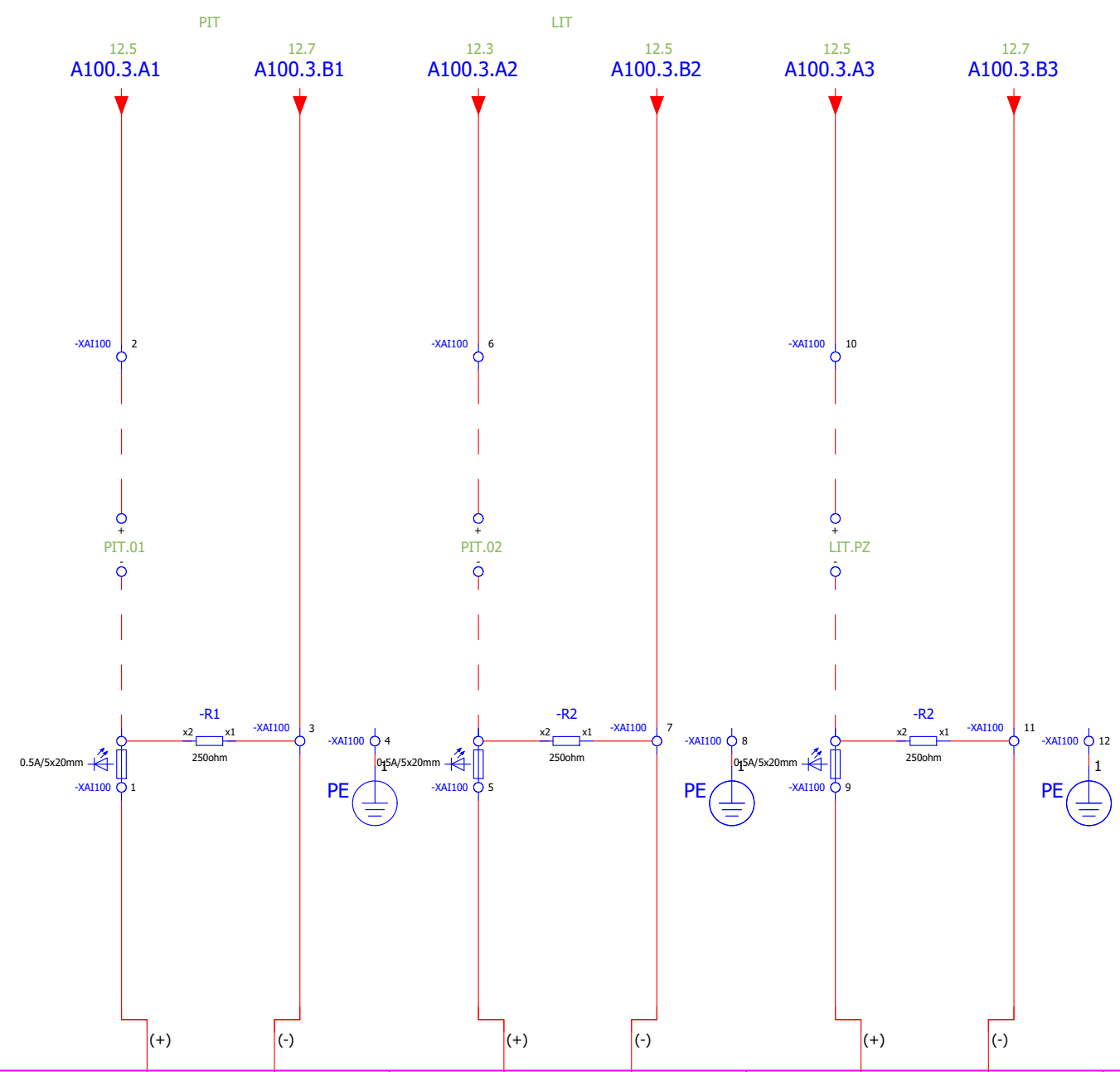
TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 8		11
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 11/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 9		Nº PLANO: 12
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 12/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.

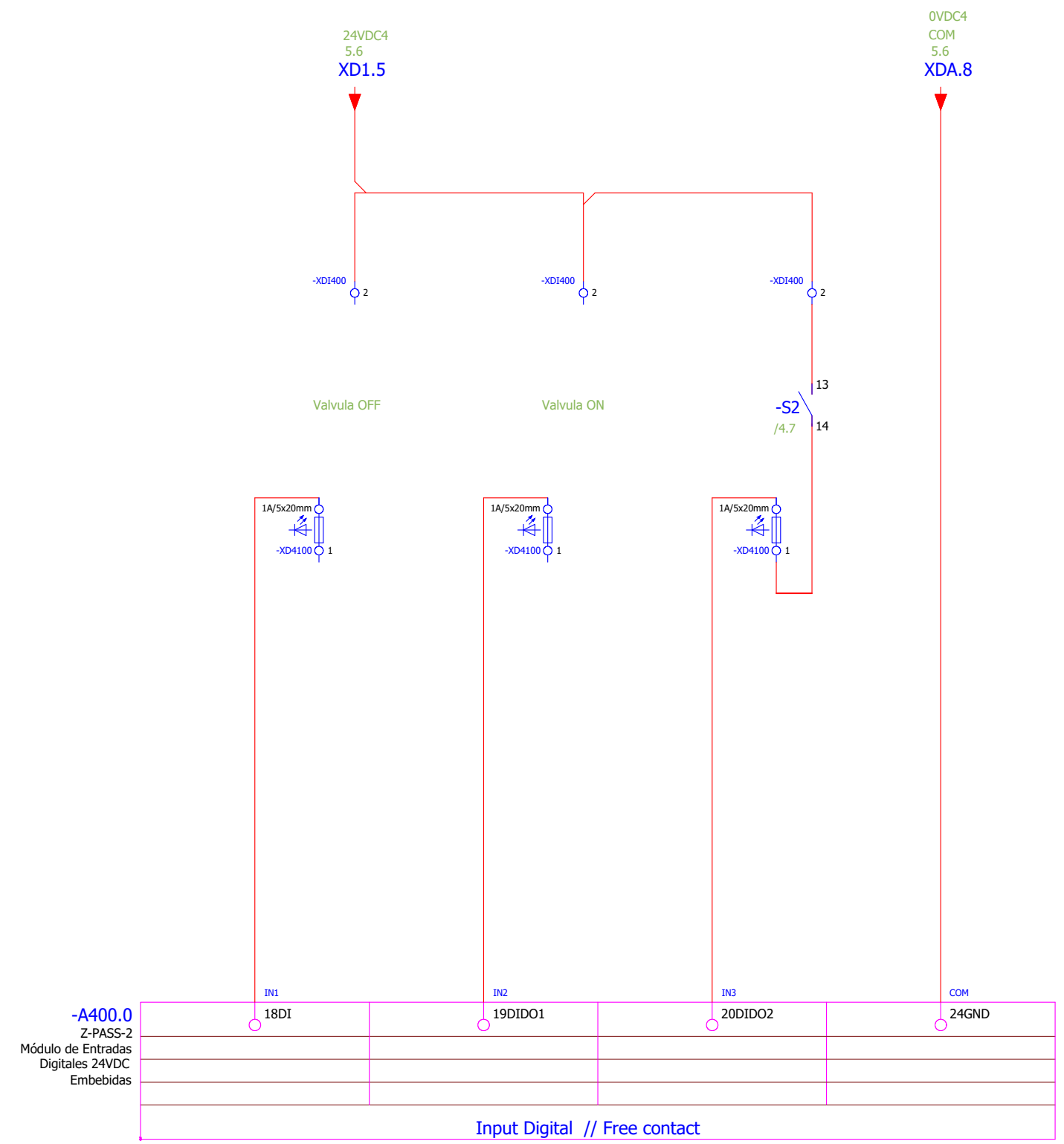


-A100.3
NFCP050
Módulo de Entradas
Analógicas
Embebidas
TAS40

B19	A19	B18	A18	B17	A17	B16	A16	B15	A15	B14	A14
PIT.PZ		LIT.PZ		RESERVA							
Input Analog // 0 - 5 VDC											

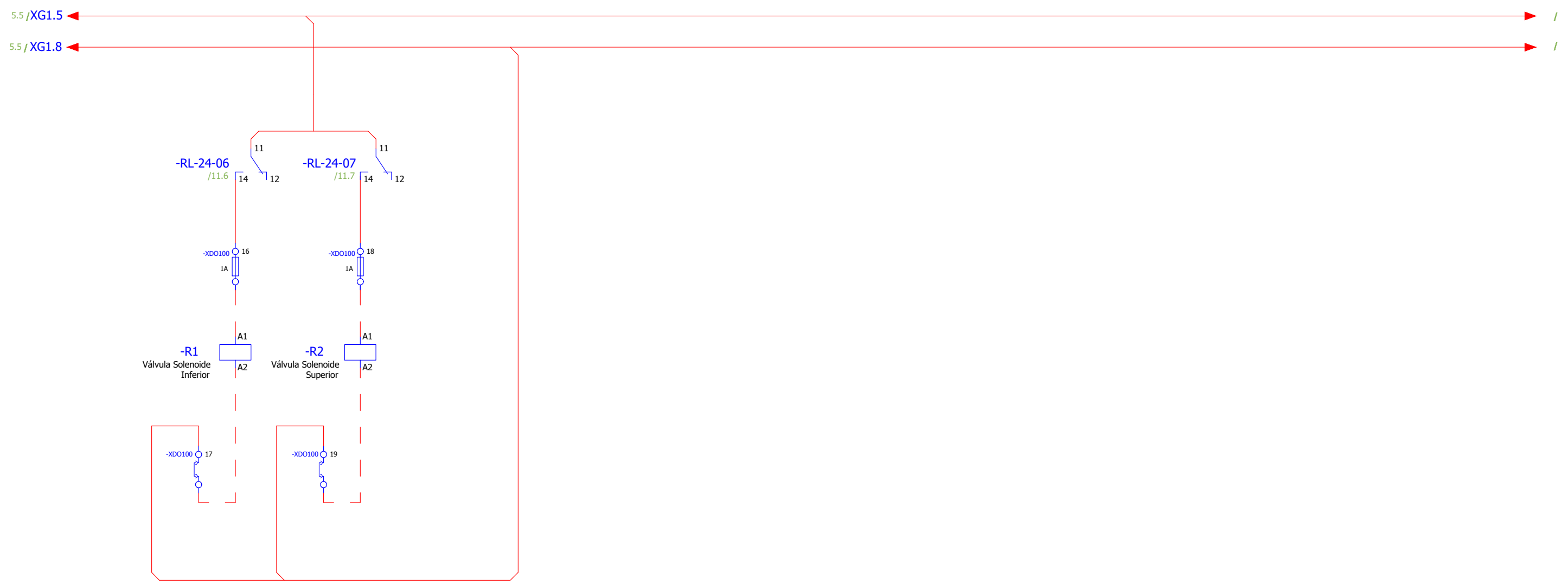
TÍTULO:		Nº PLANO:	
TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 10		13	
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3	
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 13/17	

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
 ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



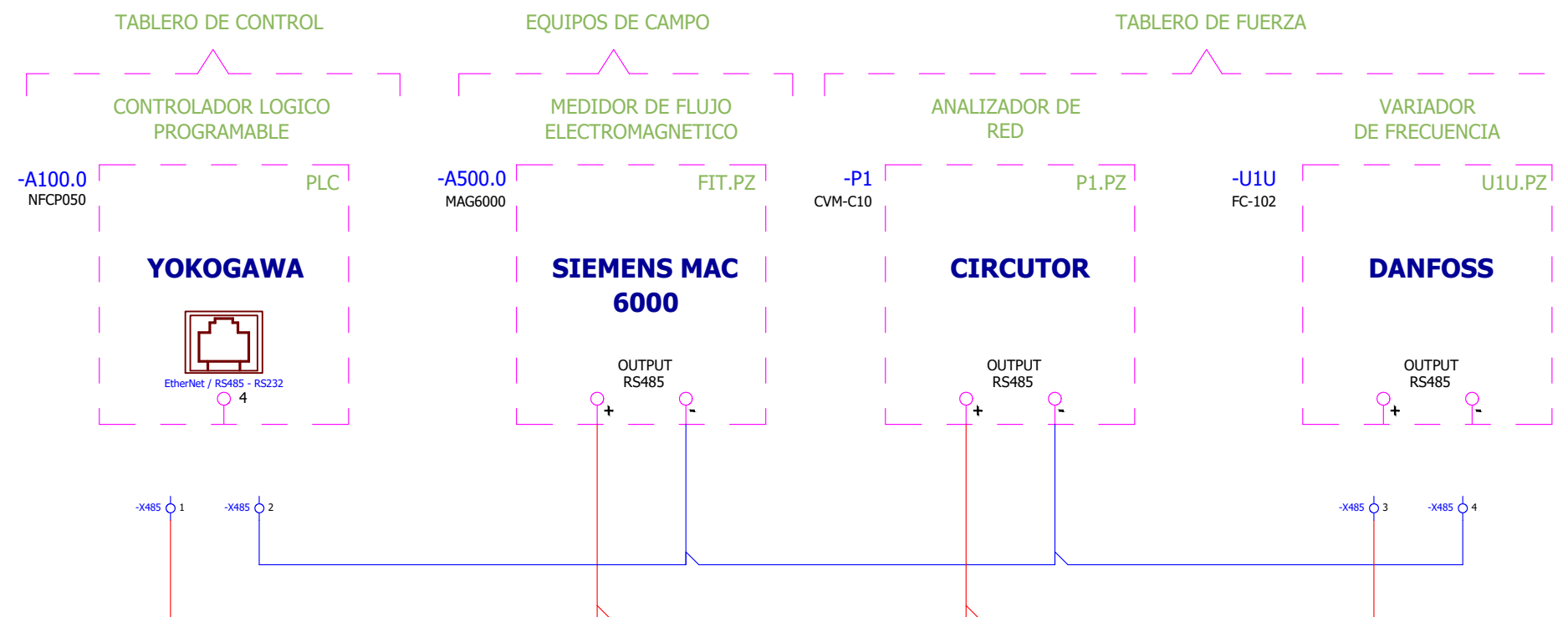
TÍTULO:		Nº PLANO:
TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 11		14
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 14/17

EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.
ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.



TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 12		Nº PLANO: 15
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 15/17

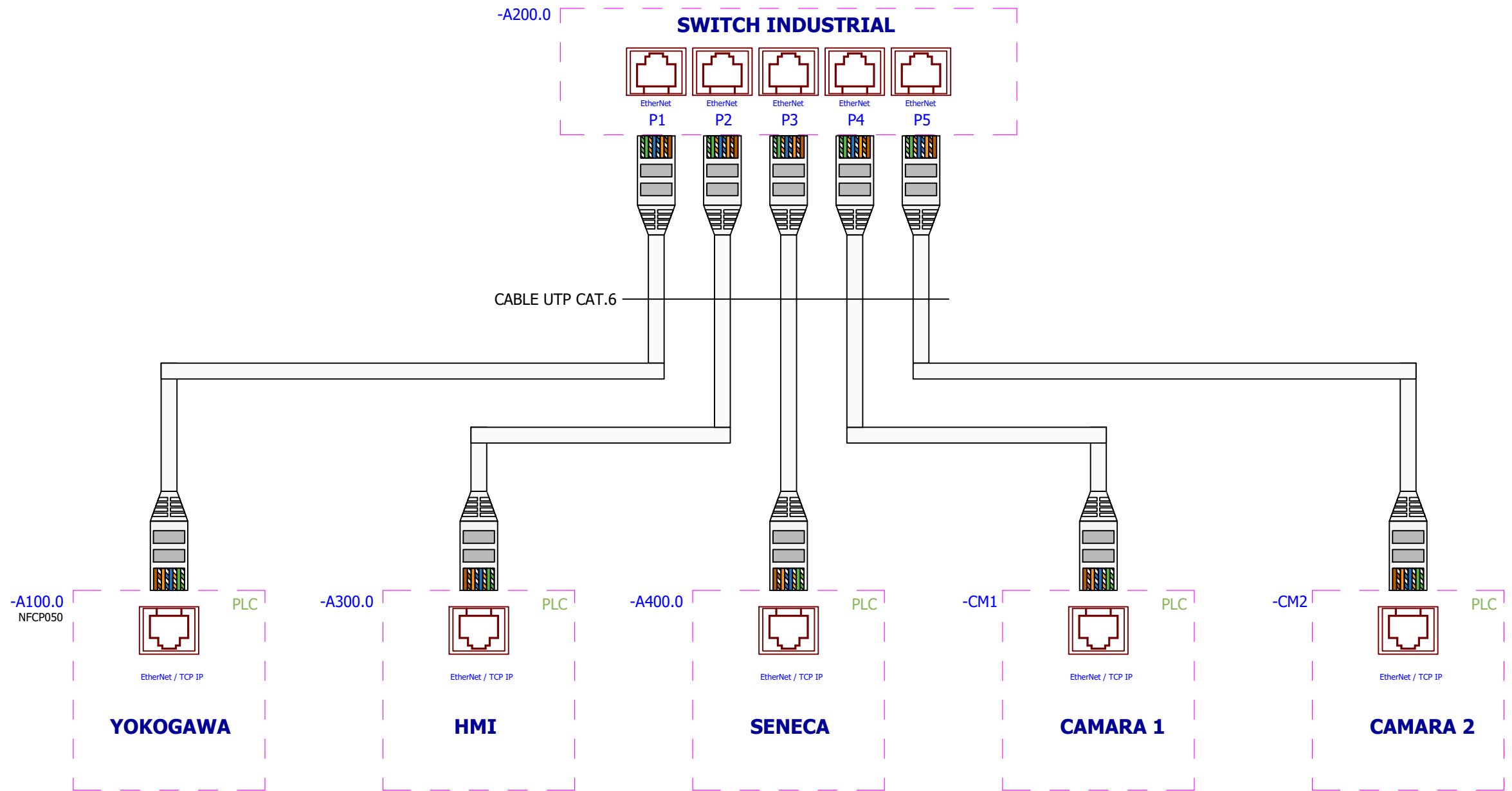
RED MODBUS RS-485



EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICION Y/O REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.

TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 13		Nº PLANO: 16
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 16/17

RED MODBUS TCP IP



EL PRESENTE CONTENIDO ES PROPIEDAD DEL AUTOR / TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. ESTA PROHIBIDA SU EDICIÓN Y/O REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SALVO PREVIO CONSENTIMIENTO.

TÍTULO: TABLERO DE CONTROL DIAGRAMA MULTIFILAR 14		Nº PLANO: 17
Diseño : LACHA	Esc : 1/1	Hoja : A3
Ubicación : Moche, Trujillo, La Libertad		Cantidad : 17/17

ANEXO 15

PRESUPUESTO

Presupuesto **1102007 "AUTOMATIZACION POZO 2 ALTV"**

Subpresupuesto **001 "AUTOMATIZACION POZO 2 ALTV"**

Cliente

Lugar **MOCHE - TRUJILLO - LA LIBERTAD**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	SUMINISTRO				99,600.78
01.01	TABLERO DE CONTROL	glb	1.00	35,275.00	35,275.00
01.02	TABLERO DE FUERZA	glb	1.00	25,836.00	25,836.00
01.03	MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNETICO DE 6"	und	1.00	11,481.60	11,481.60
01.04	MEDIDOR DE PRESION	und	1.00	2,957.50	2,957.50
01.05	MEDIDOR DE NIVEL SUMERGIBLE	und	1.00	6,845.48	6,845.48
01.06	POZO A TIERRA	glb	1.00	3,250.00	3,250.00
01.07	DETECTOR CONTRA INTRUSOS	und	1.00	550.00	550.00
01.08	CAMARA DE VIDEO VIGILANCIA INTERIOR	glb	1.00	6,702.60	6,702.60
01.09	CAMARA DE VIDEO VIGILANCIA EXTERIOR	glb	1.00	6,702.60	6,702.60
02	TRABAJOS MECÁNICOS				2,629.32
02.01	MONTAJE DE MEDIDOR DE FLUJO	und	1.00	1,477.41	1,477.41
02.02	MONTAJE DE MEDIDOR DE PRESION	und	1.00	1,151.91	1,151.91
03	TRABAJOS ELÉCTRICOS				11,075.79
03.01	INSTALACION Y CABLEADO ELECTRICO DE TABLERO	und	1.00	1,893.13	1,893.13
03.02	INSTALACION Y CABLEADO DE TABLERO DE	und	1.00	1,363.95	1,363.95
03.03	CONEXIONADO ELECTRICO DE MEDIDOR FLUJO	und	1.00	1,627.73	1,627.73
03.04	CONEXIONADO ELECTRICO DE MEDIDOR DE	und	1.00	1,322.02	1,322.02
03.05	CONEXIONADO Y ENTUBADO DEL CABLE FUERZA Y CONTROL DE BOMBA SUMERGIBLE	und	1.00	1,736.97	1,736.97
03.06	CONEXIONADO ELECTRICO DE MEDIDOR DE NIVEL	und	1.00	1,765.72	1,765.72
03.07	CONEXIONADO ELECTRICO DE DETECTOR CONTRA	und	1.00	817.78	817.78
03.08	CONEXIONADO ELECTRICO DE LA BOMBA DE	pza	1.00	548.49	548.49
04	INTEGRACION REMOTA DEL SISTEMA				19,132.49
04.01	CONFIGURACION Y CALIBRACION DE	und	3.00	412.00	1,236.00
04.02	PROGRAMACION DEL CONTROLADOR	und	1.00	2,873.70	2,873.70
04.03	PROGRAMACION DEL HMI	und	1.00	2,173.30	2,173.30
04.04	PROGRAMACION DEL SCADA	und	1.00	4,120.00	4,120.00
04.05	PRUEBAS LOCAL	glb	1.00	2,413.07	2,413.07
04.06	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	glb	1.00	3,622.96	3,622.96
04.07	CAPACITACION Y ENTRENAMIENTO	glb	2.00	780.23	1,560.46
04.08	MANUALES DE OPERACION	glb	1.00	1,133.00	1,133.00
	COSTO DIRECTO				132,438.38
	GASTOS GENERALES (7%CD)				9,270.69
	UTILIDAD (5%CD)				6,621.92
	SUBTOTAL				148,330.99
	IMPUESTO IGV 18%				26,699.58
	TOTAL PRESUPUESTO				175,030.56

SON : CIENTO SETENTA Y CINCO MIL TREINTA CON 56/100 SOLES