

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Diseño e implementación de un sistema Scada para una planta de
tratamiento de aguas residuales en Pachacútec-Ventanilla**

Para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Elaborado por

Paul Privat Mendizabal

 [0009-0003-6381-5338](https://orcid.org/0009-0003-6381-5338)

Asesor

M.Sc. Ing. José Alberto Díaz Zegarra

 [0000-0003-4682-274X](https://orcid.org/0000-0003-4682-274X)

Lima – Perú

2025

Citar/How to cite	Privat Mendizabal [1]
Referencia/Reference	[1] P. Privat Mendizabal, “ <i>Diseño e implementación de un sistema Scada para una planta de tratamiento de aguas residuales en Pachacútec-Ventanilla</i> ” [Trabajo de suficiencia profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Privat , 2025)
Referencia/Reference	Privat, P. (2025). <i>Diseño e implementación de un sistema Scada para una planta de tratamiento de aguas residuales en Pachacútec-Ventanilla</i> . [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

Primeramente, a Dios, por ser mi luz y mi guía en todo momento.

A mis padres; por su apoyo incondicional.

*A mi abuelo Hermes; quien estuvo en cada paso de este camino, aunque ya no estes
aquí, gracias por ser mi guía, mi apoyo y mi hogar.*

*A mi familia; por su motivación constante y
que han sido fundamental en mi camino.*

Agradecimientos

A mi asesor; M.Sc. Ing. José Alberto Díaz Zegarra, por su constante orientación, paciencia y compromiso a lo largo de todo este proceso. Su experiencia y guía fueron esenciales para la realización y culminación de este trabajo.

A mi especialista; Mg. Ing. Mauricio Pedro Galvez Legua, por su valioso tiempo y la pronta revisión que facilitó la finalización de este trabajo.

A mi alma mater; la Universidad Nacional de Ingeniería, por su compromiso con la excelencia académica y por haberme permitido desarrollar mis capacidades durante esta etapa formativa.

Resumen

La localidad de Pachacútec, situada en el distrito de Ventanilla de la provincia del Callao, contaba con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) basada en lógica cableada que utilizaba relés, contactores, válvulas, etc. Sin embargo, este sistema presentaba diversos problemas de confiabilidad, tales como frecuentes averías y dificultades para identificar las fallas. Como consecuencia, aumentaban tanto los tiempos de inactividad como los requerimientos de personal para su mantenimiento. Ante estas limitaciones, se decidió reemplazar dicho sistema por una solución más moderna, basada en lógica programada mediante el uso de PLC (*Programmable Logic Controller*) y sistemas de monitoreo Scada (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Esta implementación tuvo como objetivo reducir las fallas, minimizar los tiempos de inactividad, disminuir los costos de mantenimiento y, en consecuencia, aumentar la productividad del sistema. En este contexto, el presente trabajo detalla el diseño e implementación del sistema Scada en la PTAR. Se concluye que con la implementación del sistema Scada se ha logrado aumentar la confiabilidad de cada uno de los procesos de la PTAR, debido a que se cuenta con un registro a mayor detalle de los eventos ocurridos en el proceso. Esto permite reducir los tiempos de parada de la PTAR, facilita la manipulación y operación de los equipos y además permite mejorar el mantenimiento predictivo y preventivo.

Palabras claves: Scada, PLC, PTAR, redes industriales, instrumentación.

Abstract

The locality of Pachacútec, located in the district of Ventanilla in the province of Callao, previously operated a wastewater treatment plant (WWTP) utilizing hardwired logic with relays, contactors, valves, and similar components. However, this system faced various reliability issues, such as frequent breakdowns and challenges in identifying faults. As a result, downtime increased, as did personnel requirements for maintenance. To address these limitations, the decision was made to replace the existing system with a more modern solution based on programmable logic using PLC (Programmable Logic Controllers) and Scada (Supervisory Control and Data Acquisition) systems. The primary objectives of this implementation were to reduce failures, minimize downtime, lower maintenance costs, and consequently enhance system productivity. Within this context, the present work outlines the design and implementation of the SCADA system in the WWTP. It is concluded that the implementation of the SCADA system has increased the reliability of each process within the WWTP. This is due to the availability of a more detailed record of events occurring during the process. This improvement reduces downtime of the WWTP, facilitates equipment handling and operation, and enhances predictive and preventive maintenance.

Keywords: Scada, PLC, WWTP, industrial networks, instrumentation.

Tabla de Contenido

	Pag.
Resumen.....	v
Abstract.....	vii
Introducción	xvi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del Problema de Investigación	2
1.2.1 Situación Problemática.....	2
1.2.2 Problema por resolver	2
1.3 Objetivos del estudio	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.3.3 Indicadores de logro de los objetivos específicos	3
1.4 Antecedentes investigativos.....	3
1.4.1 Antecedentes nacionales	4
1.4.2 Antecedentes internacionales	4
Capítulo II. Marco teórico y conceptual.....	6
2.1 Marco teórico	6
2.1.1 Sistemas de automatización industrial.....	7
2.1.2 Niveles de la automatización industrial	9
2.1.2.1 Niveles de campo o proceso.	10
2.1.2.2 Niveles de control.	10
2.1.2.3 Niveles de supervisión.....	11
2.1.2.4 Niveles de operación y planificación.	11
2.1.2.5 Niveles de gestión.	11
2.1.2.6 Nivel de transformación digital..	12
2.1.3 Componentes de la automatización industrial	12

2.1.3.1	Sistemas de control.....	13
2.1.3.2	Sistemas de supervisión.....	15
2.1.4	Lógica de control	16
2.1.4.1	Automatización con lógica cableada.....	16
2.1.4.2	Automatización con lógica programada.....	17
2.1.5	Controladores lógicos programables	18
2.1.5.1	Componentes de un PLC	19
2.1.6	Redes de comunicación industrial.....	20
2.1.6.1	Modbus.	21
2.1.6.2	Profibus.....	22
2.1.6.3	Ethernet industrial.....	23
2.1.7	Sistemas Scada.....	24
2.1.7.1	Solución Scada: Wonderware System Platform.	25
2.1.7.2	Solución Scada: Simatic WinCC.	26
2.1.7.3	Solución Scada: CITECT.....	27
2.2	Marco conceptual	28
2.2.1	Descripción del proceso de tratamiento de aguas residuales.....	28
2.2.1.1	Tratamiento primario (pretratamiento).	28
2.2.1.2	Tratamiento secundario.....	29
2.2.1.3	Unidad de desinfección.	30
2.2.1.4	Tratamiento de lodos.....	30
2.2.2	Instrumentación en el proceso de tratamiento de aguas residuales.....	31
2.2.2.1	Transmisor de presión.....	31
2.2.2.2	Transmisor de flujo ultrasónico.	32
2.2.2.3	Transmisor de nivel tipo radar.....	32
2.2.2.4	Válvula de control.	33
2.2.2.5	Interruptor de nivel.....	33
2.2.2.6	Interruptor de presión.	34

2.2.3	Normativas en el proceso de tratamiento de aguas residuales	34
2.2.3.1	Normas internacionales.....	34
2.2.3.2	Legislación en el tratamiento de aguas residuales.....	35
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		37
3.1	Requerimientos para el diseño.....	37
3.1.1	Características geográficas de la planta.....	37
3.1.2	Funcionamiento de la PTAR de Pachacútec – Ventanilla.....	38
3.2	Descripción de las etapas y filosofía de operación de equipos involucrados .	40
3.2.1	Tratamiento primario (sistema de pretratamiento).....	41
3.2.1.1	Compuerta eléctrica de ingreso a reja gruesa (CTE-1A).	48
3.2.1.2	Compuerta eléctrica de salida de reja gruesa (CTE-1B).....	48
3.2.1.3	Compuerta eléctrica de ingreso a reja fina 1 y 2 (CTE-2A/2B)..	48
3.2.1.4	Compuerta eléctrica de salida de reja fina 1 y 2 (CTE-2C, CTE-2D).....	48
3.2.1.5	Compuerta eléctrica de ingreso a desarenadores 1 y 2 (CTE-4A/4B).....	48
3.2.1.6	Compuerta eléctrica de ingreso y salida el By Pass (CTE-3A/3B).....	48
3.2.1.7	Reja mecánica gruesa (RJG-01).....	50
3.2.1.8	Tornillo compactador de reja gruesa (THR-01)	55
3.2.1.9	Reja mecánica fina 1 y 2 (RJF-01 y RJF-02).....	58
3.2.1.10	Tornillo transportador de rejas finas (TRT-01).....	64
3.2.1.11	Tornillo compactador de rejas finas (THR-02).	66
3.2.1.12	Desarenador aireado con puente móvil 1 y 2 (DPM-01 y DPM-02).....	69
3.2.1.13	Sopladores SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C.....	76
3.2.1.14	Separador de Arena 01 y 02 (SEA-01 y SEA-02).....	79
3.2.1.15	Separador de grasas 01 y 02 (SEG-01 y SEG-02).....	82
3.2.1.16	Biofiltro Inorgánico 01 y 02 (BIO-01 y BIO-02).	85
3.2.1.17	Sistema de filtración.	88
3.2.1.18	Sistema de recirculación BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C.	92
3.2.1.19	Bombas sumergibles de la CB-01 (BOS-1A y BOS-1B).	96

3.2.1.20	Bombas sumergibles de la CB-05 (BOS-2A y BOS-2B).	99
3.2.1.21	Bombas sumergibles de la CB-06 (BOS-3A y BOS-3B).	102
3.2.1.22	Ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D.....	104
3.2.2	Tratamiento secundario.....	106
3.2.2.1	Oxigenación de los tanques de aireación..	115
3.2.2.2	Bombas de vaciado BCM-01, BCM-02, BCM-03 Y BCM-04.....	125
3.2.2.3	Mezcladores verticales en TQA-01, TQA-02, TQA-03 y TQA-04.....	129
3.2.2.4	Puente barredor de clarificadores (PB-CLR-01/02/03/04).....	132
3.2.2.5	Ventiladores y extractores para tanques de aireación.....	136
3.2.2.6	Ventiladores y extractores para la CB-02 y CB-03.	139
3.2.3	Sistema de desinfección.....	142
3.2.3.1	Sistema de cloración.	146
3.2.3.2	Sistema de depuración de cloro (Scrubber) – SKB.	148
3.2.3.3	Bombas de agua de arrastre (Booster) (BOC-1A y BOC-1B).	150
3.2.3.4	Bombas de agua de servicio (BME-1A y BME-1B).	154
3.2.3.5	Bombas de agua de polímeros (BME-2A y BME-2B).....	157
3.2.3.6	Ventiladores y extractores de la sala de desinfección.....	160
3.2.4	Tratamiento de Lodos.....	163
3.2.4.1	Bombas de recirculación de la CB-02 y CB-03.....	168
3.2.4.2	Espesadores de lodos 1 y 2 (ESQ-01 y ESQ-02).....	173
3.2.4.3	Sopladores SOP-2A y SOP-2B.....	177
3.2.4.4	Bombas de cavidad progresiva (Nomo) (BCP-L1 y BCP-L2).....	180
3.2.4.5	Preparador de polímeros (POL-01 y POL-02).	183
3.2.4.6	Bombas de cavidad progresiva (nomo) (BCP-P1 y BCP-P2).	186
3.2.4.7	Centrifugas CEN-01 y CEN-02.	188
3.2.4.8	Tornillos transportadores TRT-02, TRT-03 y TRT-04.....	191
3.2.4.9	Secadores solares SES-01, SES-02 y SES-03.	193
3.2.4.10	Cámara de bombeo CB-05 (BOS-2A y BOS-2B).	196

3.2.4.11	Ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A.....	196
3.2.5	Acotaciones generales	199
3.3	Variables involucradas de cada etapa de la PTAR	200
3.3.1	Variables del tratamiento primario.....	201
3.3.2	Variables del Tratamiento Secundario	202
3.3.3	Variables del sistema de desinfección	203
3.3.4	Variables del tratamiento de lodos	203
3.4	Diseño de la arquitectura del sistema de supervisión y control	205
3.5	Implementación del diseño propuesto	206
3.5.1	Instalación y configuración del AVEVA Plant Scada	206
3.5.2	Diseño de diagramas de las pantallas de visualización	210
3.5.2.1	Tratamiento primario (sistema de pretratamiento).....	210
3.5.2.2	Tratamiento secundario (sistema de aireadores y clarificadores).....	212
3.5.2.3	Sistema de desinfección.....	214
3.5.2.4	Tratamiento de lodos.....	214
3.5.2.5	Planta general.....	216
3.5.2.6	Tableros generales de alimentación.. ..	217
3.5.2.7	Sala de bombas.....	217
3.6	Registro histórico de tiempos de parada en el proceso de tratamiento de aguas residuales.....	219
3.6.1	Registro histórico de tiempos de parada antes del Scada	219
3.6.2	Registro histórico de tiempos de parada después del Scada	220
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados		221
4.1	Resultados del primer objetivo específico	221
4.2	Resultados del segundo objetivo específico	221
4.3	Resultados del tercer objetivo específico.....	222
Conclusiones		225
Recomendaciones.....		226

Referencias bibliograficas	227
----------------------------------	-----

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Indicadores de logro de los objetivos específicos.	3
Tabla 2: Equipos empleados en lógica cableada.	17
Tabla 3: Redes de Comunicación Industrial	21
Tabla 4: Lista de equipos utilizados en el tratamiento primario.	42
Tabla 5: Lista de instrumentación utilizados en el tratamiento primario.	44
Tabla 6: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de la RJG-01.....	52
Tabla 7: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de THR-01	56
Tabla 8: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de la RJF-01 y RJF-02.	59
Tabla 9: Comparativo de sensores actuados sobre la RJF-01 y RJF-02.	63
Tabla 10: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del TRT-01.....	64
Tabla 11: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del THR-02.	67
Tabla 12: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del DPM-01.....	72
Tabla 13: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-1A/1B/1C.	77
Tabla 14: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del SEA-01.....	80
Tabla 15: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del SEG-01.	83
Tabla 16: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del BIO-01.....	86
Tabla 17: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de filtración.....	90
Tabla 18: Modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de recirculación.....	94
Tabla 19: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOS-1A/1B.....	97
Tabla 20: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOS-2A/2B.....	100
Tabla 21: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOS-3A y BOS-3B.	102
Tabla 22: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-1A/1B/1C/1D.....	105
Tabla 23: Lista de equipos utilizados en los aireadores.....	108
Tabla 24: Lista de equipos utilizados en los clarificadores.	109
Tabla 25: Lista de instrumentación utilizados en los aireadores.....	110
Tabla 26: Lista de instrumentación utilizados en los clarificadores.	111

Tabla 27: Tableros de alimentación y control para el tratamiento secundario.	111
Tabla 28: Lista de sopladores utilizados en cada tanque de aireación.	116
Tabla 29: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-2A/2B/2C.	117
Tabla 30: Lista de bombas utilizados en cada tanque de aireación.	126
Tabla 31: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BCM-01 y BCM-02.	128
Tabla 32: Lista de mezcladores utilizados en cada tanque de aireación.....	129
Tabla 33: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de MEX-1A y MEX-1B.....	130
Tabla 34: Lista de puentes barredores de utilizados en cada tanque clarificador.....	132
Tabla 35: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de PB-CLR-01/02.	134
Tabla 36: Lista de ventiladores y extractores utilizados en cada tanque de aireación....	136
Tabla 37: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-2A/2B/2C/2D y EXT- 2A/2B/2C.....	137
Tabla 38: Lista de ventiladores y extractores utilizados en cada CB.....	139
Tabla 39: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-4A y EXT-4A.	140
Tabla 40: Lista de equipos utilizados en el sistema de desinfección.....	143
Tabla 41: Lista de instrumentación utilizados en el sistema de desinfección.....	144
Tabla 42: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOC-1A/1B.....	152
Tabla 43: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BEM-1A/1B.....	156
Tabla 44: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BEM-2A/2B.....	158
Tabla 45: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-6A/6B/6C y EXT- 6A/6B/6C.....	162
Tabla 46: Lista de equipos utilizados en la recirculación de lodos	165
Tabla 47: Lista de equipos utilizados en la deshidratación de lodos	166
Tabla 48: Lista de instrumentación utilizados en la recirculación de lodos	167
Tabla 49: Lista de instrumentación utilizados en la deshidratación de lodos	168
Tabla 50: Distribución de bombas de recirculación de la CB-02 y CB-03.	169
Tabla 51: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOB-1A y BOB-1B.	170

Tabla 52: Comparativo de funcionamiento de bombas (BOB-1A, BOB-1B), (BOB-2A, BOB-2B), (BOB-3A, BOB-3B) y (BOB-4A, BOB-4B).....	173
Tabla 53: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de ESQ-01 y ESQ-02.	175
Tabla 54: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-2A y SOP-2B.	178
Tabla 55: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BCP-L1 y BCP-L2.	181
Tabla 56: Interpretación de leds de POL-01 y POL-02.	185
Tabla 57: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BCP-P1 y BCP-P2.....	187
Tabla 58: Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-7A y EXT-7A.	197
Tabla 59: Variables del tratamiento primario.	201
Tabla 60: Variables del tratamiento secundario (aireadores).....	202
Tabla 61: Variables del tratamiento secundario (clarificadores)	202
Tabla 62: Variables del sistema de desinfección.....	203
Tabla 64: Variables del tratamiento de lodos (recirculación de lodos).....	204
Tabla 65: Variables del tratamiento de lodos (deshidratación de lodos)	204
Tabla 66: Tiempos de parada antes de la implementación del sistema SCADA	219
Tabla 67: Tiempos de parada después de la implementación del sistema SCADA.....	220
Tabla 68: Resumen de los tiempos de parada de año 2020 al 2024.....	223
Tabla 69: Cálculo de la reducción de los tiempos de parada.....	224

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Estructura de un sistema automatizado.	8
Figura 2: Pirámide de automatización	10
Figura 3: Evolución de la Automatización Industrial	12
Figura 4: Componentes de la automatización industrial.....	13
Figura 5: Sensores	14
Figura 6: Actuadores	14
Figura 7: RTU y PLC	15
Figura 8: Sistema Scada	16
Figura 9: Esquema general de la arquitectura de un autómatas programable.....	19
Figura 10: Controlador Lógico Programable Siemens S7-400.....	20
Figura 11: Protocolo de Comunicación Modbus.....	22
Figura 12: Estructura y tipos de perfiles Profibus	23
Figura 13: Arquitectura Scada	25
Figura 14: Wonderware System Platform	26
Figura 15: Arquitectura SIMATIC WinCC	27
Figura 16: Transmisor de Presión.....	31
Figura 17: Transmisor de Flujo Ultrasónico	32
Figura 18: Transmisor de Nivel Tipo Radar	32
Figura 19: Válvula de Control.....	33
Figura 20: Interruptor de Nivel	33
Figura 21: Interruptor de Presión	34
Figura 22: Ubicación geográfica	38
Figura 23: Etapas y Sistemas de la PTAR Pachacútec – Ventanilla	39
Figura 24: Esquema Planta General.....	40
Figura 25: Esquema Tratamiento Primario	41
Figura 26: Diagrama unifilar del tablero general TG-01.	46

Figura 27: Diagrama unifilar del tablero de control TC-01.	47
Figura 28: Disposición de compuertas en la etapa de tratamiento primario.	49
Figura 29: Diagrama unifilar de TF-701.	50
Figura 30: Reja mecánica gruesa (RJG-01).	51
Figura 31: Diagrama unifilar de TF-101.	51
Figura 32: Tornillo Compactador de Reja Gruesa (THR-01).	55
Figura 33: Rejas Mecánicas Finas (RJF-01 y RJF-02)	58
Figura 34: Diagrama unifilar de TF-201.	59
Figura 35: Tornillo transportador de rejas finas TRT-01.	64
Figura 36: Desarenador aireado con puente móvil 01 (DPM-01).	70
Figura 37: Diagrama unifilar de fuerza “TCP 1 A”	71
Figura 38: Diagrama unifilar de control “TCP 1 B”	72
Figura 39: Sopladores SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C.	76
Figura 40: Diagrama unifilar de TF-601.	77
Figura 41: Separador de arenas 01 (SEA-01)	79
Figura 42: Diagrama unifilar de TF-301.	80
Figura 43: Separador de Grasas 01 (SEG-01).	82
Figura 44: Biofiltro inorgánico 01 (BIO-01).	85
Figura 45: Diagrama unifilar de TF-501.	86
Figura 46: Sistema de filtración.	89
Figura 47: Diagrama unifilar de TFC-FIL.	90
Figura 48: Sistema de recirculación.	93
Figura 49: Diagrama unifilar de TFC-REC.	93
Figura 50: Bombas sumergibles de la CB 01 (BOS-1A y BOS-1B).	96
Figura 51: Diagrama unifilar de TF-801.	97
Figura 52: Bombas sumergibles de la CB-05 (BOS-2A y BOS-2B).	99
Figura 53: Bombas sumergibles de la CB-06 (BOS-3A y BOS-3B).	102
Figura 54: Ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D.	104

Figura 55: Esquema del tratamiento secundario.....	107
Figura 56: Diagrama unifilar del tablero general TG-02.	112
Figura 57: Diagrama unifilar del tablero de control TC-02.	113
Figura 58: Diagrama unifilar del tablero general TG-04.	114
Figura 59: Diagrama unifilar del Tablero de Control TC-04.	115
Figura 60: Sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C.....	116
Figura 61: Diagrama unifilar de TF-102, TF-202 y TF-302.	117
Figura 62: Tanque aireador 01 (TQA-01) y su bomba de vaciado (BCM-01).....	126
Figura 63: Diagrama unifilar de TF-802.....	127
Figura 64: Diagrama unifilar de TF-402.....	130
Figura 65: Tanque clarificador 01 y su respectivo puente barredor PB-CLR-01.....	133
Figura 66: Diagrama unifilar de TF-504.....	134
Figura 67: Ventiladores VEN-2A, 2B, 2C y 2D y extractores EXT-2A, 2B y 2C.	137
Figura 68: Diagrama unifilar de TF-704.....	140
Figura 69: Esquema del sistema de desinfección.....	142
Figura 70: Diagrama unifilar del tablero general TG-07.....	145
Figura 71: Diagrama unifilar del tablero de control TC-07.....	146
Figura 72: Sistema de cloración.....	147
Figura 73: Sistema de depuración de cloro (Scrubber) – SKB.....	149
Figura 74: Diagrama unifilar de TF-807.....	149
Figura 75: Bombas de agua de arrastre (Booster) BOC-1A y BOC-1B.....	151
Figura 76: Diagrama unifilar de TF-107.....	152
Figura 77: Bombas de agua de servicio BME-1A y BME-1B.....	155
Figura 78: Diagrama unifilar de TF-207.....	155
Figura 79: Bombas de agua de polímeros BME-2A y BME-2B.....	158
Figura 80: Ventiladores (VEN-6A/6B/6C) y Extractores (EXT-6A/6B/6C).....	160
Figura 81: Diagrama unifilar de TF-307.....	161
Figura 82: Esquema Tratamiento de lodos.....	164

Figura 83: Bombas de recirculación de la cámara de bombeo N°2 (CB-02).....	169
Figura 84: Diagramas unifilares de TF-104 y TF-204.....	170
Figura 85: Espesador de lodos N°1 (ESQ-01).....	174
Figura 86: Diagrama unifilar de TF-606.....	174
Figura 87: Diagrama unifilar de TC-06.....	175
Figura 88: Sopladores SOP-2A y SOP-2B.	178
Figura 89: Bombas de cavidad progresiva (Nomo) (BCP-L1 y BCP-L2).	180
Figura 90: Diagrama unifilar de TF-306.....	181
Figura 91: Esquema de (POL-01, POL-02) y (BCP-P1, BCP-P2).	184
Figura 92: Diagrama unifilar de TF-406B.....	184
Figura 93: Diagrama unifilar de TF-406D.	186
Figura 94: Esquema de CEN-01 y CEN-02.	189
Figura 95: Diagrama unifilar de TF-106.....	190
Figura 96: Esquema de (TRT-02, TRT-03, TRT-04) y (SES-01, SES-02 y SES-03).	192
Figura 97: Diagrama unifilar de TF-406A.....	192
Figura 98: Diagrama unifilar de TF-506.....	194
Figura 99: Diagrama unifilar de F11.....	195
Figura 100: Ventilador VEN-7A y Extractor EXT-7A.	196
Figura 101: Diagrama unifilar de TF-706.....	197
Figura 102: Arquitectura del sistema de supervisión y control.....	205
Figura 103: Creación de cuenta en AVEVA	206
Figura 104: Descarga del instalador AVEVA Plant SCADA.....	206
Figura 105: Instalación del software AVEVA Plant SCADA.....	207
Figura 106: Ubicación de la consola “Configurator” del AVEVA Plant SCADA.	207
Figura 107: Configuración del “Server License”.	208
Figura 108: Configuración del SMS (System Management Server).	208
Figura 109: Configuración de usuario y password.	209
Figura 110: Pantalla del diseño de rejillas gruesas y finas.	210

Figura 111: Pantalla del diseño de desarenadores, separador de arenas y grasas	211
Figura 112: Pantalla del diseño de los biofiltros	211
Figura 113: Pantalla del diseño de los tanques aireadores 01 y 02.	212
Figura 114: Pantalla del diseño de los tanques aireadores 03 y 04.	212
Figura 115: Pantalla de diseño del oxígeno disuelto en los TQ1, TQ2, TQ3 y TQ4.....	213
Figura 116: Pantalla de diseño de los clarificadores 01, 02, 03 y 04.....	213
Figura 117: Pantalla de diseño del sistema de desinfección	214
Figura 118: Pantalla de diseño del sistema recirculación de lodos.	215
Figura 119: Pantalla de diseño del sistema espesador de lodos.....	215
Figura 120: Pantalla de diseño del sistema deshidratación de lodos	216
Figura 121: Pantalla de diseño de la planta general de la PTAR Pachacútec	216
Figura 122: Pantalla de diseño de los tableros generales de alimentación.....	217
Figura 123: Pantalla de diseño de la sala de bombas.....	217
Figura 124: Pantalla de diseño de comunicación de los equipos con el Scada.	218
Figura 125: Pantalla de activación de alarmas de la PTAR	218
Figura 126: Gráfico de líneas de los registros históricos de parada.	223

Introducción

En el presente trabajo de suficiencia profesional titulado “Diseño e implementación de un sistema Scada para una planta de tratamiento de aguas residuales en Pachacútec-Ventanilla” tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema Scada para la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la localidad Pachacútec en el distrito de Ventanilla, esto permitirá la detección de fallas más rápidamente, reducir el tiempo de inactividad del proceso, así como también los costos de mantenimiento y aumentar la productividad de la planta.

En el capítulo 1, Parte introductoria del trabajo, se detallan los aspectos generales del trabajo, la descripción del problema de investigación, la problemática, los objetivos generales y específicos, indicadores de logro de los objetivos y los antecedentes de investigación.

En el capítulo 2, Marcos teórico y conceptual, se describen los conceptos de sistemas de automatización, sistemas de control, arquitectura de los PLC y las características principales de los sistemas Scada, derivados de diversas bibliografías y manuales técnicos de fabricantes, etc. En el marco conceptual se detalla cómo es el sistema de tratamiento de aguas residuales, las variables que participan, los sensores y actuadores que se emplean para su control y monitoreo.

En el capítulo 3: Desarrollo del trabajo de investigación, aborda el diseño e implementación del sistema Scada para el proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales. Se describe detalladamente los requerimientos y el funcionamiento del equipamiento e instrumentación de cada una de las etapas del sistema (pretratamiento, aireación, clarificación, desinfección y tratamiento de lodos) y un *software* Scada para el diseño de la supervisión de control de la PTAR, el cual permite monitorear en tiempo la lectura de los parámetros eléctricos, variadores de velocidad, arrancadores suaves, además de la lectura de los múltiples sensores de presión, nivel, flujo y caudal. Por último,

se lleva a cabo el diseño de las pantallas de visualización y una serie de pruebas para validar el adecuado desempeño del Scada implementado.

En el capítulo 4, Análisis y discusión de los resultados, se analiza y discute resultados alcanzados de la implementación propuesta contrastándolos con los objetivos planteados en el capítulo 1, con el propósito de determinar su nivel de cumplimiento.

En las conclusiones y recomendaciones, se detallan las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos, así como el nivel de logro del objetivo general y de los objetivos específicos del diseño propuesto. Adicionalmente, se ofrecen recomendaciones con el fin de mejorar el presente trabajo y considerar su posible adecuación a otras necesidades similares.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

En este capítulo se expondrán las generalidades y la problemática identificada, además de detallarse el objetivo general y los objetivos específicos junto con sus respectivos indicadores de logro. Asimismo, se presentarán los antecedentes de la investigación.

1.1 Generalidades

La planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec, perteneciente al distrito de Ventanilla, operaba con un sistema de control basado en lógica cableada, el cual hacía uso de una combinación de dispositivos electromecánicos como relés, contactores, válvulas, entre otros. Este tipo de control, aunque era funcional en sus inicios, presentaba serias limitaciones en cuanto a su confiabilidad y eficiencia operativa. Las fallas se producían con una frecuencia considerable, lo que impactaba negativamente en la continuidad del proceso además de que los tiempos de inactividad se incrementaban, ya que la identificación de las causas de las fallas resultaba un proceso lento y complicado. Como resultado de esta situación, se requería más personal en las áreas de mantenimiento lo que incrementaba los costos operativos y logísticos.

Ante esta problemática, se identificó la necesidad de modernizar el sistema de control, reemplazando la obsoleta lógica cableada por una más eficiente basada en lógica programada con el objetivo de mejorar significativamente la confiabilidad del sistema. Como parte de la estrategia de mejora, se propuso la implementación de un sistema Scada (*Supervisory Control and Data Acquisition*), cuyo propósito es supervisar y controlar de manera centralizada todas las operaciones de la planta. Este sistema no solo permitiría detectar e identificar rápidamente fallas y alarmas en tiempo real, sino que también contribuiría a optimizar la gestión de los recursos, reduciendo de manera considerable los tiempos de inactividad, los costos de mantenimiento, y mejorando de manera notable los niveles de productividad y eficiencia operativa de toda la planta.

1.2 Descripción del Problema de Investigación

En esta sección se presentará la problemática identificada en el sistema de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Pachacútec-Ventanilla, asimismo describiendo el problema que se busca resolver. Este análisis justifica la realización del presente trabajo de investigación, cuyo objetivo es mejorar la confiabilidad del sistema mencionado.

1.2.1 Situación Problemática

El sistema de control del proceso de tratamiento de aguas residuales es antiguo y poco confiable, lo que provoca frecuentes fallas y aumenta los tiempos de inactividad debido a la dificultad para identificar las causas de dichas fallas. Además, este sistema demanda una mayor cantidad de personal tanto en las áreas de producción como en mantenimiento.

1.2.2 Problema por resolver

Optimizar la operación del proceso de tratamiento de aguas residuales en la localidad de Pachacútec-Ventanilla, mediante la reducción significativa de los tiempos de parada.

1.3 Objetivos del estudio

En esta parte se describen el objetivo general, los objetivos específicos, así como los indicadores asociados a cada uno de los objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema Scada de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Pachacútec-Ventanilla para mejorar la confiabilidad de esta planta.

1.3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos que se presentan a continuación tienen por propósito alcanzar el cumplimiento del objetivo general:

- a) Diseñar un sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla
- b) Implementar el sistema Scada diseñado del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla
- c) Reducir los tiempos de inactividad en el proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla a través de la rápida identificación de fallos mediante el sistema Scada.

1.3.3 Indicadores de logro de los objetivos específicos

A continuación, en la tabla 1, se presentan los indicadores de logro correspondientes a cada objetivo específico, junto con sus respectivas métricas.

Tabla 1

Indicadores de logro de los objetivos específicos.

Nº	Objetivo específico	Indicador de logro	Métrica
1	Diseñar un sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla	Diagrama del diseño de la arquitectura del sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales	Diagrama
2	Implementar el sistema Scada diseñado del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla	Implementación del sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales	Diagrama
3	Reducir los tiempos de inactividad en el proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla a través de la rápida identificación de fallos mediante el sistema Scada.	Reducir los tiempos de parada del proceso de tratamiento de aguas residuales en 35%	Porcentaje

1.4 Antecedentes investigativos

En relación con el tema planteado, se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre el diseño y la implementación de sistemas Scada en la automatización de procesos industriales. A continuación, se destacan las investigaciones más relevantes.

1.4.1 Antecedentes nacionales

En la tesis titulada "Diseño e implementación de un sistema SCADA para la producción de petróleo en una empresa privada", realizada por Salvatierra (2022) en la Universidad Nacional de Ingeniería, se propone la implementación de un sistema de control y supervisión para el proceso de producción del petróleo. El autor concluye en la disminución de la cantidad de fallas, los tiempos de parada del proceso, reducción de los costos de mantenimiento y aumento de la productividad de la planta.

En la segunda tesis titulada "Integración del sistema de automatización de una planta de tratamiento de aguas residuales aplicando el sistema SCADA para un proceso aeróbico", elaborada por Silva (2021) en la Universidad Nacional de Ingeniería, el autor describe el diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo para la planta de tratamiento de aguas residuales de Pariachi, ubicada en Santa Clara, Ate Vitarte. En este estudio, se destaca la mejora en la calidad de vida de los habitantes gracias a la implementación del sistema Scada, que permite operar la planta con un número mínimo de operadores y técnicos.

En la tercera tesis, titulada "Automatización de una planta de tratamiento de aguas ácidas provenientes de una mina a tajo abierto", elaborada por Trejo (2019) en la Universidad Nacional de Ingeniería, el autor describe el diseño e implementación de un sistema automatizado (instrumentación, control y Scada) en la Minera Barrick Misquichilca – Unidad Pierina. El objetivo es asegurar que el agua tratada cumpla con los estándares ambientales antes de ser enviada a las comunidades cercanas. Este trabajo detalla los criterios de diseño del sistema, destacando el control del pH en el agua tratada.

1.4.2 Antecedentes internacionales

En la tesis titulada "Diseño e implementación de sistema de monitoreo SCADA para subestación eléctrica principal CONTECON", elaborada por Medrano y Cobos (2022) en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, los autores describen el diseño de un sistema Scada para una compañía que desea monitorear una subestación principal de

69KV de manera remota. El objetivo de este trabajo es ayudar al personal de mantenimiento a llevar registros de la subestación eléctrica tales como magnitudes, alarmas y tendencias.

En la segunda tesis, titulada "Implementación de un sistema SCADA en el proceso de termoformado de la empresa POLIGRUP S.A. para medir la eficiencia productiva y el diseño de un control de temperatura de molde aplicando control difuso", realizada por Chica et al. (2021) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral de Ecuador, se propone la implementación de un sistema Scada para determinar la efectividad total de los equipos OEE puntualizado en el proceso de termoformado. Los autores concluyen en la mejora continua del proceso productivo y reducción de los costos de producción.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

En este capítulo, se presenta el marco teórico que aborda los conceptos de automatización y supervisión de procesos, así como la arquitectura de los controladores lógicos programables (PLC) y los sistemas Scada. El marco conceptual se centrará en el proceso de tratamiento de aguas residuales, las variables que intervienen, la instrumentación empleada para su control y supervisión, y las características principales de los sistemas Scada en este contexto.

2.1 Marco teórico

La automatización de procesos industriales es fundamental para mejorar la eficiencia, la fiabilidad y la seguridad de los sistemas de producción. En el contexto de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec-Ventanilla, se requiere una actualización del sistema de control debido a la baja fiabilidad del actual sistema de lógica cableada. Este sistema, que depende de relés, contactores y válvulas, presenta frecuentemente fallas que prolongan los tiempos de parada y elevan los costos de mantenimiento, así como la necesidad de un mayor número de personal de mantenimiento.

Los controladores lógicos programables (PLC) son dispositivos esenciales en la automatización moderna. Los PLC permiten el control flexible y preciso de procesos industriales mediante programación, lo que facilita la modificación y actualización de los procesos sin necesidad de cambiar el *hardware*. Además, los PLC pueden integrarse fácilmente con sistemas Scada (*Supervisory Control and Data Acquisition*), que proporcionan una interfaz gráfica para la supervisión y el control en tiempo real de los procesos industriales.

Los sistemas Scada son cruciales en la automatización, porque permiten la monitorización y el control de procesos a través de una red de comunicaciones. Estos sistemas recopilan datos en tiempo real de los sensores y dispositivos de campo, los procesan y los presentan a los operadores a través de interfaces gráficas. Los sistemas

Scada también permiten el almacenamiento de datos históricos, lo que facilita el análisis de tendencias y la identificación de patrones que pueden predecir fallas o ineficiencias.

En el caso de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec-Ventanilla, la implementación de un sistema Scada, junto con la actualización a un control basado en PLC, mejorará significativamente la fiabilidad del sistema de control. Esto se traducirá en una reducción de los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento, y en una mayor eficiencia operativa. Los sistemas Scada permiten una fácil identificación y diagnóstico de fallas, lo que reduce los tiempos de parada y los costos asociados. Además, mejoran la seguridad del proceso al proporcionar alertas y notificaciones en tiempo real sobre condiciones anómalas.

En resumen, la actualización del sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec-Ventanilla mediante la implementación de PLC y un sistema Scada es una medida necesaria para mejorar la fiabilidad, reducir los tiempos de inactividad y los costos de mantenimiento, y aumentar la productividad y seguridad de la planta.

2.1.1 Sistemas de automatización industrial

Los sistemas Scada son plataformas de *software* que proporcionan herramientas para la supervisión y control de procesos industriales a gran escala. Estos sistemas recopilan datos en tiempo real de los sensores y equipos de campo, permitiendo a los operadores monitorear y controlar los procesos de manera eficiente. La integración de sistemas Scada en plantas de tratamiento de aguas residuales no solo mejora la fiabilidad del proceso, sino que también optimiza el uso de recursos y garantiza el cumplimiento de normativas ambientales.

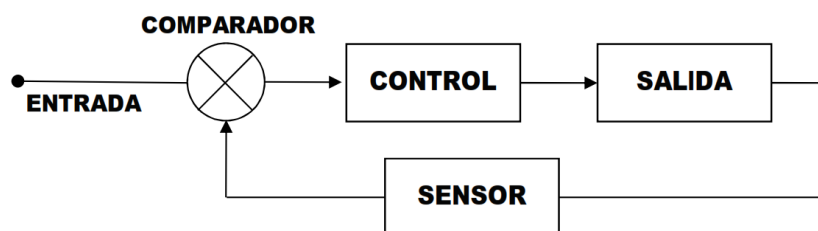
En el contexto de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec ubicado en el distrito de Ventanilla, los sistemas de automatización industrial desempeñan un papel crucial en la mejora de la fiabilidad y eficiencia del proceso. Según Sanchis (2010), los sistemas de automatización industrial son aquellos capaces de reaccionar

automáticamente (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el entorno, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que han sido diseñados. Estos sistemas incluyen el uso de controladores lógicos programables (PLC) y sistemas Scada para supervisar y controlar diversas etapas del tratamiento de aguas residuales.

El objetivo de estos sistemas es ejecutar las acciones necesarias para mantener el proceso dentro de los parámetros deseados, asegurando un tratamiento eficiente y seguro del agua. La automatización industrial en este contexto permite una respuesta rápida y precisa a las variaciones en las condiciones del proceso, como cambios en el caudal de entrada o fluctuaciones en los niveles de contaminantes. Esta capacidad de respuesta es esencial para minimizar los tiempos de parada y reducir los costos de mantenimiento.

Figura 1

Estructura de un sistema automatizado.



Nota: tomado de Sanchis (2010)

Como se observa, se trata de un sistema en bucle cerrado, donde la información sobre los cambios del proceso captada por los sensores es procesada dando lugar a las acciones necesarias, que se implementan físicamente sobre el proceso por medio de los actuadores. Este sistema de control se comunica eventualmente con el operador, recibiendo de estas consignas de funcionamiento, tales como marcha, paro, cambio de características del proceso, entre otros, y comunicándole información sobre el estado del proceso para la supervisión del correcto funcionamiento del proceso de tratamiento de aguas residuales.

Se denomina automatismo, al sistema completo, aunque con este término suele hacerse referencia fundamentalmente al sistema de control, ya que es el que produce de

forma automática las acciones sobre el proceso a partir de la información captada por los sensores. Las señales de entrada y de salida pueden ser de cualquier tipo, sin embargo, el concepto tradicional de automatismo se utiliza para sistemas de eventos discretos (también llamados sistemas secuenciales) en los que esas señales son binarias, es decir, solo pueden tomar dos valores: activa o inactiva (estos valores suelen representarse como un 1 o un 0). En el caso del sistema de control de la planta de tratamiento de aguas residuales, el sistema de control implementa un algoritmo de lógica binaria que relaciona los valores que van tomando en cada instante las entradas (1 o 0) con los valores que deben ir tomando en cada instante las salidas (también 1 o 0) para que el sistema funcione adecuadamente.

La implementación de un sistema de automatización en la planta de Pachacútec-Ventanilla permite una supervisión continua y precisa de las diversas etapas del tratamiento del agua, asegurando que las acciones correctivas se realicen en tiempo real. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también garantiza que el proceso cumpla con los estándares ambientales y de calidad establecidos.

2.1.2 Niveles de la automatización industrial

La implementación de la automatización industrial en la PTAR Pachacútec incluye una variedad de componentes tanto de hardware como de software. Dada esta complejidad, se ha adoptado una filosofía de diseño conocida como CIM (*Computer Integrated Manufacturing*), también llamada Pirámide de Automatización. Esta representación gráfica abarca todas las funcionalidades necesarias para un sistema de automatización industrial, organizado en distintos niveles. Es una metodología que permite diseñar, estudiar, analizar e implementar la automatización en entornos industriales de manera estructurada.

Figura 2

Pirámide de automatización



Nota: tomado de Brunete (2020)

2.1.2.1 Niveles de campo o proceso. Este es el nivel más básico en la jerarquía de la automatización. Incluye actuadores, sensores y otros componentes de hardware que son parte del sistema de tratamiento de aguas residuales. En este nivel, los datos del proceso se obtienen a través de sensores ubicados en puntos críticos del sistema, como sensores de pH, turbidez, nivel y flujo, y se actúa mediante actuadores como válvulas y bombas. Estos sensores y actuadores, que interactúan directamente con el proceso de tratamiento, suelen denominarse dispositivos de campo (*field devices*).

2.1.2.2 Niveles de control. Este nivel está compuesto por los dispositivos de control que gestionan las operaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales. En términos de control, este nivel incluye los PLC (Controladores lógicos programables), que procesan las señales de los sensores y ejecutan las lógicas de control para ajustar los actuadores. Además de los PLC, este nivel puede incluir sistemas de control numérico de máquinas, robots y computadoras industriales. Todos estos dispositivos, conocidos de forma general como controladores de máquinas, son esenciales para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente de la planta.

2.1.2.3 Niveles de supervisión. El nivel de supervisión alberga los sistemas de control y adquisición de datos (Scada) junto con las interfaces hombre-máquina (HMI). En esta capa, los datos del proceso se monitorizan a través de interfaces de usuario y se almacenan en bases de datos. El sistema Scada se utiliza generalmente para controlar múltiples máquinas en procesos complejos, como el tratamiento de aguas residuales. Este sistema permite a los operadores supervisar el proceso en tiempo real, generar informes y gestionar alarmas. Una diferencia entre el nivel de control y el nivel de supervisión es que el Scada se usa a menudo para refinar o restablecer valores en el nivel de control, asegurando una operación óptima de la planta.

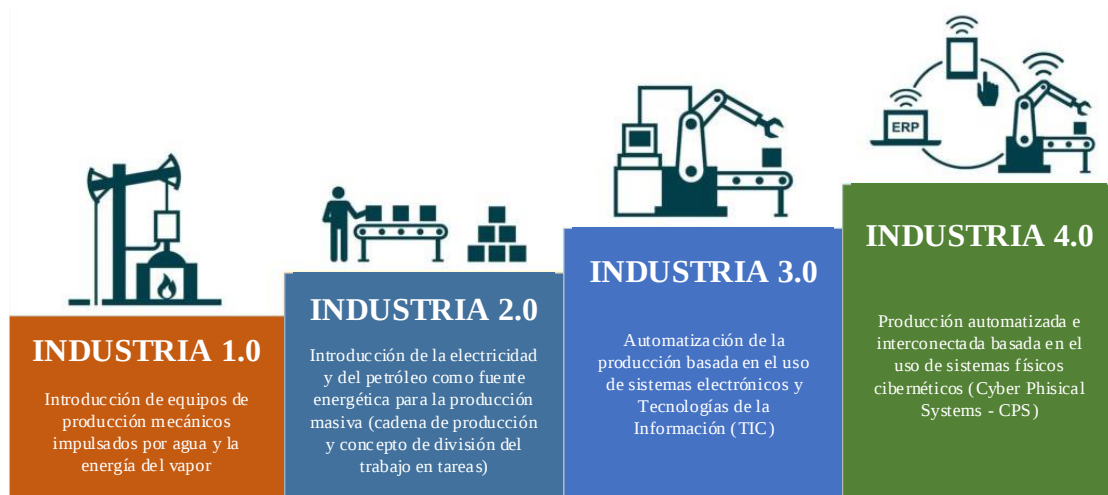
2.1.2.4 Niveles de operación y planificación. El cuarto nivel de la pirámide de automatización se conoce como el nivel de operación o planificación. En este nivel, se supervisa todo el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta, desde la entrada del agua bruta hasta la salida del agua tratada. Esto permite a la gerencia observar con precisión lo que está ocurriendo y tomar decisiones basadas en esa información. Pueden ajustar los planes de mantenimiento, los recursos necesarios y las estrategias operativas utilizando datos reales obtenidos de los sistemas. Este nivel generalmente emplea un sistema de gestión informática conocido como MES (*Manufacturing Execution System*), que coordina y optimiza las operaciones de la planta.

2.1.2.5 Niveles de gestión. La cima de la pirámide corresponde al nivel de gestión. En este nivel se utiliza el sistema de gestión empresarial integrado conocido como ERP (*Enterprise Resource Planning*) o planificación de recursos empresariales. Este sistema permite a la alta dirección de la PTAR supervisar y controlar sus operaciones. El ERP es un conjunto de aplicaciones informáticas que facilitan la supervisión, el reporte y el control de todas las operaciones de la planta, abarcando desde la gestión de inventarios hasta la planificación financiera.

2.1.2.6 Nivel de transformación digital. Actualmente, se puede identificar otro nivel por encima del nivel de gestión: la nube. La nube es una parte integral de la transformación digital de la planta, permitiendo que los datos de cualquiera de los niveles anteriores se alimenten directamente en un conjunto de datos u otras aplicaciones. Este nivel permite el análisis avanzado de datos y la implementación de tecnologías de Industria 4.0, mejorando aún más la eficiencia y la excelencia operativa. La integración de la nube facilita la toma de decisiones basadas en datos en tiempo real, promoviendo la innovación y la sostenibilidad en el tratamiento de aguas residuales.

Figura 3

Evolución de la Automatización Industrial



Nota: tomado de Brunete (2020)

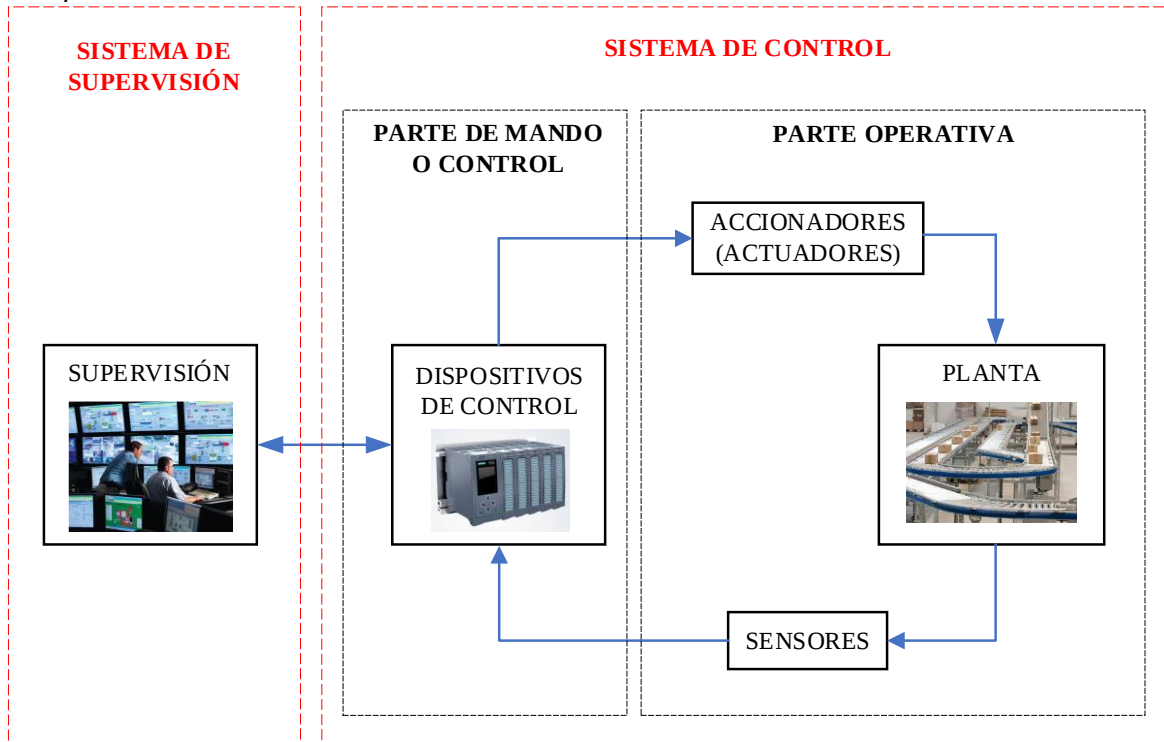
2.1.3 Componentes de la automatización industrial

La automatización industrial, considerada una disciplina esencial dentro del ámbito de la ingeniería, se sustenta en dos pilares fundamentales: los sistemas de control y los sistemas de supervisión. Ambos desempeñan un papel clave en la optimización de procesos, garantizando la eficiencia, seguridad y calidad en las operaciones industriales. A continuación, detallaremos de cada uno de estos sistemas.

2.1.3.1 Sistemas de control. Según define García (1999), en los sistemas de control, un conjunto de elementos interrelacionados entre sí que permite comandar, regular o dirigir a otro sistema o a si mismo dinámicamente. Los sistemas de control se componen de dos partes claramente diferenciadas: parte operativa y parte de control o mando.

Figura 4

Componentes de la automatización industrial



Nota: tomado de García (1999)

• **Parte operativa.** La parte operativa es la parte que actúa directa y físicamente sobre la planta, está compuesta por la Instrumentación industrial y potencia. Según Morales (2007), la instrumentación industrial se define como la disciplina que se encarga de medir, controlar y registrar las variables de un proceso, mejorando la productividad de las empresas al permitir operaciones rápidas y confiables, simplificando el mantenimiento de las instalaciones y controlando los procesos en tiempo real. Esto resulta en un ahorro de tiempo y dinero. Los instrumentos utilizados en la instrumentación industrial permiten verificar lo que está sucediendo en un proceso específico.

Los componentes de la instrumentación industrial son los siguientes:

Sensores: dispositivos que permiten a la parte de mando o control conocer el estado de la parte operativa. Los sensores permiten medir las variables de un proceso y se conectan a las entradas del sistema de control. Los sensores convierten una variable física o química (temperatura, presión, velocidad, entre otros) a una variable eléctrica (voltaje, corriente, resistencia, capacitancia e inductancia).

Figura 5

Sensores



Nota: tomado de https://www.lacasadelcontrol.com.mx/autonics_sensores.html

Actuadores: un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: presión neumática, presión hidráulica y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico. Los actuadores son dispositivos encargados de efectuar acciones físicas ordenadas por algún sistema de control. Como ejemplo podemos nombrar a las luminarias, motores de corriente continua y alterna, cilindros neumáticos, accionadores hidráulicos, compresores, bombas, etc.

Figura 6

Actuadores



VÁLVULAS

MOTORES

BOMBAS

Nota: tomado de <https://es.slideshare.net/slideshow/actuadores-elementos-finales/106046917#6>

• **Parte de mando o control.** Es la parte encargada de realizar el control de las diversas variables del proceso. Coordina las distintas operaciones encaminadas a mantener a la parte operativa bajo un determinado funcionamiento preestablecido de antemano en las especificaciones de diseño. La parte de mando se suele implementar con RTU (*Remote Terminal Units*) y PLC.

Figura 7

RTU y PLC



Nota: tomado de <https://www.lymcapacitacion.com/blog/20233/plcyrtu>

2.1.3.2 Sistemas de supervisión. Según Colomer (2000), se indica que en la industria se emplean intensivamente los sistemas Scada como herramientas de supervisión y control. Como su nombre lo sugiere, estos sistemas tienen funcionalidades de centralización, adquisición de datos, control y supervisión de procesos. En consecuencia, podemos afirmar que representan el estado actual de esta disciplina en los entornos industriales.

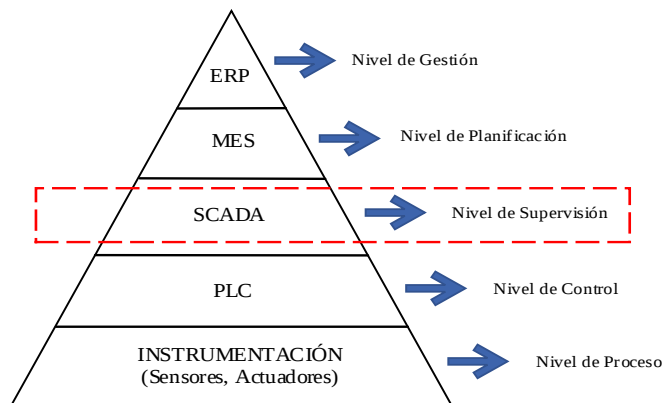
Un Scada es una aplicación o conjunto de aplicaciones de *software* que supervisa y controla procesos mediante el uso de sensores, actuadores, controladores programables, redes de comunicación digital y una interfaz gráfica de alto nivel para la comunicación con el usuario final. Entre las funcionalidades básicas de un sistema Scada se destacan los siguientes:

- La adquisición y almacenamiento de datos
- La representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de estas mediante alarmas.

- Control, actuando sobre autómatas y reguladores autónomos (consignas, alarmas, menús, etc.) o directamente sobre el proceso a través de E/S remotas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, ya sean locales o distribuidas en redes de comunicación.

Figura 8

Sistema Scada



Nota: tomado de García (1999)

2.1.4 Lógica de control

La implementación de la automatización industrial puede llevarse a cabo de dos maneras: mediante lógica cableada y lógica programada.

2.1.4.1 Automatización con lógica cableada. El nombre de esta técnica proviene del tipo de componentes utilizados en su implementación. En la tecnología eléctrica, las conexiones físicas se realizan a través de cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores, entre otros.

Tabla 2

Equipos empleados en lógica cableada.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMAGEN REFERENCIAL
RELÉ	Es un dispositivo eléctrico que cumple la función de apertura o cierre de circuitos eléctricos	
MOTORES ELÉCTRICOS	Los motores convierten energía eléctrica en mecánica para realizar un determinado trabajo	
PULSADORES	Son elementos de accionamiento que sirven para abrir o cerrar un circuito de control, permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos	
CONTACTOR	Es un dispositivo eléctrico que cumple la función de apertura o cierre de circuitos eléctricos, la principal diferencia con el relé radica en su potencia: los contactores son diseñados para comandar potencias elevadas	
VÁLVULA	Es un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.	

Nota: tomado de Colomer (2000)

2.1.4.2 Automatización con lógica programada. Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la invención del microprocesador y el avance del *software*, lo que permite tener un sistema de automatización flexible en el cual, al cambiar el programa de control, se altera el comportamiento del equipo y del proceso.

Debido a los altos niveles de integración alcanzados en la microelectrónica, el uso de esta tecnología ha crecido, ofreciendo varias ventajas.

- Gran flexibilidad
- Capacidad para realizar cálculos científicos

- Implementación de algoritmos complejos de control de procesos
- Arquitecturas de control distribuido
- Comunicaciones y gestión

Como desventajas a corto y medio plazo, se requiere que las empresas cuenten con personal calificado para realizar las labores de programación y configuración de estos equipos; sin embargo, con el tiempo, el nivel de fiabilidad y disponibilidad de estos sistemas ha mejorado notablemente.

2.1.5 Controladores lógicos programables

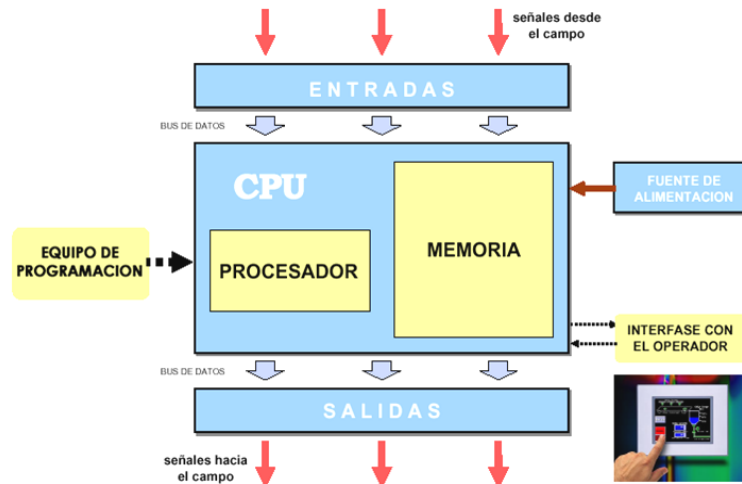
Según Barrientos (2014) se define un autómata programable como un computador digital diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real y con capacidad de trabajar en ambientes industriales. La NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) define un autómata programable como un aparato electrónico digital que emplea una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones que implementan funciones lógicas, secuenciales, temporizadores, contadores y aritméticas, para controlar a través de módulos de entradas/salidas digitales y analógicas diferentes tipos de máquinas o procesos.

Los autómatas programables se denominan asimismo controladores lógicos programables o PLC y sirven para realizar automatismos. Es un equipo electrónico que ejecuta programas informáticos con el objetivo de controlar procesos secuenciales.

El autómata programable tiene por tanto una arquitectura de computador de uso especializado, para conexionar los elementos de la CPU y los diferentes módulos internos utiliza una conexión interna tipo bus.

Figura 9

Esquema general de la arquitectura de un autómata programable



Nota: tomado de Barrientos (2014)

2.1.5.1 Componentes de un PLC. Atendiendo a los requerimientos de facilidad de ampliación y sencillez de mantenimiento, los PLC poseen una arquitectura de tipo modular. Los módulos se colocan en un rack y pueden ser ampliados o sustituidos de forma sencilla. Un PLC está formado por las siguientes componentes:

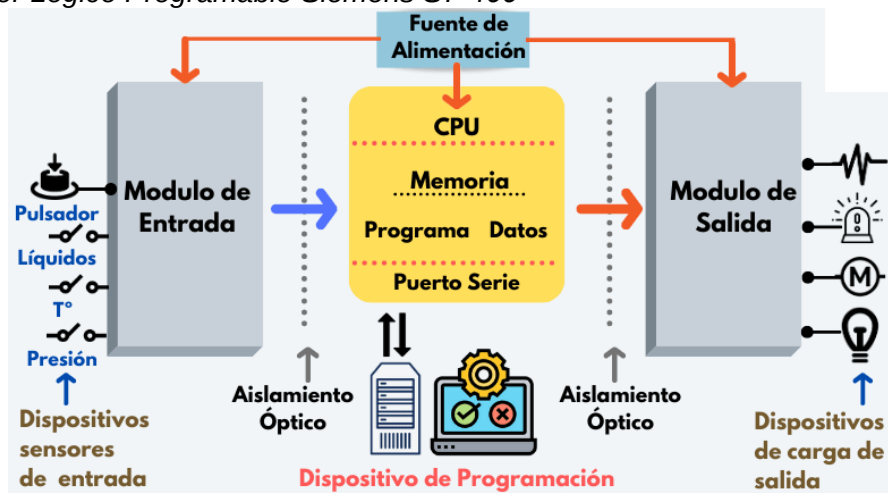
- Módulos de entrada: estos permiten al PLC recibir señales (digitales o analógicas) de los sensores presentes en el proceso industrial.
- Módulo de salida: a través de estos, el PLC transmite al proceso industrial los valores de salida (digitales o analógicos) necesarios para controlar el proceso.
- Unidad central de procesamiento (CPU): esta es responsable de ejecutar las operaciones lógicas especificadas en el programa de control. En los primeros PLC, la CPU estaba implementada con un microprocesador; actualmente se utilizan microcontroladores.
- Fuente de alimentación: proporciona energía eléctrica DC para todos los circuitos internos del PLC.
- Unidad de programación externa: permite elaborar, cargar y descargar el programa en el PLC. Inicialmente, estas unidades de programación eran específicas de cada

fabricante, pero actualmente es común utilizar un computador personal como unidad de programación.

- Módulos de comunicación, que permiten al PLC comunicarse con otros equipos o sistemas informáticos mediante determinados protocolos como: RS-232, RS-485, Ethernet, entre otros.

Figura 10

Controlador Lógico Programable Siemens S7-400



Nota: tomado de Barrientos (2014)

2.1.6 Redes de comunicación industrial

Según Hurtado (2003), se señala que las redes de comunicación Industrial deben poseer características particulares para responder a las necesidades de intercomunicación en tiempo real. Están diseñadas para trabajar en entornos industriales donde existen gran cantidad de ruido electromagnético y de radio frecuencia. Las redes de comunicación industrial se pueden dividir en dos niveles; un primer nivel de comunicación a nivel de campo y un segundo nivel de comunicación hacia el Scada. En ambos casos la transmisión de datos se realiza en tiempo real o, por lo menos, con una demora que no es significativa respecto de los tiempos del proceso. En la tabla 3 se muestra una tabla comparativa de las redes de comunicación más utilizadas en la industria en referencia a sus características.

Tabla 3*Redes de Comunicación Industrial*

Protocolo	Velocidad Máx.	Topología	Medio físico	Tipo de comunicación	Longitud máx. del bus	Aplicación	Características Especiales
Modbus	115 kbps	Bus, Línea	RS-232, RS-485	Maestro-Esclavo	1200 m (RS-485)	Sensores, PLC	Simple, bajo costo, sin autenticación avanzada
PROFIBUS FMS	500 kbps	Bus	Cable de cobre	Multimaestro	1.2 km (repetidores)	Comunicación entre controladores	Manejo de grandes volúmenes de datos
PROFIBUS DP	12 Mbps	Bus, Estrella	RS-485	Maestro-Esclavo	100-1200 m (según velocidad)	Tiempo real para automatización	Alta velocidad, dispositivos de E/S
PROFIBUS PA	31.25 kbps	Bus	Par trenzado (alimentación por bus)	Maestro-Esclavo	1900 m	Zonas peligrosas y procesos industriales	Certificación ATEX, ideal para ambientes explosivos
Ethernet Industrial	1 Gbps	Estrella, Anillo	Par trenzado, fibra óptica	TCP/IP	100 m (par), 10 km (fibra)	Fábricas y control de planta	Integración con IT, admite múltiples protocolos

Nota: tomado de Salazar (2013)

2.1.6.1 Modbus. Durante las comunicaciones en una red Modbus, el protocolo establece cómo cada controlador identificará las direcciones, decidirá si un mensaje está destinado a él, determinará la acción a realizar y extraerá los datos del mensaje.

Actualmente, existen varias versiones del protocolo Modbus: ASCII, RTU y TCP/IP.

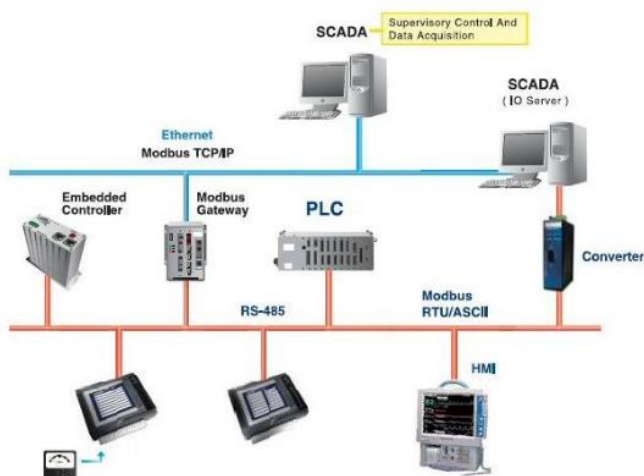
- **Modbus ASCII:** en el modo ASCII, cada byte en un mensaje se transmite como dos caracteres ASCII. La principal ventaja de este modo es que permite intervalos de tiempo de hasta un segundo entre caracteres sin provocar errores.
- **Modbus RTU:** en el modo RTU, cada byte contiene dos dígitos hexadecimales de 4 bits. La principal ventaja de este modo es que su mayor densidad de caracteres proporciona un mejor rendimiento que el modo ASCII a la misma velocidad. Cada mensaje debe transmitirse en un flujo continuo.
- **Modbus TCP/IP:** variante del protocolo Modbus que permite su uso sobre la capa de transporte TCP/IP, lo que permite que Modbus-TCP se utilice en Internet. Se ha convertido en un estándar industrial de facto debido a su simplicidad, bajo costo,

requisitos mínimos en componentes de hardware, y, sobre todo, porque es un protocolo abierto.

En la figura 11 vemos un ejemplo de red con el protocolo Modbus, con una *gateway* haciendo la conexión entre los dos tipos de Modbus, el serial sobre RS-485 y el TCP/IP en ethernet. El maestro de la red, que en este caso es un PLC envía y recibe datos de los esclavos, que son un inversor de frecuencia, una HMI, un controlador de temperatura y una interfaz de I/O. La estación maestra inicia la comunicación solicitando que los esclavos envíen sus datos, los esclavos por su parte, reciben el pedido del maestro y devuelven los datos solicitados. Los datos transmitidos pueden ser discretos o números, es decir, es posible enviar un bit para encender o apagar un motor o enviar valores numéricos como temperatura y presión.

Figura 11

Protocolo de Comunicación Modbus



Nota: tomado de <https://blog.suileraltamirano.com/protocolo-modbus/>

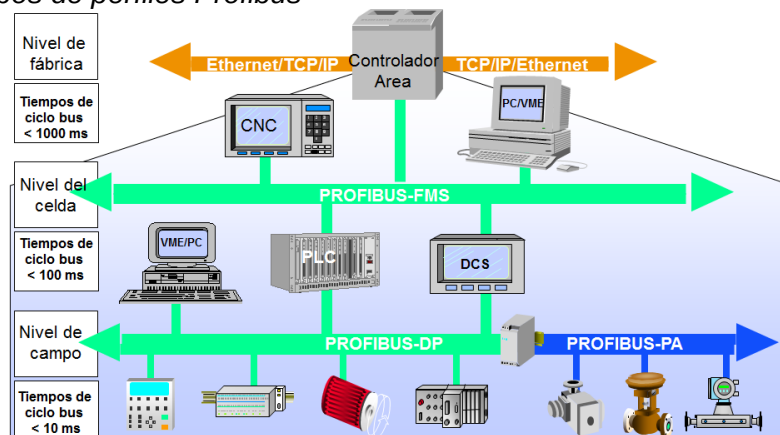
2.1.6.2 Profibus. Según Guerrero (2001), se indica a Profibus como uno de los buses con mayor implantación tanto a nivel europeo como mundial y ha sido desarrollado sobre la base del modelo ISO/OSI (*International Standard Organization/Open System Interconnect*) para el servicio de comunicación de datos.

Existen tres principales perfiles distintos de Profibus:

- Profibus FMS (*Biendabas Message Especificación*): está implementado en el nivel 7 del modelo OSI, su aplicación es la transferencia de grandes volúmenes de datos entre diferentes dispositivos inteligentes conectados en una misma red. El sistema está basado en una estructura Cliente-Servidor.
- Profibus DP (*Distributed Peripheral*): Su aplicación está basada en el intercambio a gran velocidad de un volumen medio de información entre un controlador, que hace las funciones de maestro, y diferentes controladores, módulos de E/S, convertidores de frecuencia, paneles de visualización, entre otros, que actúan como dispositivos esclavos distribuidos por el proceso y conectados a una misma red de comunicaciones. Profibus DP trabaja dentro de los niveles 1 y 2 del modelo OSI y bajo las especificaciones de la norma física RS-485.
- Profibus PA (*Process Automation*): Es un caso ampliado de Profibus DP, diseñado para trabajar en control de procesos y en zonas denominadas "Ex" de seguridad intrínseca. Este perfil está basado en la norma IEC 1158-2.

Figura 12

Estructura y tipos de perfiles Profibus



Nota: tomado de Guerrero (2001)

2.1.6.3 Ethernet industrial. La tecnología Ethernet ha tenido un gran éxito durante muchos años, especialmente cuando se combina con *switching*, *full dúplex* y *autosensing*. Esto ofrece al usuario la posibilidad de ajustar el rendimiento de la red según las exigencias del proceso. La velocidad de transmisión de datos se puede seleccionar de

acuerdo con las necesidades específicas. Ethernet cuenta con características clave que pueden proporcionar ventajas significativas:

- Puesta en marcha rápida gracias a un sistema de conexión extremadamente simple.
- Alta disponibilidad, las instalaciones existentes pueden expandirse sin efectos negativos.
- Rendimiento de comunicación prácticamente ilimitado, si es necesario, se puede escalar el rendimiento aplicando tecnología de conmutación y altas velocidades de transferencia de datos.
- Interconexión de diversas áreas de una empresa, como oficinas y centros de producción.
- Comunicación a nivel corporativo gracias a la posibilidad de acoplamiento a redes WAN (*Wide Area Network*) como Internet.

Existen varias implementaciones de Ethernet:

- EtherNET / IP de Rockwell
- PROFINET de Siemens
- HSE (High Speed Ethernet) de Fieldbus Foundation
- IDA de Schneider Electric
- MODBUS TCP de Phoenix Contact

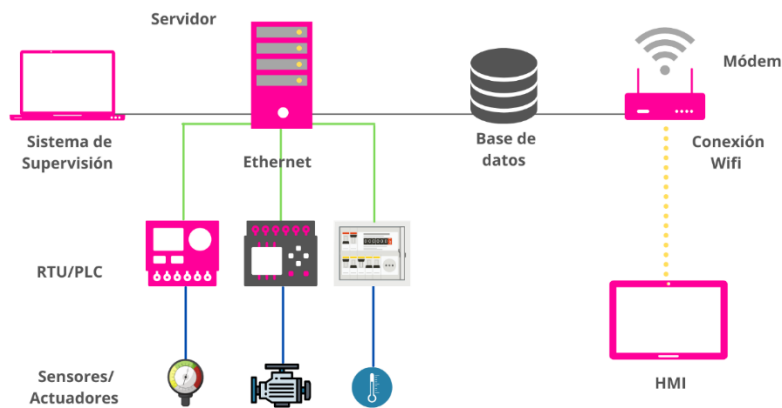
2.1.7 Sistemas Scada

Según Pérez (2006), se define a los sistemas Scada como una aplicación o conjunto de aplicaciones de *software* especialmente diseñadas para funcionar en computadoras de control de producción, con acceso a la planta mediante comunicación digital con sensores y actuadores, e interfaz gráfica de alto nivel para el operador, como pantallas táctiles y lápices ópticos, entre otros.

Aunque inicialmente era solo un programa para supervisión y adquisición de datos en procesos de control, en los últimos años han surgido una serie de productos de hardware y buses especialmente diseñados o adaptados para este tipo de sistemas. El sistema permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso de forma automática desde la pantalla del computador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada fácilmente. Además, proporciona a diversos usuarios toda la información generada en el proceso productivo.

Figura 13

Arquitectura Scada

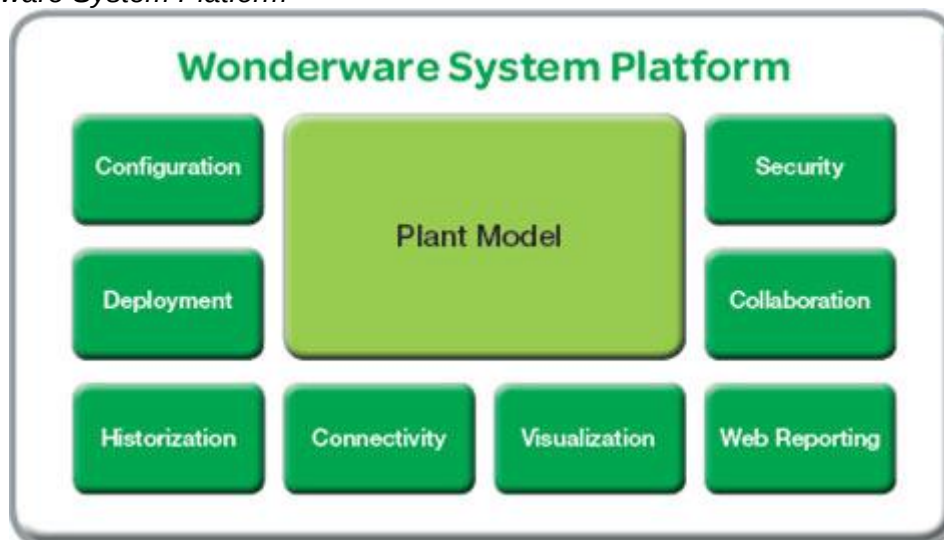


Nota: tomado de <https://www.nunsys.com/scada/>

2.1.7.1 Solución Scada: Wonderware System Platform. *Wonderware System Platform* es una plataforma de software industrial basada en la tecnología *ArchestrA* de *Wonderware*, diseñada para implementar sistemas *Scada*. *System Platform* ofrece un conjunto integrado de servicios y un modelo de datos extensible, facilitando la gestión del control de planta y los sistemas de administración de información. Además, *System Platform* soporta tanto la capa de control de supervisión como la capa del sistema de ejecución de fabricación (MES), presentándolas como una única fuente de información. Las aplicaciones modulares se construyen sobre la plataforma del sistema.

Figura 14

Wonderware System Platform



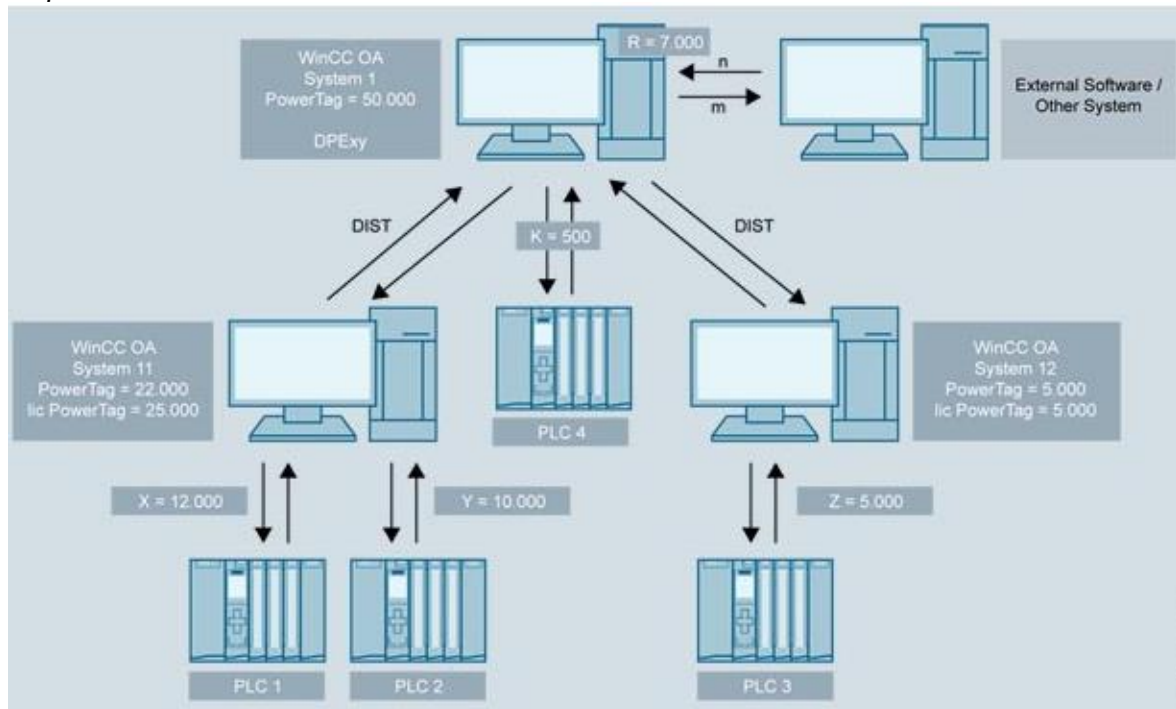
Nota: tomado de <http://www.microcon.co.in/system-platform.asp>

2.1.7.2 Solución Scada: Simatic WinCC. *Simatic WinCC* es un sistema de visualización de procesos escalonado y dotado de potentes funciones para la supervisión de procesos automatizados elaborado por Siemens. *WinCC* aporta funcionalidad Scada completa en Windows para todos los sectores, desde sistemas monopuesto hasta sistemas multipuesto distribuidos con servidores redundantes y soluciones para todos los lugares de instalación con clientes Web. *WinCC* se caracteriza, sobre todo, por su carácter abierto. Su rendimiento puede combinarse fácilmente con programas estándar y de usuario, a fin de poder conseguir soluciones HMI que cumplen exactamente los requisitos de la práctica. A través de interfaces de dominio público, las empresas de sistemas informáticos pueden desarrollar sus propias aplicaciones para complementar *WinCC*.

WinCC es un sistema moderno con interfaz de usuario de fácil manejo, que se utiliza tanto en oficinas como en producción, con funciones perfeccionadas y fiables, configurable con eficacia y escalable para tareas sencillas y complejas. Con la base de datos de procesos integrada, *WinCC* proporciona una plataforma de información para la integración vertical y a nivel de empresa; además, con *Plant Intelligence* garantiza una mayor transparencia en la producción.

Figura 15

Arquitectura SIMATIC WinCC



Nota: tomado de <https://support.industry.siemens.com/cs/document>

2.1.7.3 Solución Scada: CITECT. *CITECT Scada*, ahora conocido como AVEVA

Plant Scada se destaca por su enfoque en la automatización industrial, priorizando alta disponibilidad y personalización. Esta solución permite la supervisión en tiempo real de procesos industriales mediante interfaces gráficas (HMI) personalizables, facilitando la interacción del operador. Sus alarmas configurables no solo alertan sobre fallas, sino que también registran eventos históricos para optimización y mantenimiento continuo. Además, ofrece alto nivel de personalización a través del lenguaje Cicode, lo que permite adaptar la funcionalidad del sistema a los requisitos específicos de cada planta, siendo ideal para proyectos complejos en sectores críticos como el tratamiento de agua. La arquitectura redundante asegura la continuidad operativa en caso de fallos de hardware o red, proporcionando alta disponibilidad en sectores donde el tiempo de inactividad es crítico, como energía y aguas. También es compatible con una amplia variedad de PLC y dispositivos industriales, utilizando protocolos como Profibus, Modbus y Ethernet/IP, lo que facilita la integración en entornos industriales heterogéneos. En comparación con otras

soluciones Scada como *Wonderware* (AVEVA InTouch HMI), CITECT sobresale en configuraciones avanzadas y personalizadas mientras *Wonderware* prioriza la facilidad de uso e integración empresarial. En conclusión, es una solución robusta y flexible, ideal para industrias que requieren supervisión continua y precisa, combinando alta disponibilidad y personalización avanzada para mantener operaciones críticas sin interrupciones.

2.2 Marco conceptual

En el marco conceptual se describe cómo es el proceso de tratamiento de aguas residuales, la instrumentación y criterios de diseño para el control de supervisión del proceso y finalmente se detalla la normativa que especifica los procesos de tratamiento de aguas residuales.

2.2.1 Descripción del proceso de tratamiento de aguas residuales

En esta sección, se detalla el proceso general del tratamiento de aguas residuales en la PTAR de Pachacútec-Ventanilla.

2.2.1.1 Tratamiento primario (pretratamiento). El sistema de pretratamiento de la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) es la etapa inicial que prepara el agua para su tratamiento posterior, eliminando sólidos grandes y contaminantes que podrían dañar los equipos o afectar la eficiencia del proceso. Su principal objetivo es proteger las bombas, tuberías y sistemas, evitando obstrucciones y reduciendo costos de mantenimiento.

El proceso comienza con las rejas o cribas, que retienen objetos grandes como plásticos, trapos o ramas. Luego, el agua pasa por los desarenadores, donde las partículas pesadas, como arena y grava, se sedimentan en el fondo del tanque, evitando la abrasión en los equipos. Después, el separador de grasas elimina aceites y grasas flotantes, impidiendo que estas sustancias interfieran en el tratamiento biológico. Adicionalmente, el separador de arenas se encarga de eliminar más aun los sólidos del agua tratada.

Este pretratamiento es crucial para mejorar la eficiencia del tratamiento, ya que al reducir la carga contaminante inicial se optimizan las etapas posteriores. Además, disminuye el desgaste de los equipos, extendiendo su vida útil y minimizando interrupciones operativas. En resumen, el pretratamiento permite que la PTAR funcione de manera óptima, garantizando un proceso sostenible que protege tanto el sistema como el medio ambiente.

2.2.1.2 Tratamiento secundario. El sistema secundario de la PTAR es clave para eliminar la materia orgánica disuelta en el agua mediante procesos biológicos. Los dos componentes principales de esta etapa son el sistema de aireación y el sistema de clarificación.

a. Sistema de Aireación. Este proceso introduce aire al agua residual para promover el crecimiento de bacterias y microorganismos que descomponen la materia orgánica. Estas bacterias utilizan el oxígeno para metabolizar los contaminantes, convirtiéndolos en sustancias más simples. El sistema puede ser de aireación mecánica (paletas o agitadores) o de aireación por difusores (burbujas finas de aire). La eficiencia del proceso depende de una buena mezcla de oxígeno, agua y microorganismos.

b. Sistema de Clarificación. Una vez que el agua ha sido tratada en el proceso de aireación, pasa al tanque de clarificación. Aquí, los sólidos biológicos, formados por los microorganismos y la materia orgánica digerida, se sedimentan en el fondo del tanque, formando lo que se conoce como lodo activado. El agua clarificada, ahora libre de sólidos, puede pasar a procesos adicionales de tratamiento o ser descargada. Parte del lodo sedimentado se recircula al sistema de aireación para mantener la población de microorganismos, mientras que el excedente se trata y dispone adecuadamente.

Como beneficios del sistema secundario se tienen los siguientes:

- Eliminación eficaz de materia orgánica
- Reducción de sólidos en suspensión
- Recirculación de lodo activado para mantener la eficiencia del proceso biológico

2.2.1.3 Unidad de desinfección. El sistema de desinfección de la PTAR es la etapa final del tratamiento, diseñada para eliminar o inactivar los microorganismos patógenos que aún pueden estar presentes en el agua tratada, como bacterias, virus y parásitos, antes de su descarga o reutilización. El objetivo principal es garantizar que el agua sea segura para el medio ambiente y la salud pública. El método usado es el de la cloración debido a su eficacia, bajo costo y facilidad de aplicación. Consiste en la adición de cloro o compuestos clorados al agua tratada para eliminar o inactivar microorganismos patógenos, como bacterias, virus y parásitos, que pueden representar un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.

Como beneficios de la unidad de desinfección se tienen los siguientes:

- Eliminación de patógenos: asegura que el agua tratada sea segura para su descarga o reutilización.
- Protección de la salud pública: reduce el riesgo de transmisión de enfermedades a través del agua.
- Cumplimiento normativo: permite que la planta cumpla con los estándares de calidad de agua establecidos por las autoridades.

2.2.1.4 Tratamiento de lodos. El tratamiento de lodos de la PTAR es una etapa clave para manejar y reducir los residuos sólidos generados durante el proceso de tratamiento del agua. Los dos procesos principales en esta fase son el sistema de recirculación y el sistema de deshidratación.

a. Sistema de recirculación de lodos. Este sistema gestiona el lodo activado que se forma en el proceso de tratamiento biológico (aireación y clarificación). Parte del lodo sedimentado en los clarificadores se recircula de nuevo al sistema de aireación para mantener una alta concentración de microorganismos, lo que asegura una descomposición eficiente de la materia orgánica. El resto del lodo (excedente) se destina a procesos de espesamiento y deshidratación.

b. Sistema de deshidratación de lodos. Una vez que los lodos excedentes se separan, deben ser deshidratados para reducir su volumen y facilitar su disposición final.

Como beneficios del Tratamiento de Lodos se tienen los siguientes:

- Reducción de volumen: facilita su manejo y disposición final.
- Reciclaje de nutrientes: los lodos tratados se pueden utilizar como fertilizante.
- Minimización de impactos ambientales: el tratamiento adecuado evita la contaminación del suelo y el agua.

2.2.2 Instrumentación en el proceso de tratamiento de aguas residuales

En esta parte se describen los instrumentos utilizados en la automatización del proceso de tratamiento de aguas residuales. Se detalla de manera resumida el funcionamiento de cada instrumento de mayor relevancia utilizado.

2.2.2.1 Transmisor de presión. Los transmisores de presión requieren de un sensor que mida el valor de presión y lo transforme en una señal eléctrica. Esto se consigue mediante la tensión física de un extensómetro depositado sobre un diafragma en contacto con el fluido de presión. La presión aplicada al transmisor produce una tensión mecánica en el diafragma que genera una tensión eléctrica a través del extensómetro. Esta tensión mecánica provoca un cambio de la resistencia eléctrica proporcional a la presión. Este tipo de transmisores de presión son especialmente útiles para transmitir la señal a largas distancias debido a que su señal de salida de 4-20 mA se ve muy poco afectada por el ruido eléctrico y no sufre el impacto de caídas de tensión a través del cable de conexión.

Figura 16

Transmisor de Presión



Nota: tomado de <https://www.gometrics.net/producto/transmisores-de-presion-manometrica/>

2.2.2.2 Transmisor de flujo ultrasónico. El principio de medición del transmisor de flujo por ultrasonido está basado en el tiempo de tránsito ultrasónico. En el tubo exterior de medición se encuentran dos elementos ultrasónicos que se usan como transmisor y receptor, enviando una señal ultrasónica en el sentido de la corriente y, posteriormente, en sentido inverso. La diferencia entre ambas velocidades ultrasónicas es proporcional a la velocidad media del flujo.

Figura 17

Transmisor de Flujo Ultrasónico



Nota: tomado de <http://www.qtlflow.com/ultrasonic-flow-meter/multi-channel-ultrasonic-flow-meter.html>

2.2.2.3 Transmisor de nivel tipo radar. El principio de medición es la distancia a la superficie que se mide por medio de pulsos cortos de radar, los que se transmiten desde la antena que se encuentra en la parte superior del depósito. Cuando un pulso de radar alcanza un medio con una constante dieléctrica diferente, parte de la energía se refleja de vuelta al transmisor. La diferencia de tiempo entre el pulso transmitido y el reflejado es proporcional a la distancia hasta la superficie del producto, a partir de la cual se calculan el nivel, el volumen y la velocidad de variación del nivel.

Figura 18

Transmisor de Nivel Tipo Radar



Nota: tomado de <https://www.corsusa.com/product/instrumentacion-y-automatizacion/transmisor-de-nivel>

2.2.2.4 Válvula de control. La válvula es un instrumento de regulación y control de fluido. Una definición más completa describe la válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Hay que diferenciar que existen válvulas que dejan pasar un fluido en un sentido y lo impiden en el contrario (incluido el llamado fluido eléctrico), como suele suceder en el uso de válvulas industriales.

Figura 19

Válvula de Control



Nota: tomado de <https://www.valfonta.com/valvula-de-control/>

2.2.2.5 Interruptor de nivel. Todos los controles de nivel de líquido operados por flotador funcionan según el principio básico de flotabilidad, que establece que un cuerpo (flotador) sumergido en un líquido es impulsado hacia arriba por una fuerza igual a la masa del líquido desplazado. Como resultado, los flotadores se mantienen sobre la superficie del líquido parcialmente sumergidos y se mueven una distancia igual al desplazamiento del nivel del líquido.

Figura 20

Interruptor de Nivel



Nota: tomado de <https://www.tavicce-marjop.com/producto/interruptor-de-nivel>

2.2.2.6 Interruptor de presión. También conocido como presostato. El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unan dos contactos. Cuando la presión baja, un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Figura 21

Interruptor de Presión



Nota: tomado de <https://intrial.com.pe/producto/interruptor-de-presion>

2.2.3 Normativas en el proceso de tratamiento de aguas residuales

Existen una amplia variedad de normativas y regulaciones internacionales que se aplican al tratamiento de aguas residuales, cada una de ellas diseñada para garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública. A continuación, procederemos a describir en detalle las normativas más importantes:

2.2.3.1 Normas internacionales. Para el tratamiento de aguas residuales a nivel internacional, tenemos las siguientes principales normativas:

- **Directiva Marco del Agua (UE):** la Directiva 2000/60/CE de la Unión Europea establece un marco para la protección de todas las aguas (superficiales, subterráneas y costeras). Su objetivo es prevenir y reducir la contaminación, promover el uso sostenible del agua y garantizar la mejora del estado de los ecosistemas acuáticos.
- **Normas de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA):** en los Estados Unidos, la EPA regula el tratamiento de aguas residuales bajo la *Clean Water Act* (Ley de Agua Limpia). Esta ley establece estándares para las descargas

en cuerpos de agua y controla las fuentes de contaminación, incluidas las plantas de tratamiento.

- **Normas ISO:** la Organización Internacional de Normalización (ISO) tiene varias normas específicas para el tratamiento de aguas residuales:
- ISO 24511:2007: proporciona directrices para la gestión de las infraestructuras de saneamiento.
- ISO 14001: esta norma de gestión ambiental se aplica a todas las actividades industriales, incluidas las plantas de tratamiento de aguas residuales, para asegurar que las operaciones sean respetuosas con el medio ambiente.
- **Organización Mundial de la Salud (OMS):** la OMS establece recomendaciones para el uso seguro de aguas residuales tratadas en agricultura e industria, con el objetivo de minimizar riesgos para la salud pública.
- **Convención de Ramsar:** este tratado internacional tiene como objetivo la conservación y el uso racional de los humedales. Las plantas de tratamiento de aguas residuales que descargan en humedales protegidos están sujetas a restricciones adicionales para evitar la degradación de estos ecosistemas.

2.2.3.2 Legislación en el tratamiento de aguas residuales. Para el tratamiento de aguas residuales en Perú, existen legislaciones y decretos reglamentarios elaborados por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. A continuación, se detallan los más importantes:

- **Ley General de Aguas N° 17752:** Norma las actividades relacionadas con la utilización de recursos hídricos.
- **Ley de Recursos Hídricos N° 29338:** Establece las normas para la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos en el país.
- **Decreto Supremo N° 023-2009-VIVIENDA:** Reglamento de calidad del agua para consumo humano.

- **Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM:** Reglamento de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua.
- **Decreto Supremo N° 004-2017-VIVIENDA:** Reglamento de la Ley de Saneamiento, que norma la gestión, prestación y regulación de los servicios de saneamiento.
- **Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM:** Reglamento de gestión de residuos sólidos, que incluye disposiciones para el manejo de residuos en plantas de tratamiento de aguas residuales.
- **Resolución Ministerial N° 161-2010-MINAM:** Normas técnicas para la recolección y análisis de muestras de agua.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

En este capítulo se aborda el diseño y la implementación de un sistema Scada destinado al control y monitoreo del proceso de tratamiento de aguas residuales en la Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de Pachacútec-Ventanilla. Se describen en detalle los requerimientos técnicos y funcionales que guiaron el diseño del sistema, así como la descripción y la filosofía de operación de los equipos involucrados en cada una de las etapas del proceso. Asimismo, se desarrolla el diseño de la arquitectura del sistema Scada propuesto, detallando sus características de este de acorde a los requerimientos. Luego, se expone la implementación del diseño propuesto donde principalmente se detalla las pantallas de visualización de cada una de las etapas del proceso, y finalmente se muestra tablas comparativas de los registros históricos antes y después de la implementación, lo que permite visualizar el impacto positivo generado por el nuevo sistema implementado.

3.1 Requerimientos para el diseño

En este apartado se detallan los requerimientos que se deben tener en cuenta para la elaboración del diseño del sistema Scada de la PTAR de Pachacútec-Ventanilla.

3.1.1 Características geográficas de la planta

La PTAR se encuentra en la localidad de Pachacútec, distrito de Ventanilla en la provincia del Callao. La zona presenta un clima árido con temperaturas entre 15°C y 25°C. La topografía es predominantemente llana, lo que facilita la construcción y expansión de la planta. La infraestructura existente incluye redes de alcantarillado, electricidad y telecomunicaciones adecuadas, y su proximidad a vías de transporte asegura un buen acceso para el personal y el equipo necesario.

Figura 22

Ubicación geográfica



Nota: tomado de Google Maps

3.1.2 Funcionamiento de la PTAR de Pachacútec – Ventanilla

El funcionamiento de la PTAR de Pachacútec – Ventanilla está constituido por 04 etapas: Tratamiento primario, tratamiento secundario, unidad de desinfección y tratamiento de lodos. Estas etapas a su vez están constituidas por sistemas como se describe a continuación:

Tratamiento primario

- Sistema de pretratamiento

Tratamiento secundario

- Sistema de tanques aireadores 1 y 2
- Sistema de tanques aireadores 3 y 4
- Sistema de clarificadores 1 y 2
- Sistema de clarificadores 3 y 4

Unidad de desinfección

- Sistema de desinfección

Tratamiento de lodos

- Sistema de recirculación de lodos
- Sistema de deshidratación de lodos

Las etapas y sus sistemas trabajan de forma secuencial como se observa en la figura 23, mientras que el esquema de la planta general se detalla en la figura 24:

Figura 23

Etapas y Sistemas de la PTAR Pachacútec – Ventanilla

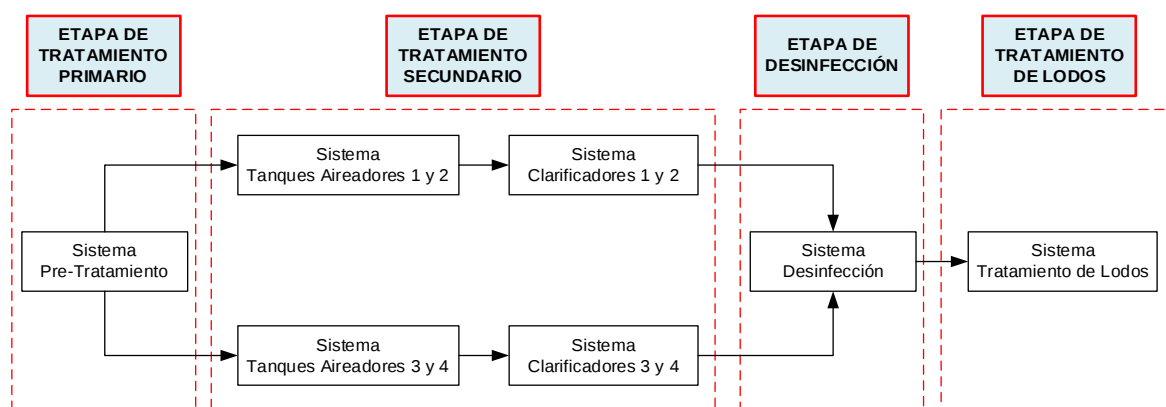
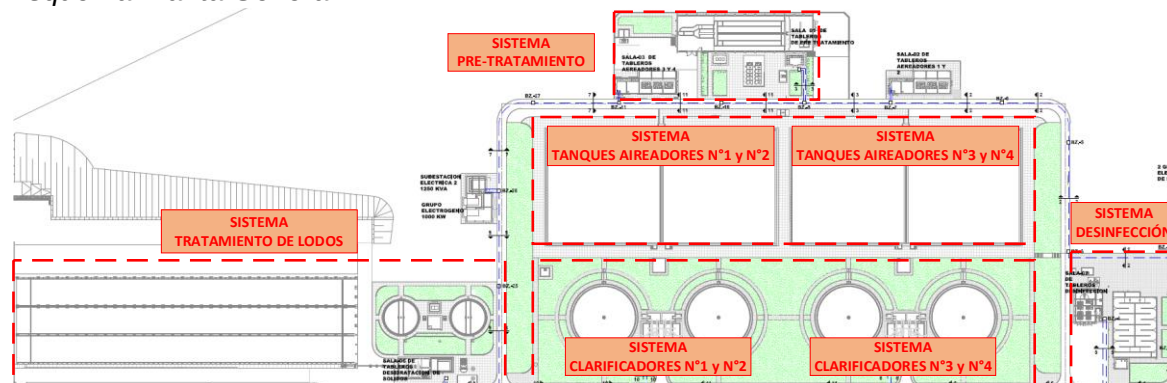


Figura 24

Esquema Planta General



Nota: tomado de Planos PTAR – Sistema de Control y SCADA – Planta General

El sistema de control y supervisión se ha diseñado para cada uno de los sistemas de operación de la PTAR el cual se tiene como planificación lo siguientes lineamientos:

- Cada sistema debe estar preparado para su enlace con el Scada del Centro de Control de la PTAR.
- Cada sistema debe funcionar en forma manual y automática.
- Cada sistema debe funcionar en forma local y remota.
- Cada sistema debe comunicarse con cada uno de sus procesos a través de sus PLC.
- Cada sistema debe comunicarse con los instrumentos de campo mediante señales digitales y de comunicación por Profibus DP.
- El Scada del Centro Control de la PTAR debe comunicarse con los PLC enlazados en una red en anillo de fibra óptica Ethernet con protocolo Modbus TCP/IP.

3.2 Descripción de las etapas y filosofía de operación de equipos involucrados

En esta sección se describirán las distintas etapas de la PTAR de Pachacútec-Ventanilla además del funcionamiento de los equipos que participan en cada una de ellas.

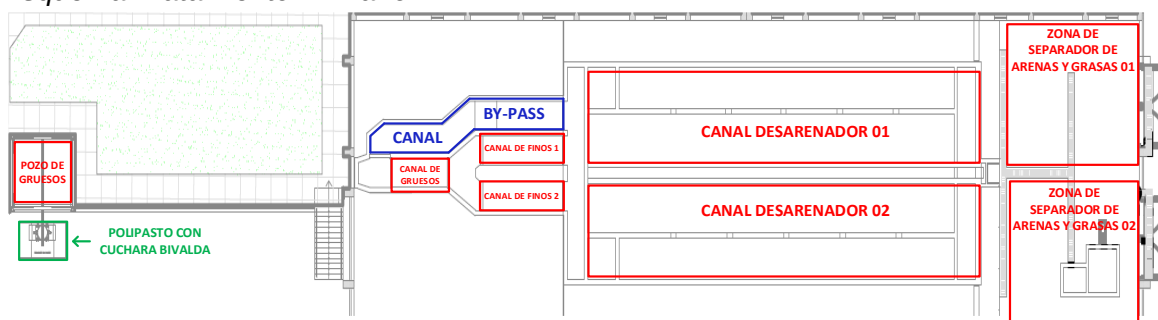
3.2.1 Tratamiento primario (sistema de pretratamiento)

El tratamiento primario o también llamado pretratamiento es la primera fase del proceso de tratamiento de aguas residuales. Su objetivo principal es eliminar sólidos grandes y partículas gruesas que podrían dañar o entorpecer los procesos posteriores. Durante esta etapa, se busca preparar el agua residual para tratamientos más avanzados, como la aireación, clarificación y desinfección.

Esta etapa se compone de un pozo de gruesos, un canal de gruesos, un canal by pass, dos canales de finos, dos canales de desarenadores y dos zonas de separadores de arenas y grasas. En la figura 25 se detalla un esquema del tratamiento primario.

Figura 25

Esquema Tratamiento Primario



Nota: tomado de Planos PTAR – Sistema de Control y SCADA – Planta General

En las tablas 4 y 5 se detallan, respectivamente, la lista de equipos e instrumentación involucrados en el tratamiento primario.

Tabla 4*Lista de equipos utilizados en el tratamiento primario.*

Tratamiento primario - Equipos		
Ítem	Tag	Descripción
1	POL-01	Polipasto de cuchara bivalva
2	CUBI-01	Cuchara bivalva
3	CTE-1A	Compuerta eléctrica de ingreso a reja gruesa
4	CTE-1B	Compuerta eléctrica de salida de reja gruesa
5	CTE-2A	Compuerta eléctrica de ingreso a reja fina 1
6	CTE-2B	Compuerta eléctrica de ingreso a reja fina 2
7	CTE-2C	Compuerta eléctrica de salida de reja fina 1
8	CTE-2D	Compuerta eléctrica de salida de reja fina 2
9	CTE-3A	Compuerta eléctrica de ingreso canal by pass
10	CTE-3B	Compuerta eléctrica de salida canal by pass
11	CTE-4A	Compuerta eléctrica ingreso a desarenadores 1
12	CTE-4B	Compuerta eléctrica ingreso a desarenadores 2
13	RJG-01	Reja mecánica gruesa
14	THR-01	Tornillo compactador de reja gruesa
15	THR-02	Tornillo compactador de reja fina
16	RJF-01	Reja mecánica fina 1
17	RJF-02	Reja mecánica fina 2
18	TRT-01	Tornillo transportador de rejillas finas
19	DPM-01	Desarenador aireado con puente móvil 1
20	DPM-02	Desarenador aireado con puente móvil 2
21	SOP-01	Soplador para desarenador 1
22	SOP-02	Soplador para desarenador 2
23	SOP-03	Soplador para desarenador 3
24	SEA-01	Separador de arena 01
25	SEA-02	Separador de arena 02
26	SEG-01	Separador de grasas 01
27	SEG-02	Separador de grasas 02
28	BIO-01	Biofiltro inorgánico / control de olores 01
29	BIO-02	Biofiltro inorgánico / control de olores 02
30	EXTC-1	Extractor centrifugo 1
31	EXTC-2	Extractor centrifugo 2
32	BOS-1A	Bomba sumergible 1 de CB1 (lixiviados de pretratamiento)
33	BOS-1B	Bomba sumergible 2 de CB1 (lixiviados de pretratamiento)
34	BOS-2A	Bomba sumergible 1 de CB5 (lixiviados de tratamiento de lodos)
35	BOS-2B	Bomba sumergible 2 de CB5 (lixiviados de tratamiento de lodos)
36	BOS-3A	Bomba sumergible 1 de CB6 (lixiviados oficina y talleres)
37	BOS-3B	Bomba sumergible 2 de CB6 (lixiviados oficina y talleres)
38	COPM-1	Compresor 1 para Dynasand
39	COPM-2	Compresor 2 para Dynasand
40	BOS-4A	Bomba sumidero - Cámara de recirculación
41	BOS-5A	Bomba sumergible 1 - Cámara de agua decantada
42	BOS-5B	Bomba sumergible 2 - Cámara de agua decantada
43	BPC-1	Bomba de recirculación 1 - presión constante
44	BPC-2	Bomba de recirculación 2 - presión constante

45	BPC-3	Bomba de recirculación 2 - presión constante
46	DOS-1A	Dosificador de nutrientes 1
47	DOS-2A	Dosificador de nutrientes 2
48	DOS-3A	Dosificador de cloruro férrico
49	DYN	Equipo de filtración Dynasand
50	VM-1-06	Válvula motorizada - salida de soplante 1 a desarenador
51	VM-1-07	Válvula motorizada - salida de soplante 2 a desarenador
52	VM-1-08	Válvula motorizada - salida de soplante 3 a desarenador
53	VEN-1A	Ventilador 1A de pretratamiento
54	VEN-1B	Ventilador 1B de pretratamiento
55	VEN-1C	Ventilador 1C de pretratamiento
56	VEN-1D	Ventilador 1D de pretratamiento

Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

Tabla 5*Lista de instrumentación utilizados en el tratamiento primario.*

Tratamiento primario - Instrumentación		
Ítem	Tag	Descripción
1	LIT-10031A	Transmisor indicador de nivel en reja gruesa
2	LE-10031A	Sensor de nivel en reja gruesa
3	LIT-10031B	Transmisor indicador de nivel en reja gruesa
4	LE-10031B	Sensor de nivel en reja gruesa
5	LSH-10031	Switch de nivel alto de reja gruesa
6	ZE-10031	limitador de par RJG-01
7	XV-10031A	Válvula solenoide A de THR-01
8	XV-10031B	Válvula solenoide B de THR-01
9	LIT-10032A	Transmisor indicador de nivel en reja fina 1
10	LE-10032A	Sensor de nivel en reja fina 1
11	LIT-10032B	Transmisor indicador de nivel en reja fina 1
12	LE-10032B	Sensor de nivel en reja fina 1
13	LSH-10032	Switch de nivel alto de reja fina 1
14	XV-10032	Válvula solenoide de RJF-01
15	ZE-10032	Sensor de posición RJF-01
16	LIT-10033A	Transmisor indicador de nivel en reja fina 2
17	LE-10033A	Sensor de nivel en reja fina 2
18	LIT-10033B	Transmisor indicador de nivel en reja fina 2
19	LE-10033B	Sensor de nivel en reja fina 2
20	LSH-10033	Switch de nivel alto de reja fina 1
21	XV-10033	Válvula solenoide de RJF-02
22	ZE-10033	Sensor de posición RJF-02
23	XV-10035A	Válvula solenoide A de THR-02
24	XV-10035B	Válvula solenoide B de THR-02
25	FIT-10041	Transmisor indicador de medición de caudal de pretratamiento
26	FE-10041	Sensor de caudal en tubería de salida de pretratamiento
27	VM-1-03	Válvula motorizada - ingreso de aire a biofiltro 1
28	VM-1-04	Válvula motorizada - ingreso de aire a biofiltro 2
29	VC-1-01	Válvula de ingreso a separador de grasas 1
30	VC-1-02	Válvula de ingreso a separador de grasas 2
31	VB-1-01	Válvula de drenaje de separador de grasas 1
32	VB-1-02	Válvula de drenaje de separador de grasas 2
33	LE-10034	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB 01
34	LIT-10034	Transmisor indicador de nivel de CB 01
35	LSL - 10034	Switch de nivel bajo CB 1
36	LSH-10034	Switch de nivel alto CB 1
37	LE-30011	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB6
38	LIT-30011	Transmisor indicador de nivel en CB 06
39	LSL - 30011	Switch de nivel bajo CB 06
40	LSH-30011	Switch de nivel alto CB 6
41	LE-40013	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB5
42	LIT-40013	Transmisor indicador de nivel en CB 05
43	LSL - 40013	Switch de nivel bajo CB 5
44	LSH-40013	Switch de nivel alto CB 5

45	XV-DPM-01	Válvula solenoide - Tolva de grasas de DPM-01
46	XV-DPM-02	Válvula solenoide - Tolva de grasas de DPM-02
47	LE-10035	Sensor de nivel - Cámara de recirculación
48	LIT 10035	Transmisor de presión - Cámara de recirculación
49	LSH-10035	Switch de nivel alto - Cámara de recirculación
50	LSL-10035	Switch de nivel bajo - Cámara de recirculación
51	PE-10051	Sensor de presión - sopladores de pretratamiento
52	PIT 10051	Transmisor de presión - sopladores de Pretratamiento
53	PE-10052	Sensor de presión - ingreso a biofiltro 1
54	PIT 10052	Transmisor de presión - ingreso a biofiltro 1
55	PE-10053	Sensor de presión - ingreso a biofiltro 2
56	PIT 10053	Transmisor de presión - ingreso a biofiltro 2
57	PE-10054	Sensor de presión - recirculación
58	XV-DOS-1A	Válvula solenoide -dosificador de nutrientes 1
59	XV-DOS-1B	Válvula solenoide -dosificador de nutrientes 2
60	LSL-10039	Switch de nivel bajo - Cámara de agua decantada
61	LSH-10039	Switch de nivel alto - Cámara de agua decantada
62	FIT-10042	Transmisor indicador de medición de caudal de ingreso a Dynasand
63	FE-10042	Sensor de caudal de ingreso a Dynasand
64	FIT-10043	Transmisor indicador de medición de caudal de ingreso a biofiltro 1
65	FE-10043	Sensor de caudal de ingreso a biofiltro 1
66	FIT-10044	Transmisor indicador de medición de caudal de ingreso a biofiltro 2
67	FE-10044	Sensor de caudal de ingreso a biofiltro 2
68	AIC-10050	Controlador de PH - pretratamiento
69	AE-10050	Sensor de PH pretratamiento
70	LE-10036	Sensor de nivel - BZ-49
71	LIT 10036	Transmisor de presión - BZ-49
72	LE-10037	Sensor de nivel - ingreso a desarenadores
73	LIT 10037	Transmisor de presión - Ingreso a desarenadores

Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

Todos los equipos e instrumentación que pertenecen al tratamiento primario se alimentan desde el tablero general TG-01 y son gobernados por el tablero de control TC-01, los cuales son diagramas unifilares son detallados en la figura 26 y la figura 27 respectivamente:

Diagrama unifilar del tablero general TG-01.



Diagrama unifilar del tablero de control TC-01.



47

3.2.1.1 Compuerta eléctrica de ingreso a reja gruesa (CTE-1A). La función de la compuerta CTE-1A es permitir o bloquear el flujo del agua que ingresa a la reja mecánica gruesa RJG-01.

3.2.1.2 Compuerta eléctrica de salida de reja gruesa (CTE-1B). La función de la compuerta CTE-1B es permitir o bloquear el flujo de agua que sale de la reja mecánica gruesa RJG-01.

3.2.1.3 Compuerta eléctrica de ingreso a reja fina 1 y 2 (CTE-2A/2B). La función de la compuerta CTE-2A es permitir o bloquear el flujo de agua que ingresa a la reja mecánica fina RJF-01, de igual manera la compuerta CTE-2B para la reja mecánica fina RJF-02.

3.2.1.4 Compuerta eléctrica de salida de reja fina 1 y 2 (CTE-2C, CTE-2D). La función de la compuerta CTE-2C es permitir o bloquear el flujo de agua que sale de la reja mecánica fina RJF-01, de igual manera la compuerta CTE-2D para la reja mecánica fina RJF-02.

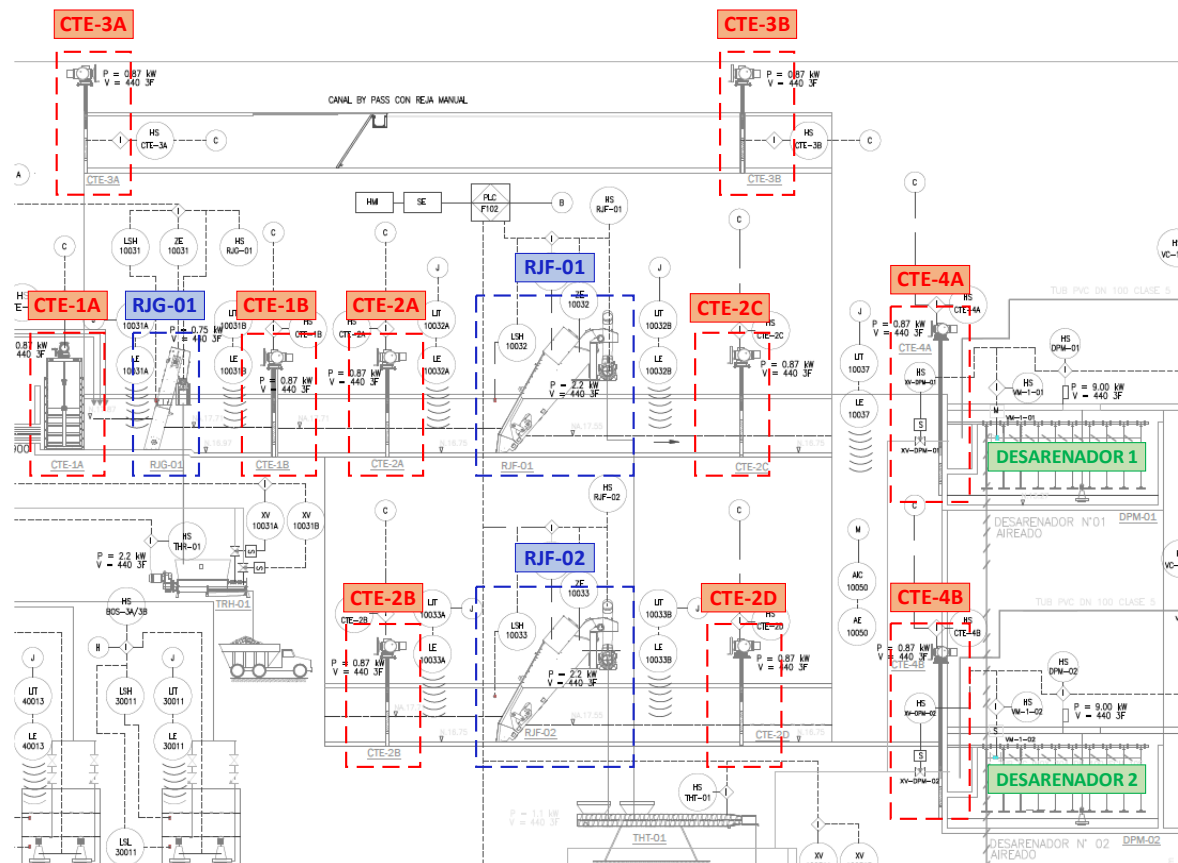
3.2.1.5 Compuerta eléctrica de ingreso a desarenadores 1 y 2 (CTE-4A/4B). La función de las compuertas CTE-4A y CTE-4B es permitir o bloquear el flujo del agua que ingresa a los desarenadores.

3.2.1.6 Compuerta eléctrica de ingreso y salida el By Pass (CTE-3A/3B). La función de las compuertas CTE-3A y CTE-3B es permitir o bloquear el flujo del agua que ingresa directamente a las compuertas CTE-4A y CTE-4B (ingreso a los desarenadores). Estas compuertas se utilizarán para casos de emergencia y/o mantenimiento.

En la figura 28, se muestra la disposición de las compuertas CTE-1A, CTE-1B, CTE-2A, CTE-2B, CTE-2C, CTE-2D, CTE-3A, CTE-3B, CTE-4A y CTE-4B en la etapa del tratamiento primario.

Figura 28

Disposición de compuertas en la etapa de tratamiento primario.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

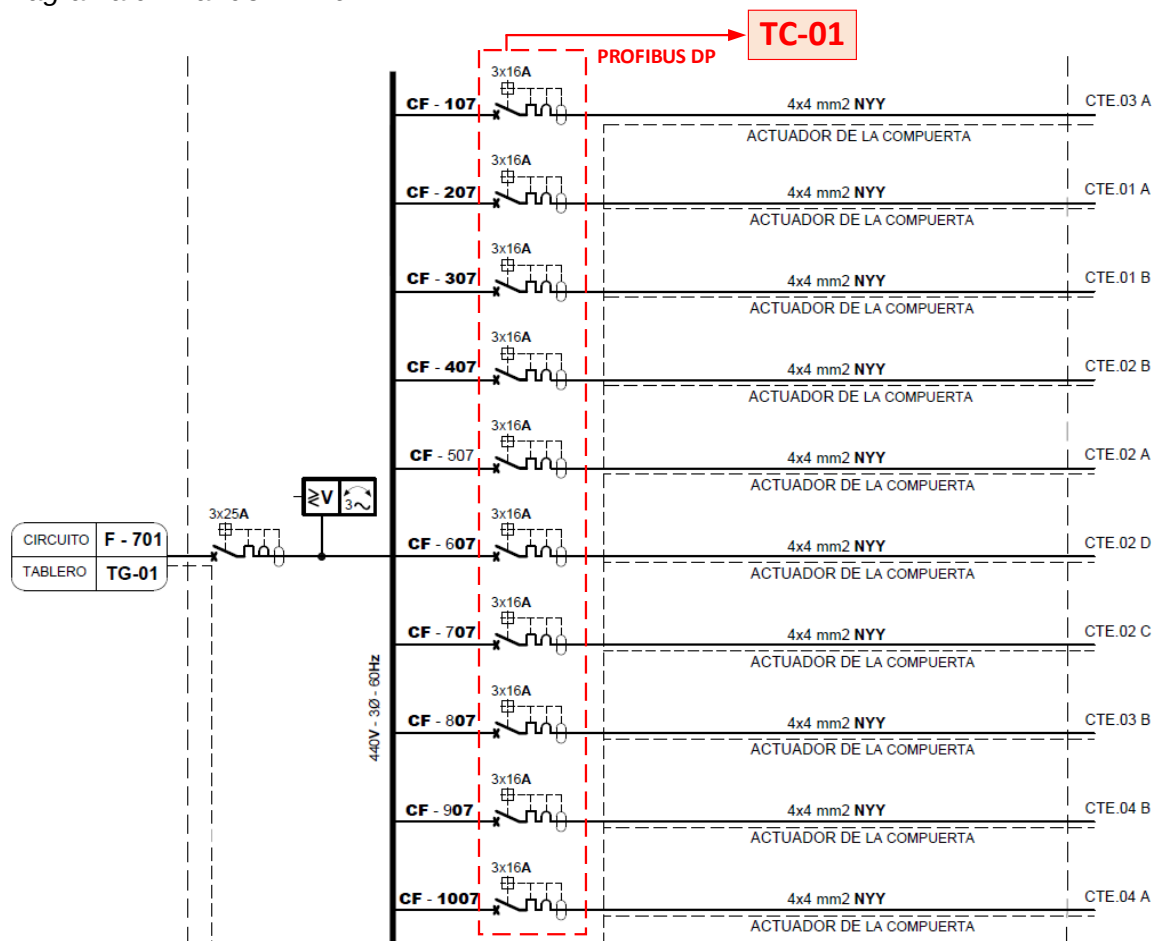
- El tablero de accionamiento de las compuertas CTE-1A, CTE-1B, CTE-2A, CTE-2B, CTE-2C, CTE-2D, CTE-3A, CTE-3B, CTE-4A y CTE-4B tiene por rótulo “TF-701” donde su diagrama unifilar se muestra en la figura 29. La apertura y/o cierre de cada compuerta (CTE-1A, CTE-1B, CTE-2A, CTE-2B, CTE-2C, CTE-2D, CTE-3A, CTE-3B, CTE-4A y CTE-4B) será solo vía comunicación Profibus DP, mediante el HMI del tablero TC-01 y el SCADA.
- En el HMI del tablero TC-01 y el SCADA deberán monitorear el estado del interruptor de alimentación de cada compuerta (CTE-1A, CTE-1B, CTE-2A, CTE-

2B, CTE-2C, CTE-2D, CTE-3A, CTE-3B, CTE-4A y CTE-4B) por medio de una entrada digital que va directamente hacia el TC-01.

- El limitador de par y finales de carrera de cada compuerta (CTE-1A, CTE-1B, CTE-2A, CTE-2B, CTE-2C, CTE-2D, CTE-3A, CTE-3B, CTE-4A y CTE-4B) será monitoreado mediante el protocolo de comunicación Profibus DP.

Figura 29

Diagrama unifilar de TF-701.



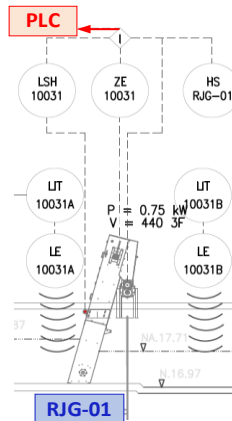
Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

3.2.1.7 Reja mecánica gruesa (RJG-01). La función de la reja gruesa (RJG-01) es retener los sólidos de mayor tamaño arrastrados por el agua residual que ingresa; la reja gruesa trabaja juntamente con el interruptor de nivel alto LSH-10031 y el sensor ultrasónico LE-10031 para su correcto desempeño.

La reja gruesa RJG-01 tiene una protección de limitador de par mecánico que trabaja con un sensor de posición y/o proximidad (ZE-10031). En la siguiente figura 30 se detalla un esquema de RJG-01.

Figura 30

Reja mecánica gruesa (RJG-01).

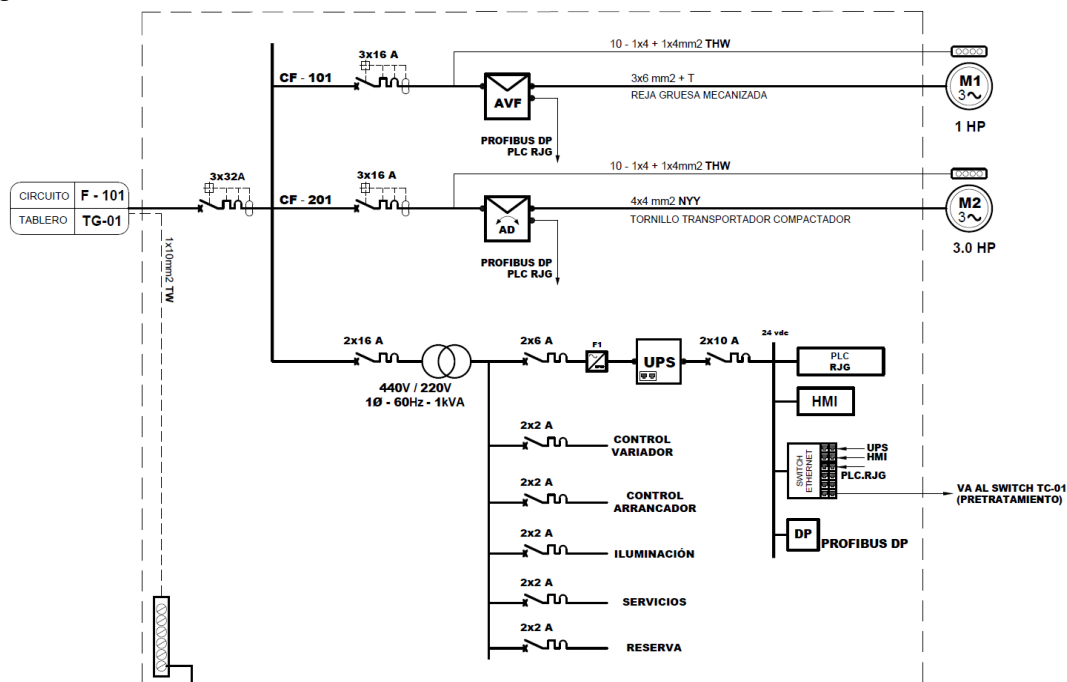


Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero para el accionamiento de la reja mecánica gruesa RJG-01 tiene por rotulo “TF-101”. En la figura 31 se detalla el diagrama unifilar de TF-101 mientras que en la tabla 6 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de RJG-01.

Figura 31

Diagrama unifilar de TF-101.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 6

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de la RJG-01.

TF-101 (TAG de tablero de fuerza de reja gruesa RJG-01)	LOCAL (L) TF-101	MANUAL (M) TF-101	Pulsadores de arranque y parada del TF-101	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-101	TIEMPO HMI del TF-101 y TC-01	Enclavamiento por cableado duro
			NIVEL HMI del TF-101 y TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-101	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	TIEMPO SCADA	Enclavamiento por Profibus
			NIVEL SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque en modo Local-Manual de la RJG-01 requiere que en el TF-101 se coloque el conmutador LOR en la posición local (L) y el conmutador MOA en manual (M). Luego de realizar esta configuración, se podrá iniciar la RJG-01 utilizando los pulsadores físicos de arranque y parada. Mientras el operador realice la operación o manipulación del equipo en modo manual, será estrictamente responsable de sus acciones.

El arranque Local-Automático de la RJG-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de control posicionar el conmutador MOA de la RJG-01 en automático (A); la RJG-01 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-101; es necesario que se elija en el HMI del TF-101 el tipo de funcionamiento de este (tiempo o nivel).

El arranque Remoto-Manual de la RJG-01 consiste en que el TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la RJG-01 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la RJG-01 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la RJG-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la RJG-01 en automático (A); la RJG-01 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-101 cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que se elija, desde el Scada, el tipo de funcionamiento (tiempo o nivel).

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático ya sea modo local o remoto, el RJG-01 trabajara de la siguiente manera:

a) Funcionamiento por nivel de la RJG-01:

- La lectura del sensor LE-10031A y LE-10031B deberá ser visible en el HMI del TF-201, HMI del TC-01 y Scada. Todas las lecturas deberán ser idénticas.
- De existir una diferencia de nivel entre LE-10031A y LE-10031B mayor al porcentaje configurable, entonces se dará inicio al arranque de la RJG-01.
- Durante la puesta en marcha el especialista indicará en función al sensor LE-10031 el nivel de arranque y parada, esta deberá ser editable desde el HMI del TF-101, HMI del TC-01 y Scada
- Cuando el sensor LE-10031 llegue al nivel de arranque o parada de la RJG-01, entonces esta deberá tener un tiempo de 2 – 3 segundos de retraso para evitar lecturas erróneas.
- Para que pueda arrancar la RJG-01, su selector debe estar en automático al igual que el de su tornillo compactador (THR-01).
- Se deberá seleccionar desde el HMI del TF-101, HMI del TC-01 o Scada el tipo de funcionamiento por nivel.
- Las compuertas CTE-3C, CTE-1A y CTE-1B deberán estar abiertas.
- Durante el funcionamiento de la RJG-01 el sensor ZE-10031 deberá estar activado (flanco positivo).

- Si el sensor LE-10031 no envía el nivel de arranque para que trabaje la RJG-01 a pesar de que el nivel del agua este por encima de lo configurado, entonces el interruptor de nivel LSH-10031 forzara el arranque hasta que el interruptor de nivel LSH-10031 se desactive (flanco negativo).

b) Funcionamiento por tiempos de la RJG-01

- Para que pueda arrancar la RJG-01, su selector debe estar en automático al igual que el de su tornillo compactador (THR-01).
- Se deberá seleccionar, desde el HMI o Scada, el tipo de funcionamiento por tiempos.
- En el HMI o Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.
- Si la RJG-01 se encuentra en tiempo de reposo y el interruptor de nivel LSH-10031 se acciona por nivel alto (flanco positivo), entonces forzara el arranque hasta que el interruptor de nivel LSH-10031 se desactive (flanco negativo).

c) Fallas y alarmas de la RJG-01

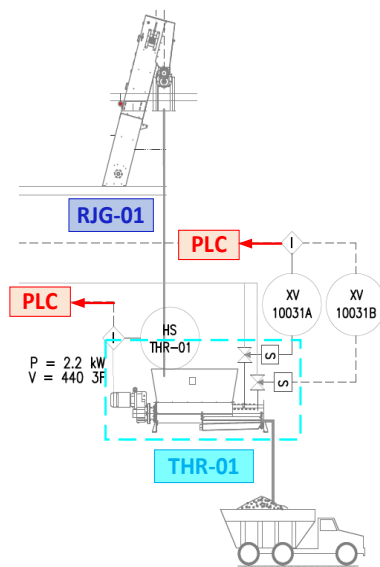
- De generarse una sobrecarga en RJG-01, esta se debe de evidenciar en el HMI y en el Scada.
- Si el valor de la lectura del sensor LE-10031 se encuentra por encima de lo configurado por un largo periodo, entonces se debe de visualizar una alarma en el HMI y en el Scada.
- Si durante el funcionamiento de la RJG-01, el sensor ZE-10031 se desactiva, entonces deberá mandar una alarma al HMI del TF-101, HMI del TC-01 y Scada.
- Si el sensor ZE-10031 se desactiva (flanco negativo) consecutivamente (≥ 2) entonces la RJG-01 deberá invertir el giro y arrancar durante un periodo de 3 seg

pero si el sensor ZE -10031 aún se encuentra en flanco negativo o señal fluctuante ≥ 4 , entonces la RJG-01 deberá detenerse y mandar una alarma al HMI del TF-101, HMI del TC-01 y Scada.

3.2.1.8 Tornillo compactador de reja gruesa (THR-01). El tornillo compactador de reja gruesa (THR-01) se encarga de recepcionar y compactar los residuos captados por el RJG-01 y transportarlos hacia un contenedor. Este tornillo compactador cuenta con un sistema de lavado de solidos accionados mediante válvulas solenoides XV-10031.

Figura 32

Tornillo Compactador de Reja Gruesa (THR-01)



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento para el tornillo compactador de reja gruesa THR-01 tiene por rotulo “TF-101”, en la figura 31 se detalló el diagrama unifilar de este tablero. En la tabla 7 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de THR-01.

Tabla 7

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de THR-01

TF-101 (TAG del tablero de fuerza de tornillo compactador THR-01)	LOCAL (L) TF-101	MANUAL (M) Tablero de Campo	Pulsadores de arranque y parada del tablero de campo	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) Tablero de Campo	Cuando funciona la RJG-01	Enclavamiento por cableado duro
			Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-101 y TC-01	Enclavamiento por cableado duro
		MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
	REMOTO (R) TF-101	AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Cuando funciona la RJG-01	Enclavamiento por Profibus
			Tiempo de funcionamiento y reposo Desde SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de la THR-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la THR-01 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la THR-01 con los pulsadores físicos de arranque parada.

Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de la THR-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la THR-01 en automático (A); la THR-01 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-101; es necesario que se elija en el HMI del TF-101 si trabajara sujeto a la reja gruesa o por tiempos.

El arranque Remoto-Manual de la THR-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la THR-01 en manual (M); posterior a ello se

puede arrancar la THR-01 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la THR-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-101 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la THR-01 en automático (A); la THR-01 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-101 cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que se elija desde el Scada si trabajara sujeto a la reja gruesa o por tiempos. Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto el THR-01 trabajara de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de THR-01

- Para que pueda arrancar el THR-01, las compuertas CTE-1A y CTE-2A deberán estar abiertas.
- Los selectores de THR-01 y RJG-01 deberán estar en automáticos.
- El THR-01 trabajara cada vez que el RJG-01 entre en funcionamiento.
- El THR-01 también trabajara por tiempos es decir en el HMI del TF-101, HMI del TC-1 y Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.
- El XV-10031A y XV-10031B trabajara por tiempos es decir en el HMI del TF-101, HMI del TC-1 y Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de THR-01

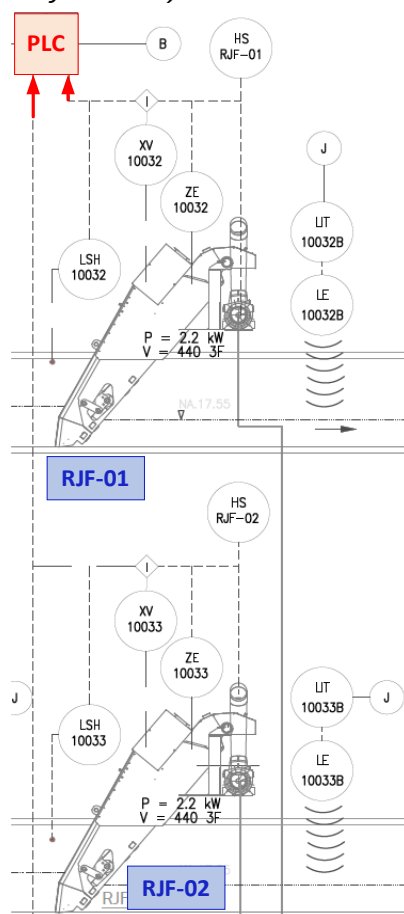
- De generarse una sobrecarga en el equipo RJG-01, esta se debe de evidenciar en el HMI del TF-101, HMI del TC-01 y Scada.

3.2.1.9 Reja mecánica fina 1 y 2 (RJF-01 y RJF-02). La función de las rejjas finas (RJF-01 y RJF-02) es retener los sólidos de menor tamaño arrastrados por el agua residual proveniente de la salida de la RJG-01; la reja fina trabaja juntamente con un sensor de posición ZE-10032 para RJF-01 y ZE-10033 para RJF-02.

El interruptor de nivel alto LSH-10032 y el sensor ultrasónico LE-10032 trabaja directamente con la RJF-01; el interruptor de nivel alto LSH-10033 y el sensor ultrasónico LE-10033 trabaja directamente con la RJF-02.

Figura 33

Rejas Mecánicas Finas (RJF-01 y RJF-02)



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de las rejjas mecánicas finas RJF-01 y RJF-02 tiene por rotulo “TF-201”. En la figura 34 se detalla el diagrama unifilar de TF-201 mientras que en la tabla 8 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de RJF-01 y RJF-02.

Diagrama unifilar de TF-201.



Modo de arranque y tipo de funcionamiento de la RJF-01 y RJF-02.

59

El arranque Local-Manual de la RJF-01 y RJF-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la RJF-01 y/o RJF-2 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la RJF-01 y/o RJF-2 con los pulsadores físicos de arranque parada.

Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de la RJF-01 y/o RJF-2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la RJF-01 y/o RJF-2 en automático (A); la RJF-01 y/o RJF-2 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-201; es necesario que se elija en el HMI del TF-201 el tipo de funcionamiento de este (tiempo o nivel)

El arranque Remoto-Manual de la RJF-01 y/o RJF-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la RJF-01 y/o RJF-02 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la RJF-01 y/o RJF-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la RJF-01 y/o RJF-2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la RJF-01 y/o RJF-02 en automático (A); la RJF-01 y/o RJF-02 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-201 cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que se elija desde el Scada el tipo de funcionamiento de este (tiempo o nivel).

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces se podrá elegir operar la RJF-01 y/o RJF-02 por tiempos o por nivel; esta elección de funcionamiento se realizará desde el HMI del TF-201, HMI del TC-01 o Scada.

a) Funcionamiento por nivel de RJF-01

- La lectura del sensor LE-10032 deberá ser visible en el HMI del TF-201, HMI del TC-01 y Scada. Todas las lecturas deberán ser idénticas en cada interfaz.
- De existir una diferencia de nivel entre LE-10032A y LE-10032B mayor al porcentaje configurable, entonces se dará inicio al arranque de la RJF-01 durante un tiempo configurable.
- Si la diferencia de nivel entre LE-10032A y LE-10032B es mayor al % configurable por más de un tiempo configurable entonces equipo deberá invertir su giro por un periodo de 5 segundos y posteriormente retornar a su trabajo normal.
- Durante la puesta en marcha el especialista indicará en función al sensor LE-10032 el nivel de arranque y parada, esta deberá ser editable desde el HMI del TF-201, HMI del TC-1 y Scada
- Cuando el sensor LE-10032 llegue a la altura de la señal de arranque de la reja fina RJF-01, entonces esta deberá tener un tiempo de 2 - 3seg. de retraso para evitar lecturas erróneas
- Para que pueda arrancar la RJF-01, su selector debe estar en automático al igual que el del tornillo transportador (TRT-01) y tornillo compactador (THR-02).
- Se deberá seleccionar desde el HMI del TF-201, HMI del TC-1 o SCADA el tipo de funcionamiento por nivel para la RJF-01.
- Las compuertas CTE-3C, CTE-1A, CTE-1B y CTE-2A deben estar abiertas.
- La posición de la RJF-01 estará sujeta al sensor de posición ZE-10032, cada vez que trabaje la RJF-01, esta deberá terminar su ciclo en la misma posición.
- Con el sensor de posición ZE-10032 se podrá contabilizar el número de vueltas del eje de motor de la RJF-01.
- Cada vez que la señal o nivel de arranque de la reja fina 1 mande a operar el equipo, entonces esta trabajara los ciclos (número de vueltas) que se haya configurado previamente en el HMI del TF-201, HMI del TC-1 o Scada.

- El número de vueltas detectada por ZE-10032 tendrá que ser como mínimo 1.
- Si el sensor LE-10032 no envía la señal o nivel de arranque de la RJF-01 a pesar de que el nivel del agua este por encima de lo configurado, entonces el interruptor de nivel LSH-10032 forzara el arranque hasta que el interruptor de nivel LSH-10032 se desactive (flanco negativo).
- A pesar de que LSH-10032 este desactivado (flanco negativo) posterior al arranque forzado de la RJF-01, entonces esta deberá seguir trabajando hasta que llegue a su posición adecuada, es decir cuando el sensor de posición ZE-10031 se encuentre activado (flanco positivo).
- El solenoide XV-10032 trabajara por tiempos. En el HMI del TF-201, HMI del TC-1 y SCADA se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Funcionamiento por tiempos de RJF-01

- Para que pueda arrancar la RJF-01, su selector debe estar en automático.
- Se deberá seleccionar desde el HMI del TF-201, HMI del TC-1 o Scada el tipo de funcionamiento por tiempos.
- En el HMI del TF-201, HMI del TC-01 y Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.
- Si la RJF-01 se encuentra en tiempo de reposo y el interruptor de nivel LSH-10032 se acciona por nivel alto (flanco positivo), entonces forzara el arranque hasta que el interruptor de nivel LSH-10032 se desactive (flanco negativo).
- A pesar de que LSH-10032 este desactivado (flanco negativo) posterior al arranque forzado de la RJF-01, entonces esta deberá seguir trabajando hasta que llegue a su posición adecuada, es decir cuando el sensor de posición ZE-10032 se

encuentre activado (flanco positivo).

- El solenoide XV-10032 trabajara por tiempos. En el HMI del TF-201, HMI del TC-01 y Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

El funcionamiento por nivel y por tiempos de la reja fina RJF-02 es igual a de la reja fina RJF-01, solo que en este caso varia los sensores actuados sobre ellos de acuerdo con la tabla 9; el tablero de fuerza y control es la misma en las dos rejafinas.

Tabla 9

Comparativo de sensores actuados sobre la RJF-01 y RJF-02.

TF-201	
RJF-01	RJF-02
LSH-10032	LSH-10033
XV-10032	XV-10033
ZE-10032	ZE-10033
LIT-10032B	LIT-10033B
LE-10032B	LE-10033B
HS (RJF-01)	HS (RJF-02)

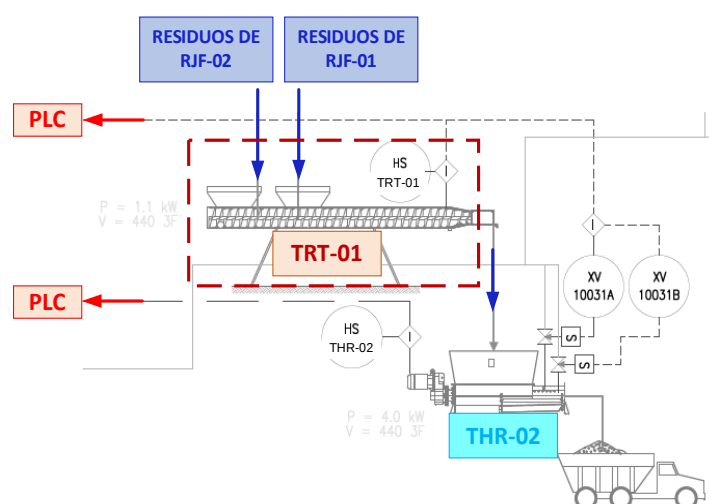
c) Fallas y alarmas de la RJF-01 y RJF-02

- De generarse una sobrecarga en el equipo RJF-01 o RJF-02, esta se debe de evidenciar en el TF-201, HMI del TC-01 y Scada.
- Si el valor de la lectura del sensor LE-10032 y LE-10033 se encuentra por encima de lo configurado por un largo periodo, entonces se debe de visualizar una alarma en el TF-201, HMI del TC-01 y Scada.
- Si los sensores ZE-10032 y ZE-10033 no se encuentra en su posición por un largo periodo entonces se debe de visualizar una alarma en el TF-201, HMI del TC-01 y el Scada.

3.2.1.10 Tornillo transportador de rejillas finas (TRT-01). El tornillo transportador de rejillas finas (TRT-01) se encarga de recepcionar los residuos captados por el RJF-01 y RJF-02 y transportarlos el hacia el tornillo compactador de rejilla fina THR-02.

Figura 35

Tornillo transportador de rejillas finas TRT-01.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero para el accionamiento del tornillo transportador de rejillas finas (TRT-01) tiene por rotulo “TF-201”, su diagrama unifilar se detalló en la figura 34. En la tabla 10 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de TRT-01.

Tabla 10

Modo de arranque y tipo de funcionamiento del TRT-01.

TF-201 (TAG de tablero de fuerza de tornillo transportador TRT-01)	LOCAL (L) TF-201	MANUAL (M) TF-201	Pulsadores de arranque y parada del TF-201	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-201	Cuando funciona la RJF-01 y RJF-02	Enclavamiento por cableado duro
			Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-201 y TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-201	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Cuando funciona la RJF-01 y RJF-02	Enclavamiento por Profibus
			Tiempo de funcionamiento y reposo desde SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de la TRT-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la TRT-01 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la TRT-01 con los pulsadores físicos de arranque parada.

Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de la TRT-01 consiste en que en el TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la TRT-01 en automático (A); la TRT-01 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-201; es necesario que se elija en el HMI del TF-201 si trabajara en sujeto a las rejas finas o por tiempos.

El arranque Remoto-Manual de la TRT-01 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la TRT-01 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la TRT-01 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la TRT-01 consiste en que en el TF-201 se debe posicionar el LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la TRT-01 en automático (A); la TRT-01 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-201 cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que se elija desde el SCADA se elija si trabajara en sujeto a las rejas finas o por tiempos Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el TRT-01 trabajara de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de TRT-01

- Para que pueda arrancar la TRT-01, las compuertas CTE-1A, CTE-1B, la CTE-2A siempre y cuando esté trabajando la RJF-01 y la CTE-2B siempre y cuando esté trabajando la RJF-02 deberán estar abiertas.

- Los selectores de TRT-01 y THR-02 deberán estar en automáticos.
- El TRT-01 y THR-02 siempre deberán trabajar juntos y nunca de forma independiente.
- El TRT-01 y THR-02 trabajaran cada vez que una de las rejás finas entre en funcionamiento (RJF-01 o RJF-02).
- El TRT-01 trabajara por tiempos es decir en el HMI del TF-201, HMI del TC-1 y Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de TRT-01

- De generarse una sobrecarga en el TRT-01, esta se debe de evidenciar en el HMI del TF-201, HMI del TC-01 y Scada.
- Al generarse la sobrecarga en el TRT-01 o THR-02, entonces ambos equipos deberán detenerse.

3.2.1.11 Tornillo compactador de rejás finas (THR-02). El tornillo compactador de rejás finas THR-02 se encarga de recepcionar y compactar los residuos provenientes del tornillo transportador de rejás finas TRT-01 y transportarlos hacia un contenedor. Este tornillo cuenta con un sistema de lavado de sólidos accionados mediante válvulas solenoides XV-10035A y XV-10035B, como se ilustra en la figura 35.

El tablero de fuerza para el accionamiento del tornillo compactador de rejás finas (THR-02) tiene por rotulo “TF-201”, su diagrama unifilar se detalló en la figura 34. En la tabla 11 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de THR-02.

Tabla 11*Modo de arranque y tipo de funcionamiento del THR-02.*

TF-201 (TAG de tablero de fuerza de tornillo compactador THR-02)	LOCAL (L) TF-201	MANUAL (M) TF-201	Pulsadores de arranque y parada del TF-201	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-201	Cuando funciona la RJF-01 y RJF-02	Enclavamiento por cableado duro
			Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-201 y TC-01	Enclavamiento por cableado duro
		MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
	REMOTO (R) TF-201	AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Cuando funciona la RJF-01 y/o RJF-02	Enclavamiento por Profibus
			Tiempo de funcionamiento y reposo Desde SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de la THR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la THR-02 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la THR-02 con los pulsadores físicos de arranque parada.

Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de la THR-02 consiste en que en el TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA de la THR-02 en automático (A); la THR-02 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-201; es necesario que se elija en el HMI del TF-201 si trabajara en sujeto a las rejas finas o por tiempos.

El arranque Remoto-Manual de la THR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la THR-02 en manual (M); posterior a ello se

puede arrancar la RJF-01 y/o RJF-2 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la THR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-201 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual de la THR-02 en automático (A); la THR-02 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-201 cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que se elija en el HMI del TF-201 o desde el SCADA si trabajara en sujeto a las rejas finas o por tiempos.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el THR-02 trabajara de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de THR-02

- Para que pueda arrancar la THR-02, las compuertas CTE-1A, CTE-1B, la CTE-2A siempre y cuando esté trabajando la RJF-01 y la CTE-2B siempre y cuando esté trabajando la RJF-02 deberán estar abiertas.
- Los selectores de TRT-01 y THR-02 deberán estar en automáticos.
- El TRT-01 y THR-02 siempre deberán trabajar juntos y nunca de forma independiente.
- El TRT-01 y THR-02 trabajaran cada vez que una de las rejas finas entre en funcionamiento (RJF-01 O RJF-02)
- El THR-02 trabajara por tiempos es decir en el HMI del TF-201, HMI del TC-1 y SCADA se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.
- El XV-10035A y XV-10035B trabajara por tiempos es decir en el HMI del TF-201, HMI del TC-1 y Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de THR-02

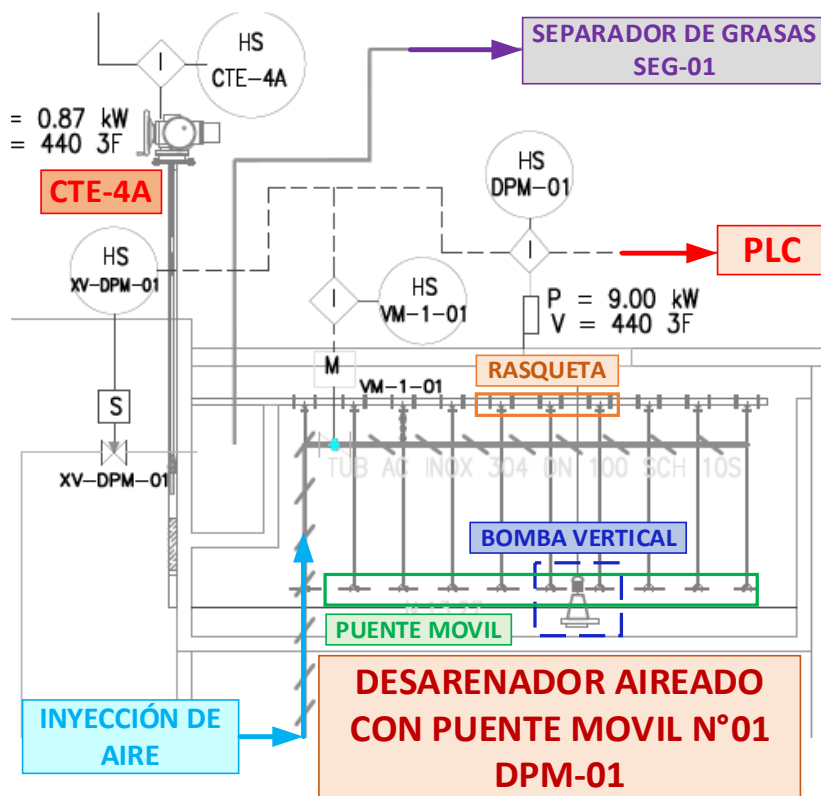
- De generarse una sobrecarga en el THR-02, esta se debe de evidenciar en el HMI del TF-201, HMI del TC-1 y Scada.
- Al generarse la sobrecarga en el TRT-01 o THR-02, entonces ambos equipos deberán detenerse.

3.2.1.12 Desarenador aireado con puente móvil 1 y 2 (DPM-01 y DPM-02). El objetivo de estos equipos es eliminar toda la materia, grasas y aceites que lograron pasar por las RJF-01 Y RJF-02. Las sustancias ligeras se hacen flotar y forman una nata en la superficie, lo que permitirá extraerlas. Las arenas que se depositan en el fondo son extraídas por una bomba vertical para su posterior tratamiento en un clasificador de arenas; las grasas y flotantes son enviadas a un concentrador de grasas. Cada desarenador constará de un puente viajero que los recorrerá de ida y vuelta. Además, en el puente cuenta con una rasqueta con su correspondiente motorreductor de izado, para empujar las natas y sobrenadantes que se acumulen por flotación a un canal de recogida, situado en uno de los extremos. Cada desarenador debe de trabajar de la mano con tres sopladores que se emplean para inyectar aire en el agua residual de los desarenadores, el cual permite separar tanto la materia pesada en el fondo, como la ligera en la superficie.

A medida de ejemplo en la figura 36 se muestra el esquema del DPM-01, el cual será similar para DPM-02.

Figura 36

Desarenador aireado con puente móvil 01 (DPM-01).

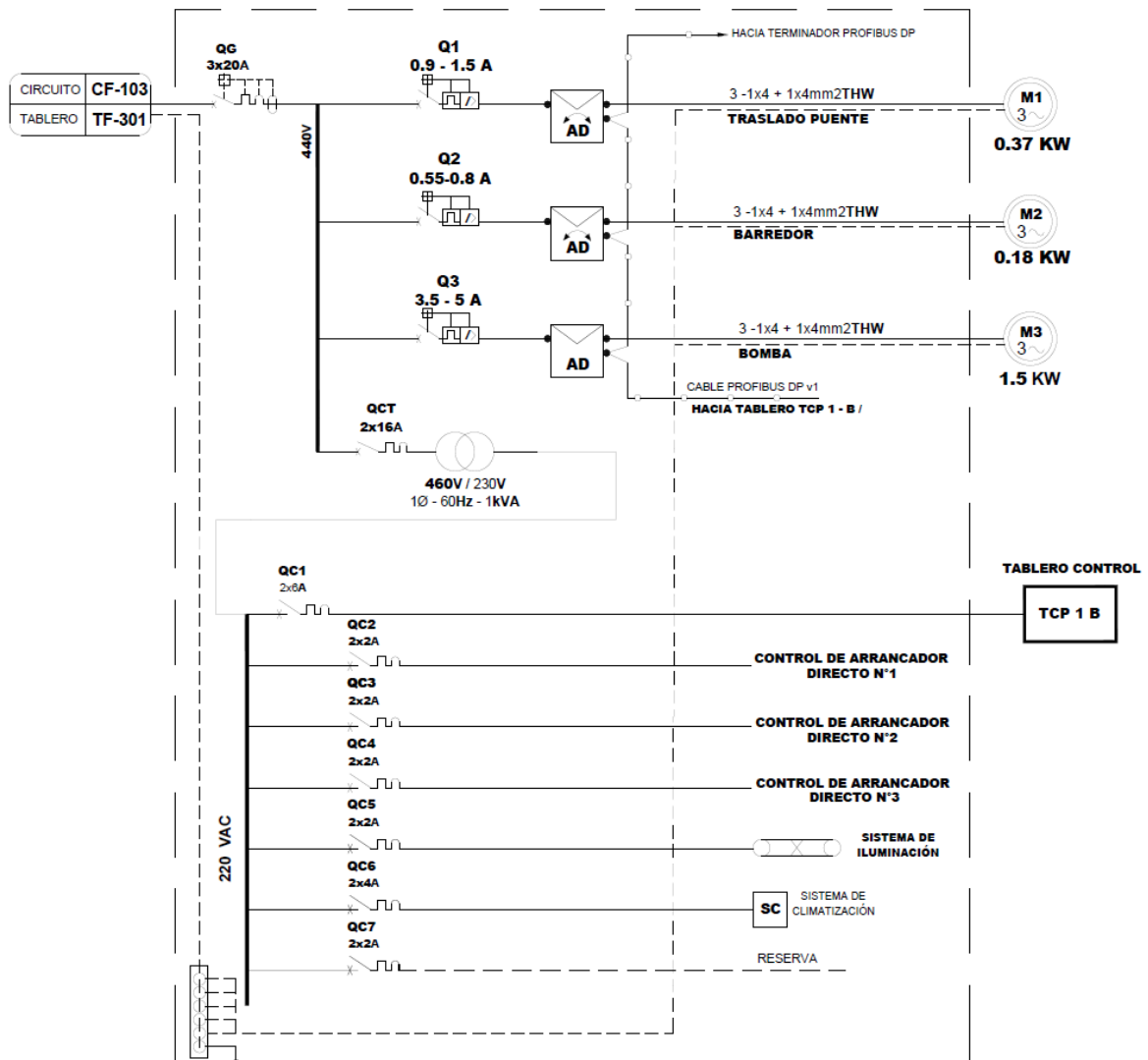


Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

Los tableros de fuerza para el accionamiento del DPM-01 y DPM-02 tienen por rótulo “TCP 1 A” y “TCP 2 A” respectivamente; “TCP 1 B” y “TCP 2 B” vienen a ser los tableros de control de “TCP 1 A” y “TCP 2 A” respectivamente. A medida de ejemplo en la figura 37 y 38 se detalla el diagrama unifilar de “TCP 1 A” y “TCP 1 B” respectivamente, los cuales serán similares para “TCP 2 A” y “TCP 2 B”; en la tabla 12 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del DPM-01; similarmente será para el DPM-02, donde solo se cambiará su tablero correspondiente.

Figura 37

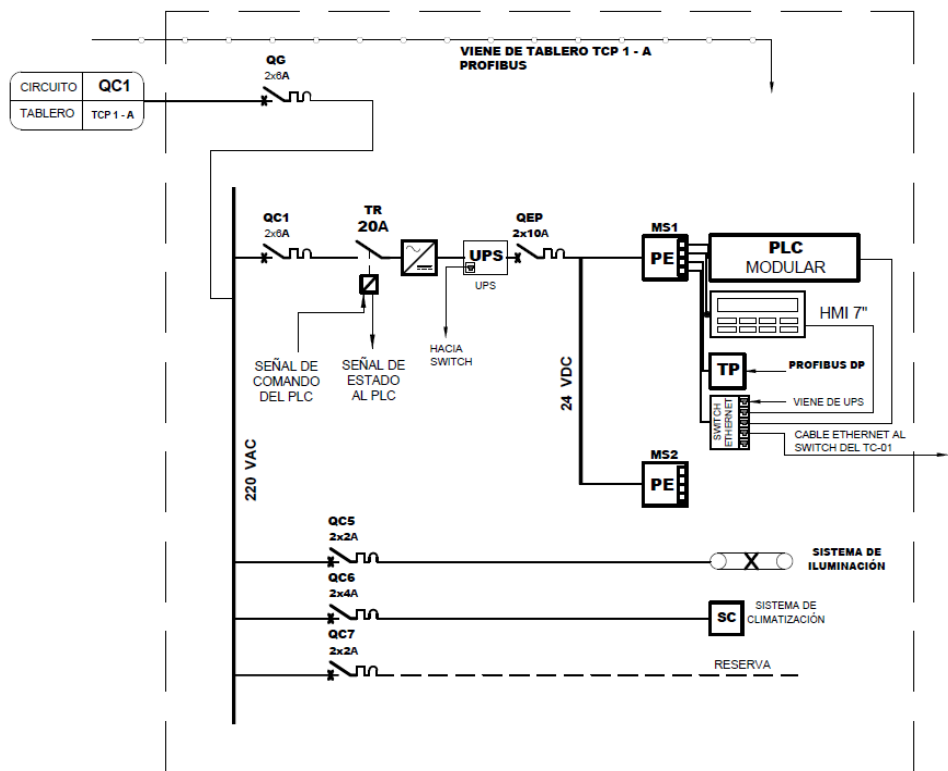
Diagrama unifilar de fuerza "TCP 1 A"



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Figura 38

Diagrama unifilar de control “TCP 1 B”



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 12

Modo de arranque y tipo de funcionamiento del DPM-01.

		MANUAL (M) TCP 1 A	Pulsadores de arranque y parada del “TCP 1 A”	Enclavamiento por cableado duro
“TCP 1 A” (TAG de tablero de fuerza del desarenador puente móvil DPM-01)	LOCAL (L) TCP 1 A	SEMI - AUTOMÁTICO (A) TCP 1 A	Válvula manual abierta y configuración de numero de recorridos y tiempo de reposo desde el HMI del “TCP 1 A” o TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TCP 1 A	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		SEMI - AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Válvula manual abierta y configuración de numero de recorridos y tiempo de reposo desde el HMI desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual del DPM-01 o DPM-02 consiste en que en el tablero de fuerza TCP 1 A para el DPM-01 o TCP 2 A para el DPM-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la DPM-01 o DPM-02 con los pulsadores físicos de arranque parada.

Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Semiautomático del DPM-01 o DPM-02 consiste en que en el tablero de fuerza TCP 1 A para el DPM-01 o TCP 2 A para el DPM-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); los puentes desarenadores operará en función a la lógica almacenada en su PLC TCP 1 A para el DPM-01 o TCP 2 A para el DPM-02; es necesario que en su HMI de cada uno se indique la cantidad de ciclos de operación y el tiempo de reposo.

El arranque Remoto-Manual del DPM-01 o DPM-02 consiste en que en el tablero de fuerza TCP 1 A para el DPM-01 o TCP 2 A para el DPM-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar la DPM-01 o DPM-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático del DPM-01 o DPM-02 consiste en que en el tablero de fuerza TCP 1 A para el DPM-01 o TCP 2 A se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el DPM-01 o DPM-02 operará en función a la lógica almacenada en su PLC de cada uno cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que se indique desde el SCADA la cantidad de ciclos de operación y el tiempo de reposo.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático ya sea en modo local o remoto, el DPM-01 y DPM-02 trabajara de la siguiente manera:

a) Funcionamiento del DPM-01 y DPM-02

- Para que pueda arrancar la DPM-01, la compuerta CTE-4A deberá estar abierta.
- Para que pueda arrancar la DPM-02, la compuerta CTE-4B deberá estar abierta.
- Para que pueda arrancar la DPM-01, la válvula VM-1-01 deberá estar abierta.
- Para que pueda arrancar la DPM-02, la válvula VM-1-02 deberá estar abierta.
- Los selectores del puente transportador, la rasqueta o barredor, la bomba

desarenadora, separador de arenas, concentrador de grasas y los suplantes deberán estar en automáticos.

- El sensor de nivel LE- 10037 y el sensor de PH AE-10050 deberán ser monitoreado en los tableros de DPM-01, DPM-02, TC-01 y Scada.

b) Puente Móvil

- El puente móvil del DPM-01 y DPM-02 trabajara por número de recorridos (ida y vuelta) y tiempo de reposo; es decir en el HMI del TCP 1 A para el DMP-01 y TCP 2 A para el DPM-02 se deberá ingresar los valores de los recorridos de funcionamiento (ida y vuelta) y el tiempo de reposo; estos deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo de reposo transcurrido. Y la acumulación de recorridos (ida y vuelta).
- El puente móvil cuenta con un fin de carrera instalado en el mismo puente; este fin de carrera es el encargado de detener el puente en la posición inicial y final (en cada extremo).
- El puente debe de iniciar su recorrido en el sentido contrario al de la corriente del agua. Al llegar al extremo opuesto, un final de carrera detendrá al puente y en esta posición se invierte el sentido del giro del motor y por tanto el sentido de la marcha del puente y luego de un tiempo de retraso de 3 a 5 segundos da inicio de arranque nuevamente para que pueda culminar su ciclo y volver a su posición inicial.
- Al término del recorrido o recorridos del puente, este entra en un modo de reposo; ambos configurables en una de las interfaces ya mencionadas líneas arriba.

c) Rasqueta o barredor

- La rasqueta de barrido de flotantes es accionada por medio de un motorreductor de sinfín-corona que lleva calado un husillo para el movimiento ascendente y descendente de la misma, siendo gobernado por finales de carrera limitadores de recorrido de puente desarenador.

- Cuando el puente se encuentre posicionado en reposo y en la posición inicial (opuesto a la corriente del agua) entonces las rasquetas se encontrarán en la posición “arriba”,
- Cuando se dé inicio el funcionamiento del puente móvil en su posición inicial entonces previamente la rasqueta o barredor deberá descender situándose en la posición “abajo”, antes de iniciar el recorrido
- Cuando el puente desarenador llegue al otro extremo (posición final) entonces la rasqueta o barredor deberá ascender antes de que el puente invierta el sentido de su recorrido

d) Bomba de extracción de arenas

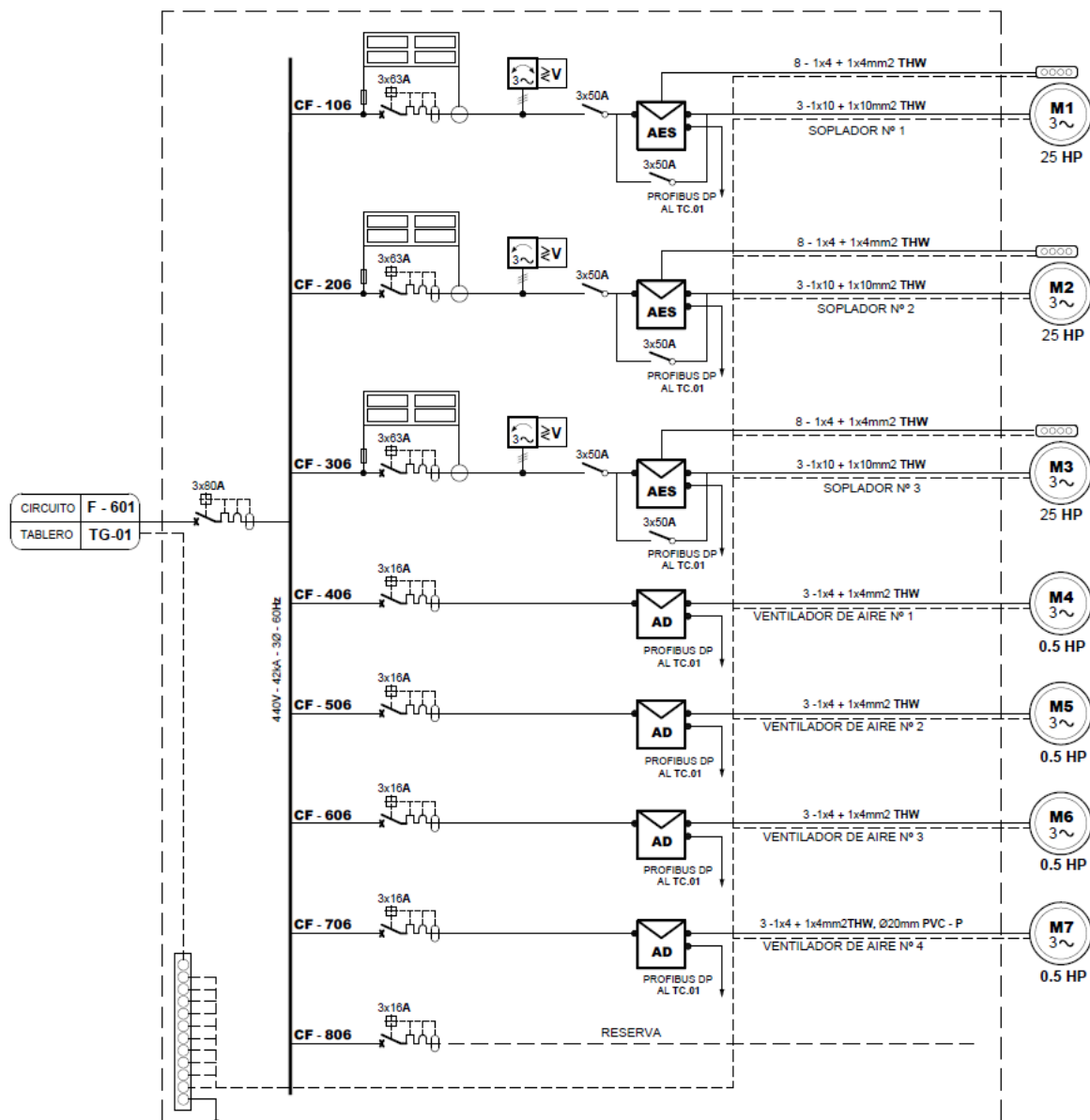
- La bomba de extracción de arenas solo funcionara si la compuerta del DPM elegido se encuentre abierta
- Cuando el sensor de nivel LE 10037 detectada el nivel de agua mayor al 20% como mínimo de la cámara de contacto entonces esto permitirá el funcionamiento de la bomba de extracción de arenas.
- La bomba de extracción de arenas se mantendrá en funcionamiento en ambos sentidos de circulación del puente o solo en un sentido, esto sujeto a la decisión del operador.

e) Fallas y alarmas del DPM-01 y DPM-02

- De generarse una sobrecarga tales como el puente, la rasqueta o la bomba de arena del DPM-01 o DPM-02 estas se deberán de evidenciar en el HMI correspondiente. Si el puente se quedó en medio de su recorrido por ausencia temporal de energía o manipulación externa; entonces luego de un periodo superior al tiempo de reposo, el puente se dirigirá hacia su posición inicial con la rasqueta en la posición “arriba” y enviará una alarma de la mala operación.

Figura 40

Diagrama unifilar de TF-601.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 13

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-1A/1B/1C.

TF-601 (TAG de tablero de fuerza de sopladores SOP-1A, SOP-1B y SOP-1C)	LOCAL (L) TF-601	MANUAL (M) TF-601	Pulsadores de arranque y parada del TF-601	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-601	Lógica de Alternancia en TC-01 y monitoreo en SCADA	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-601	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Lógica de Alternancia en TC-01 y monitoreo en SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA del SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los con los pulsadores físicos de arranque parada. Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de la c consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en automático (A); la SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TC-01.

El arranque Remoto-Manual de los SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); la SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TC-01 cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el SOP-1A, SOP-1B y SOP-1C trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C

- Los selectores de los sopladores SOP-01, SOP-02 Y SOP-03 deberán estar en automáticos.

- Las válvulas motorizadas VM-1-06, VM-1-07 y VM-1-08 deben estar abiertas.
- Los sopladores SOP-1A, SOP-1B y SOP-1C deberán alternar entre ellas cada 8 horas
- Si solo trabaja 2 de los 3 sopladores entonces la alternancia cada 12 horas
- Si solo trabaja 1 de los 3 sopladores. Entonces este trabajara de forma interrumpida.
- El tiempo de funcionamiento deberá monitorearse desde el HMI del TC-01 y Scada.
- Si uno de los sopladores se detecta falla o sobrecarga, entonces deberá entrar de forma automática el siguiente soplador

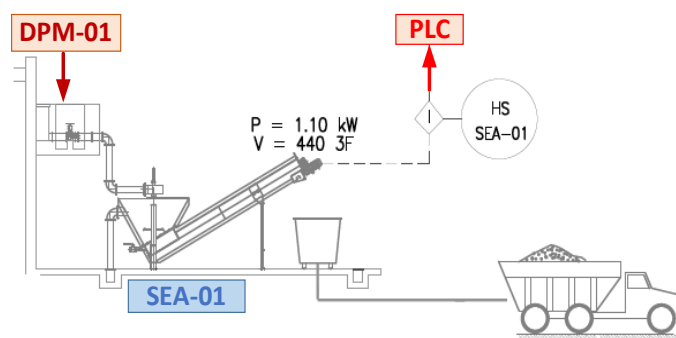
b) Fallas y alarmas de SOP-1A, SOP-1B Y SOP-1C

- De generarse una falla o sobrecarga en uno de los sopladores SOP-1A, SOP-1B y SOP-1C, entonces esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-01 y Scada.

3.2.1.14 Separador de Arena 01 y 02 (SEA-01 y SEA-02). El separador de arena es el equipo encargado de retirar la arena y residuos sólidos muy pequeños proveniente del desarenador de puente móvil. A medida de ejemplo en la figura 41 se muestra el esquema del SEA-01, el cual será similar para SEA-02.

Figura 41

Separador de arenas 01 (SEA-01)



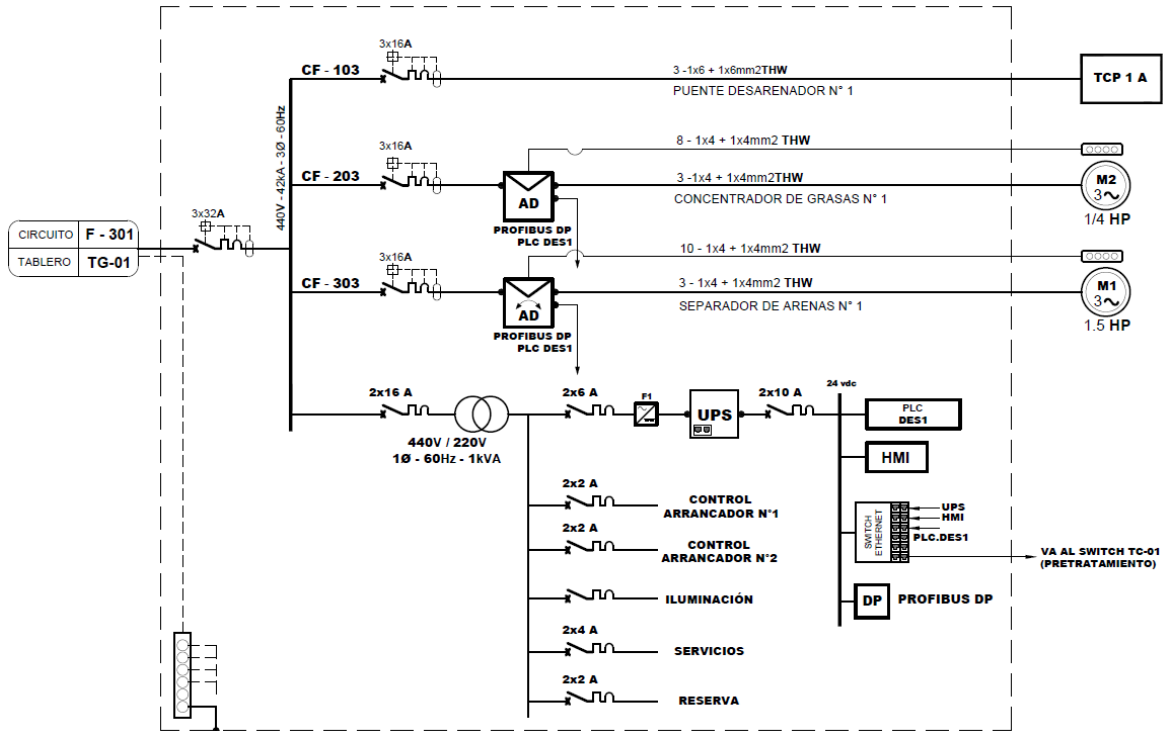
Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

Los tableros de fuerza para el accionamiento de los separadores de arena SEA-01 y SEA-02 tienen por rótulo “TF-301” y “TF-401” respectivamente, en la figura 42 se detalla

el diagrama unifilar de TF-301 mientras que en la tabla 14 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del SEA-01; similarmente será para SEA-02, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 42

Diagrama unifilar de TF-301.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 14

Modo de arranque y tipo de funcionamiento del SEA-01.

TF-301 (TAG de tablero de fuerza de separador de arena SEA-01)	LOCAL (L) TF-301	MANUAL (M) TF-301	Pulsadores de arranque y parada del TF-301	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-301	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-301 o TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-301	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de la SEA-01 y SEA-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-301 para SEA-01 y TF-401 para SEA-02 se debe posicionar, el conmutador LOR

en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar SEA-01 y/o SEA-02 con los pulsadores físicos de arranque parada. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático del SEA-01 y SEA-02 consiste en que en el tablero TF-301 para SEA-01 y TF-401 para SEA-02 se debe posicionar el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia posicionar el conmutador MOA en automático (A); SEA-01 y SEA-02 operará en función a la lógica almacenada en el TF-301 para SEA-01 y TF-401 para SEA-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TF-301 y TF-401 o TC-01.

El arranque Remoto-Manual de la SEA-01 y SEA-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-301 para SEA-01 y TF-401 para SEA-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la SEA-01 y SEA-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la SEA-01 y SEA-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-301 para SEA-01 y TF-401 para SEA-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); SEA-01 y SEA-02 operará en función a la lógica almacenada en el TF-301 para SEA-01 y TF-401 para SEA-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el SEA-01 y SEA-02 trabajará de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de SEA-01 y SEA-02

- Para que pueda arrancar el separador de arena SEA-01 y SEA-02 es necesario asegurarse que su válvula de ingreso este abierta.
- Los selectores de SEA-01 y SEA-02 deberán estar en automáticos.

- El SEA-01 y SEA-02 trabajará por tiempos es decir en el HMI del TF-301 para el SEA-01, en el TF-401 para el SEA-02, HMI del TC-01 y Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

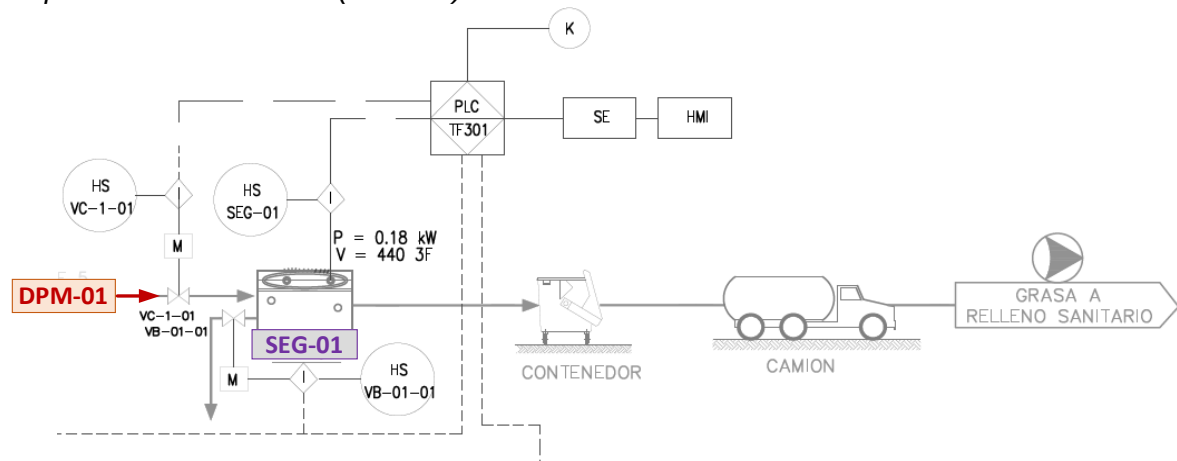
b) Fallas y alarmas de SEA-01 y SEA-02

- De generarse una sobrecarga en el SEA-01 o en el SEA-02, esta se debe de evidenciar en el HMI del TF-301 para el SEA-01, en el TF-401 para el SEA-02, HMI del TC-01 y Scada.

3.2.1.15 Separador de grasas 01 y 02 (SEG-01 y SEG-02). La función del separador de grasas es retirar las grasas, aceites y materias flotantes, está formado por un motorreductor para arrastre de las rasquetas. En la figura 43 se muestra el esquema del SEG-01, el cual será similar para SEG-02.

Figura 43

Separador de Grasas 01 (SEG-01).



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

Los tableros de fuerza para el accionamiento de los separadores de grasas SEG-01 y SEG-02 tienen por rótulo “TF-301” y “TF-401” respectivamente. En la tabla 15 se

detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del SEG-01; similarmente será para el SEG-02, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Tabla 15

Modo de arranque y tipo de funcionamiento del SEG-01.

TF-301 (TAG de tablero de fuerza de separador de grasas SEG-01)	LOCAL (L) TF-301	MANUAL (M) TF-301	Pulsadores de arranque y parada del TF-301	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-301	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-301 o TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-301	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de la SEG-01 y SEG-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-301 para el SEG-01 y TF-401 para el SEG-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar el SEG-01 y/o SEG-02 con los pulsadores físicos de arranque parada. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de la SEG-01 y SEG-02 consiste en que en el tablero TF-301 para el SEG-01 y TF-401 para el SEG-02 se debe posicionar el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en automático (A); el SEG-01 y SEG-02 operará en función a la lógica almacenada en el TF-301 para el SEG-01 y TF-401 para el SEG-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TF-301 y TF-401 o TC-01.

El arranque Remoto-Manual de la SEG-01 y SEG-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-301 para el SEG-01 y TF-401 para el SEG-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la SEG-01 y SEG-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la SEG-01 y SEG-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-301 para el SEG-01 y TF-401 para el SEG-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el SEG-01 y SEG-02 operará en función a la lógica almacenada en el TF-301 para el SEG-01 y TF-401 para el SEG-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el SEA-01 y SEA-02 trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de SEG-01 y SEG-02

- Para que pueda arrancar el separador de grasas SEG-01, la válvula VC-1-01 debe de estar abierto.
- Para que pueda arrancar el separador de grasas SEG-02, la válvula VC-1-02 debe de estar abierto.
- Los selectores de SEG-01 y SEG-02 deberán estar en automáticos.
- El SEG-01 y SEG-02 trabajará por tiempos es decir en el HMI del TF-301 para el SEG-01 en el TF-401 para el SEG-02, HMI del TC-01 y Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editales; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.
- Si se desea drenar el líquido almacenado en el tanque del separador de grasas entonces se tiene que abrir la válvula VB-01-02 para el SEG-01 y la válvula VB-01-02 para el SEG-02.

b) Fallas y alarmas de SEG-01 y SEG-02

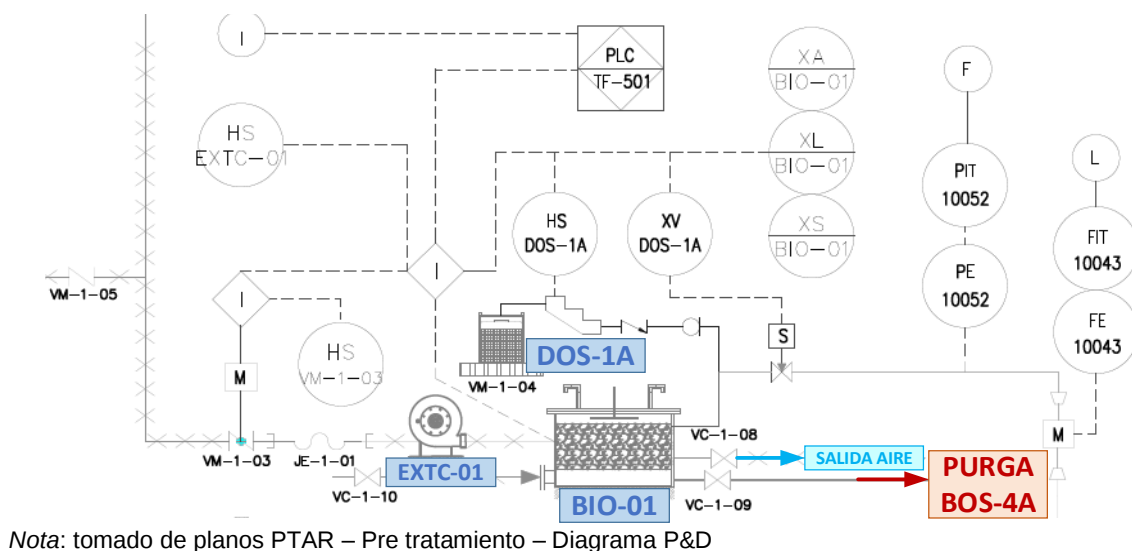
- De generarse una sobrecarga en el SEG-01 o en el SEG-02, esta se debe de evidenciar en el HMI del TF-301 para el SEG-01, en el TF-401 para el SEG-02, HMI del TC-1 y Scada.

3.2.1.16 Biofiltro Inorgánico 01 y 02 (BIO-01 y BIO-02). Los biofiltros están diseñados para remover más los sulfuros de hidrogeno, mercaptanos y otros olores causados por componentes existentes en el pretratamiento.

Cada biofiltro cuenta con un extractor de aire que conduce los gases olorosos a través de la media de filtración en sentido ascendente; el aire filtrado es descargado hacia la atmosfera mediante una chimenea de salida. Cuentan también con una bomba dosificadora para el suministro de una solución de nutrientes líquido. A medida de ejemplo en la figura 44 se muestra el esquema del BIO-01, el cual será similar para BIO-02.

Figura 44

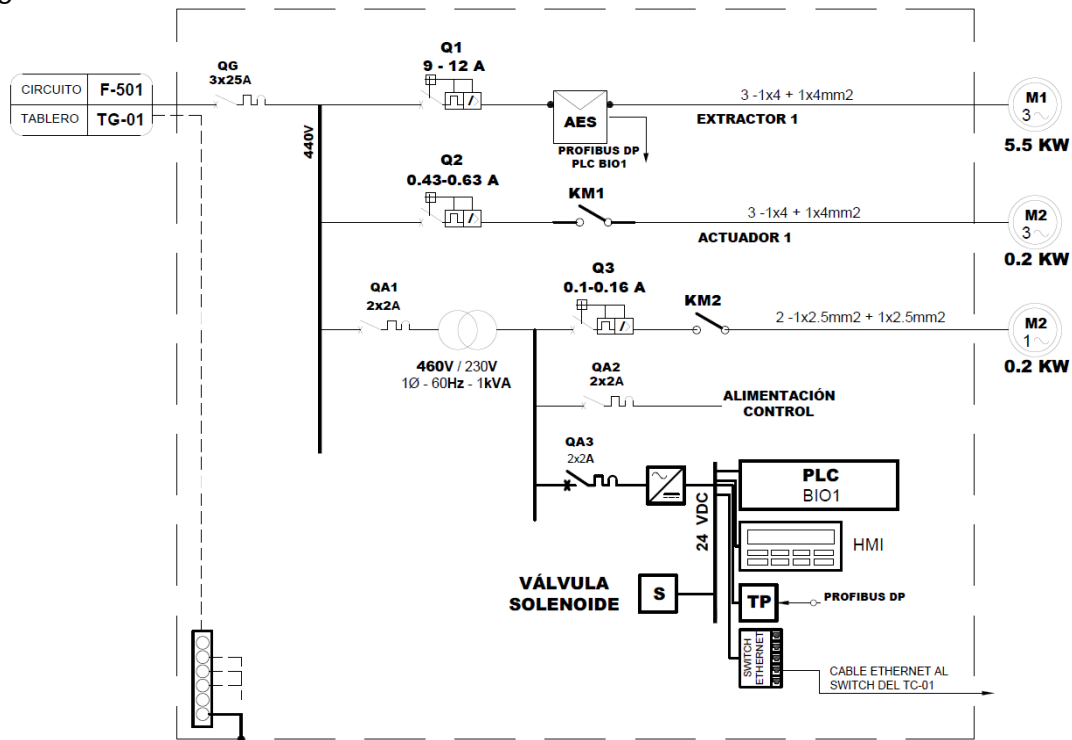
Biofiltro inorgánico 01 (BIO-01).



Los tableros de fuerza para el accionamiento de los biofiltros BIO-01 y BIO-02 tienen por rótulo “TF-501” y “TF-901” respectivamente. En la figura 45 se detalla el diagrama unifilar de TF-501 mientras que en la tabla 16 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del BIO-01; similarmente será para el BIO-02, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 45

Diagrama unifilar de TF-501.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 16

Modo de arranque y tipo de funcionamiento del BIO-01.

TF-501 (TAG de tablero de fuerza de biofiltro 1 BIO-01)	LOCAL (L) TF-501	MANUAL (M) TF-501	Pulsadores de arranque y parada del TF-501	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-501	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-501 o TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-501	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

Del arranque Local-Manual de la BIO-01 y BIO-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-501 para el BIO-01 y TF-901 para el BIO-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar el BIO-01 y/o BIO-02 con los pulsadores físicos de arranque parada. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de la BIO-01 y BIO-02 consiste en que en el tablero TF-501 para el BIO-01 y TF-901 para el SEG-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en automático (A); el BIO-01 y BIO-02 operará en función a la lógica almacenada en el TF-501 para el BIO-01 y TF-901 para el BIO-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TF-501 y TF-901 o TC-01.

El arranque Remoto-Manual de la BIO-01 y BIO-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-501 para el BIO-01 y TF-901 para el BIO-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar la BIO-01 y BIO-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de la BIO-01 y BIO-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-501 para el BIO-01 y TF-901 para el BIO-02 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el BIO-01 y BIO-02 operará en función a la lógica almacenada en el TF-501 para el BIO-01 y TF-901 para el BIO-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el BIO-01 y BIO-02 trabajará de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de BIO-01 y BIO-02

- Para que pueda arrancar el biofiltro BIO-01, la válvula VM-1-03 debe de estar abierto.
- Para que pueda arrancar el biofiltro BIO-02, la válvula VM-1-04 debe de estar abierto.
- Los selectores de todos los equipos (soplador, dosificador y válvula solenoide) que contempla cada biofiltro (BIO-01 y BIO-02) deberán estar en automáticos.
- El soplador de BIO-01 y BIO-02 trabajará por tiempos es decir en el HMI del tablero

adosado en cada biofiltro y en el Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

- El solenoide y la dosificadora de nutrientes siempre trabajaran juntas y nunca de forma independiente mientras estas se encuentren en automático; ambas trabajaran por tiempo, es decir en el HMI del tablero adosado en cada biofiltro y Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

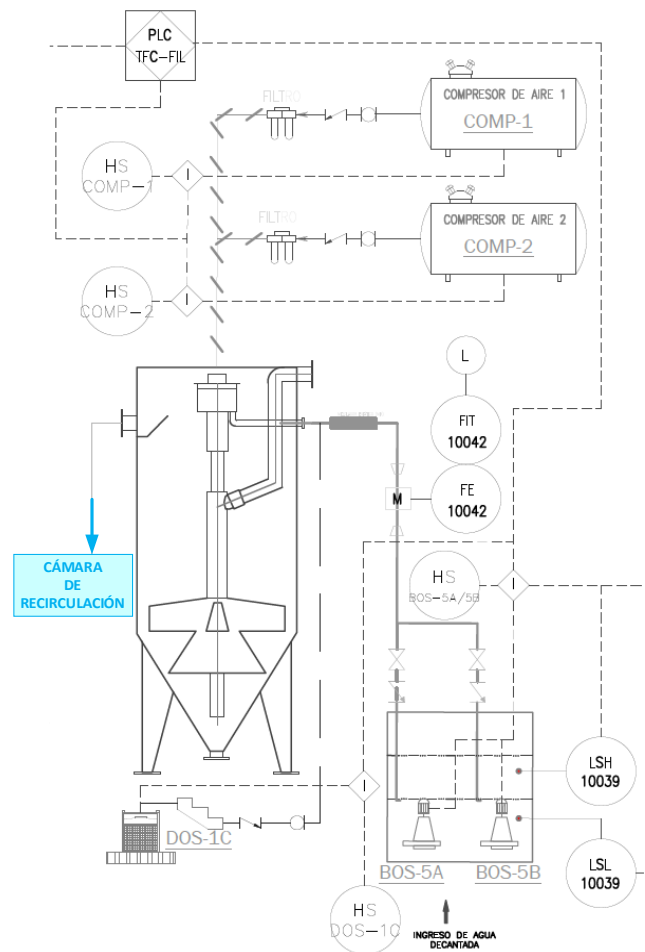
b) Fallas y alarmas de BIO-01 y BIO-02

- De generarse una falla en el soplador, sobrecarga en la dosificadora o cortocircuito en el solenoide de cada biofiltro BIO-01 o en el BIO-02, esta se debe de evidenciar en el HMI del tablero adosado en cada biofiltro y en el Scada.

3.2.1.17 Sistema de filtración. El objetivo del sistema de filtración es entregar agua libre de impurezas a la cámara de recirculación para su posterior disposición a los biofiltros. El sistema de biofiltros está compuesto por un Dynasand (DYN), 02 compresores (COMP-1 y COMP-2), una dosificadora de coagulante (DOS-1C) y dos bombas sumergibles (BOS-5A y BOS-5B). En la figura 46 se muestra un esquema de este sistema de filtración.

Figura 46

Sistema de filtración.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento del sistema de filtración tiene por rótulo “TFC-FIL”. En la figura 47 se detalla el diagrama unifilar de TFC-FIL mientras que en la tabla 17 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de filtración.

Diagrama unifilar de TFC-FIL.



Modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de filtración.

El arranque Local-Manual del sistema de filtración consiste en que en el tablero de fuerza TFC-FIL se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de filtración con los pulsadores físicos de arranque parada. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático del sistema de filtración consiste en que en el tablero TFC-FIL se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); el sistema de filtración operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TFC-FIL; es necesario que en su HMI se configure los parámetros necesarios.

El arranque Remoto-Manual del sistema de filtración consiste en que en el tablero de fuerza TFC-FIL se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de filtración con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático del sistema de filtración consiste en que en el tablero de fuerza TFC-FIL se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el sistema de filtración operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TFC-FIL de cada uno cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que en su HMI se configure los parámetros necesarios.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el sistema de filtración trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento del sistema de filtración

- Los selectores de los compresores (COMP-1 y COMP-2), una dosificadora (DOS-1C) y las bombas sumergibles (BOS-5A y BOS-5B) deberán estar en automático.
- Para el arranque de una de las bombas sumergibles del sistema de filtración (BOS-5A y BOS-5B) siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 10039) siempre deberá estar activado (Flanco positivo).
- Si la boya de nivel alto (LSH-10035) de la cámara de recirculación se encuentra en flanco positivo entonces se deberá detener el funcionamiento de las bombas sumergibles

- Las bombas sumergibles del sistema de filtración (BOS-5A y BOS-5B) deberán de funcionar de forma alternada cada uno por un periodo de 6 horas configurables
- Los compresores (COMP-1 y COMP-2) de filtración deberán de funcionar de forma alternada cada uno por un periodo de 6 horas configurables.
- Mientras la bomba sumergible (BOS-5A y BOS-5B) está en funcionamiento entonces la dosificadora (DOS-1C) funcionara en paralelo
- La lectura del sensor LE – 10042 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TFC-FIL, HMI del TC-01 y Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BOS-5A, BOS-5B, COMP-1, COMP-2 y DOS-3C en el HMI del TFC-FIL, HMI del TC-01 y Scada.

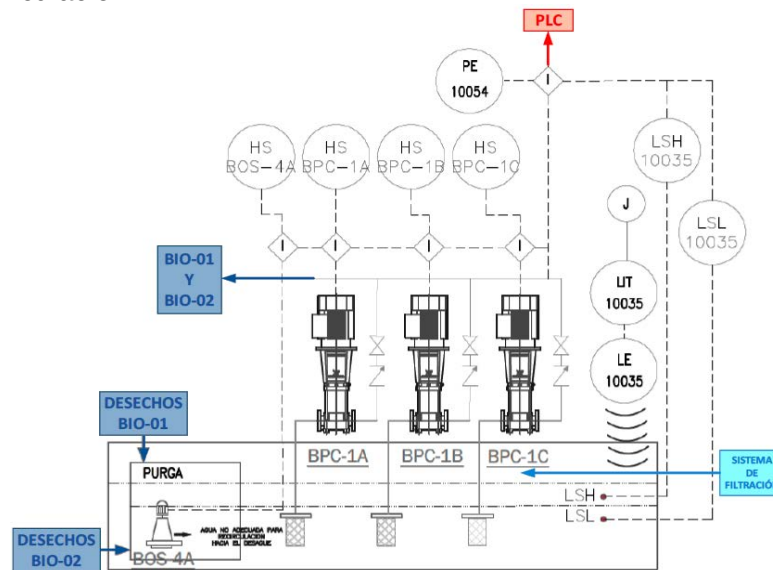
b) Fallas y alarmas del sistema de filtración

- De generarse una sobrecarga o falla en BOS-5A, BOS-5B, COMP-1, COMP-2 y DOS-3C, esta se debe de evidenciar en el HMI del TFC-FIL, HMI del TC-01 y Scada.
- Si una de las bombas BOS-5A o BOS-5B entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otra bomba de forma inmediata.
- Si uno de los compresores COMP-1 o COMP-2 entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar el otro compresor de forma inmediata.

3.2.1.18 Sistema de recirculación BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C. Toda el agua que viene del sistema de filtración se almacena en la cámara de recirculación; sobre ella se encuentran tres bombas BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C, cuya función es suministrar el agua a los biofiltros.

Figura 48

Sistema de recirculación.

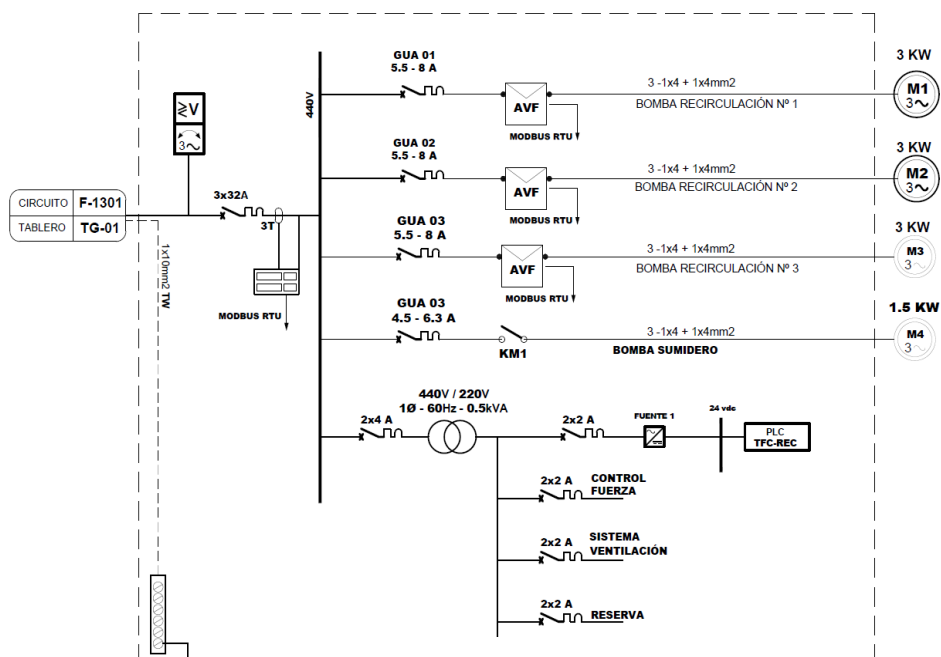


Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento del sistema de filtración tiene por rótulo “TFC-REC”. En la figura 49 se detalla el diagrama unifilar de TFC-REC mientras que en la tabla 18 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de recirculación.

Figura 49

Diagrama unifilar de TFC-REC.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 18

Modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de recirculación.

TFC-REC (TAG de tablero de fuerza del sistema de recirculación BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C)	LOCAL (L) TFC-REC	MANUAL (M) TFC-REC	Pulsadores de arranque y parada del TFC-REC	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TFC-REC	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TFC-REC o TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TFC-REC	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual del sistema de recirculación consiste en que en el tablero de fuerza TFC-REC se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores físicos de arranque parada. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático del sistema de recirculación consiste en que en el tablero de fuerza TFC-REC se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); el sistema de recirculación operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TFC-REC; es necesario que en su HMI se configure los parámetros necesarios.

El arranque Remoto-Manual del sistema de recirculación consiste en que en el tablero de fuerza TFC-REC se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático del sistema de recirculación consiste en que en el tablero de fuerza TFC-REC se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el

Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el sistema de recirculación operará en función a la lógica almacenada en su PLC de TFC-REC o cuya señal de arranque será vía Profibus; es necesario que en su HMI se configure los parámetros necesarios.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C, trabajará de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C

- Los selectores de BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 10035) siempre deberá estar activado (Flanco positivo).
- Las bombas trabajaran con el sensor LE-10035 para evitar la sección en vacío, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-10035 entonces el interruptor de nivel bajo (LSL – 10035) detendrá el funcionamiento de la bomba
- La BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C se debe de funcionar de forma alternada cada uno por un periodo de 8 horas configurables. en función a nivel del sensor LE – 10035.
- La lectura del sensor de nivel (LE – 10035), los caudal metros FE-10043 y FE-10044) y los sensores de presión (PE-10052 y PE-10053) deberá ser visible e idéntica en el HMI del TFC-REC, HMI del TC-01 y Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C en el HMI del TFC-REC, HMI del TC-01 y Scada.

b) Fallas y alarmas de BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C

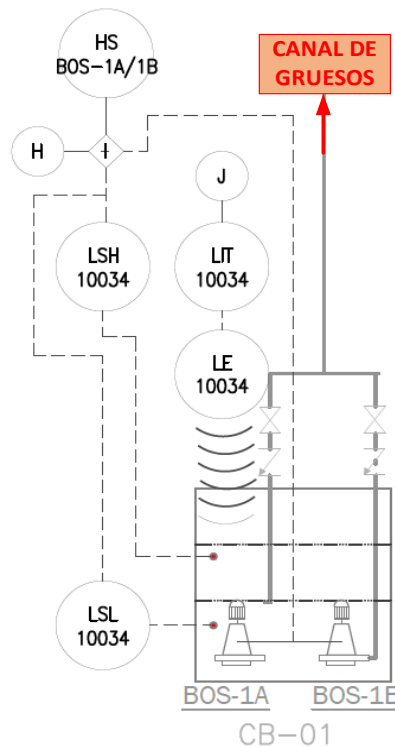
- De generarse una sobrecarga o falla en las bombas BPC-1A, BPC-2B y BPC-2C, esta se debe de evidenciar en el HMI del TFC-REC, HMI del TC-01 y Scada.

- Si una de las bombas BPC-1A, BPC-2B o BPC-2C entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otra bomba de forma inmediata.

3.2.1.19 Bombas sumergibles de la CB-01 (BOS-1A y BOS-1B). Toda el agua de rechazo (lixiviados) generada por la etapa de pretratamiento llega a la cámara de bombas CB-01; en ella se encuentran dos bombas sumergibles, cuya función es enviar toda el agua de vuelta al ingreso del pretratamiento. En la figura 50 se muestra un esquema del sistema de estas bombas.

Figura 50

Bombas sumergibles de la CB 01 (BOS-1A y BOS-1B).

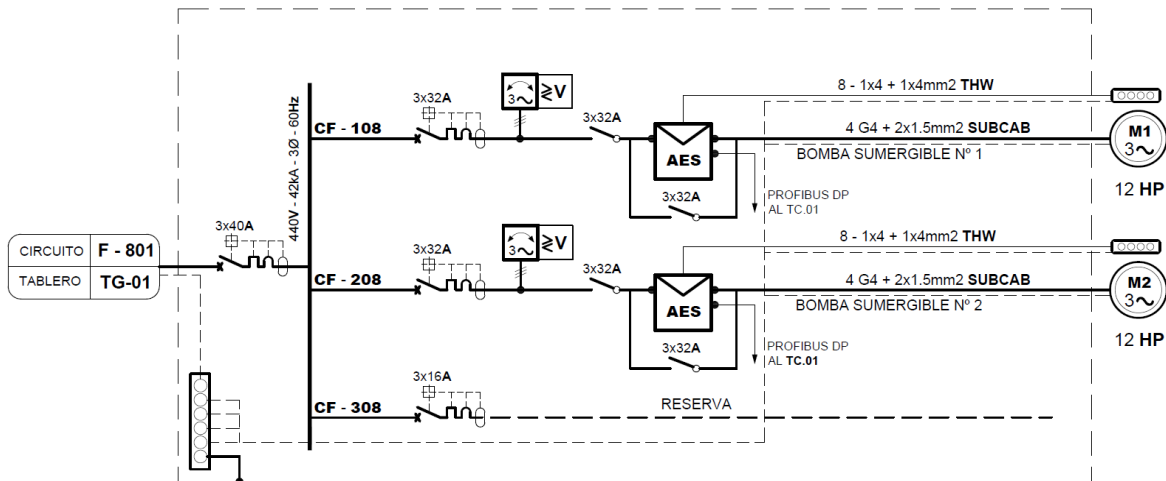


Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de las bombas sumergibles BOS-1A y BOS-1B tiene por rotulo “TF-801”. En la figura 51 se detalla el diagrama unifilar de TF-801 mientras que en la tabla 19 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de las bombas sumergibles BOS-1A y BOS-1B.

Figura 51

Diagrama unifilar de TF-801.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 19

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOS-1A/1B.

TF-801 (TAG de tablero de fuerza del sistema de bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) de la CB1	LOCAL (L) TF-801	MANUAL (M) TF-801	Pulsadores de arranque y parada del TF-801	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-801	Funcionamiento por nivel	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-801	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Funcionamiento por nivel	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-801 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) con los pulsadores físicos de arranque parada. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-801 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia el conmutador MOA en

automático (A); las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-801.

El arranque Remoto-Manual de las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-801 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-801 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); las bombas sumergibles (BOS-1A y BOS-1B) operará en función a la lógica almacenada en su PLC de TF-801 o cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto la BOS-1A y BOS-1B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BOS-1A y BOS-1B

- Los selectores de BOS-01 y BOS-02 deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas sumergibles siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 10034) siempre deberá estar activado (Flanco positivo).
- Las bombas sumergibles trabajaran por nivel con el sensor LE-10034, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-10034 entonces el interruptor de nivel bajo (LSL – 10034) detendrá el funcionamiento de la bomba
- La BOS-1A y BOS-1B se deberán alternar en función a nivel de arranque indicado por el sensor LE – 10034.
- La lectura del sensor LE – 10034 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TF-801, HMI del TC-1 y Scada.

- Se deberá monitorear todos los estados de la BOS-1A y BOS-1B en el HMI del TF-801, HMI del TC-1 y Scada.

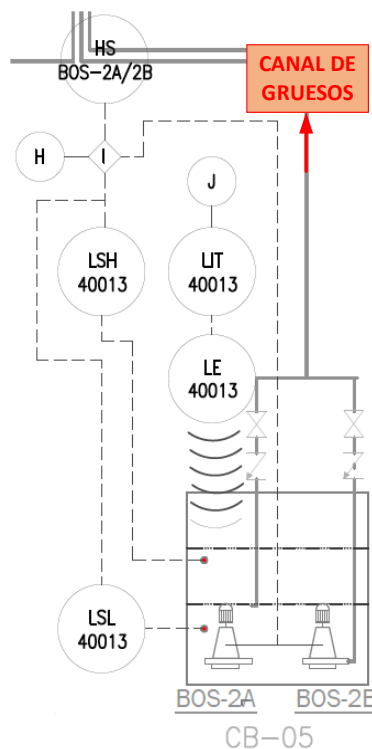
b) Fallas y alarmas de BOS-1A y BOS-1B

- De generarse una sobrecarga o falla en el BOS-1A o en el BOS-1B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TF-801, HMI del TC-1 y Scada.
- Si una de las bombas BOS-1A o BOS-1B entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otra bomba de forma inmediata.

3.2.1.20 Bombas sumergibles de la CB-05 (BOS-2A y BOS-2B). Toda el agua de rechazo (lixiviados) generada por el tratamiento de lodos llega a la cámara de bombas CB-05; en ella se encuentran dos bombas sumergibles, cuya función es enviar toda el agua de regreso al ingreso del pretratamiento.

Figura 52

Bombas sumergibles de la CB-05 (BOS-2A y BOS-2B).



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de las bombas sumergibles BOS-2A y BOS-2B tiene por rotulo “TF-506”. Este tablero es mostrado en la figura 98 (Etapa Tratamiento de Lodos); en la tabla 20 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de las bombas sumergibles BOS-2A y BOS-2B.

Tabla 20

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOS-2A/2B.

TF-506 (TAG de tablero de fuerza del sistema de bombas sumergibles (BOS-2A y BOS-2B) de la CB-05	LOCAL (L) TF-506	MANUAL (M) TF-506	Pulsadores de arranque y parada del TF-506	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-506	Funcionamiento por nivel	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-506	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Funcionamiento por nivel	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de las bombas sumergibles (BOS-2A y BOS-2B) consiste en que TF-506 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de control se debe colocar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores físicos de arranque y parada.

El arranque Local-Automático de las bombas sumergibles (BOS-2A y BOS-2B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-506 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en automático (A); las bombas sumergibles (BOS-2A y BOS-2B) operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-506.

El arranque Remoto-Manual de las bombas sumergibles (BOS-2A y BOS-2B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-506 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos de las bombas sumergibles (BOS-2A y BOS-2B) con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de BOS-2A y BOS-2B consiste en que en el TF-506 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto y en el Scada se debe posicionar el MOA virtual en automático; las bombas BOS-2A y BOS-2B operará en función a la lógica almacenada en su PLC de TF-506 o cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el BOS-2A y BOS-2B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BOS-2A y BOS-2B

- Los selectores de BOS-2A y BOS-2B deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas sumergibles siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 40013) siempre deberá estar activado (flanco positivo).
- Las bombas sumergibles trabajaran por nivel con el sensor LE-40013, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-40013 entonces el interruptor de nivel bajo LSL – 40013) detendrá el funcionamiento de la bomba
- La BOS-2A y BOS-2B se deberán alternar en función a nivel de arranque indicado por el sensor FE – 40013.
- La lectura del sensor LE – 40013 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TC-06 y Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BOS-2A y BOS-2B en el HMI del TC-06 y Scada.

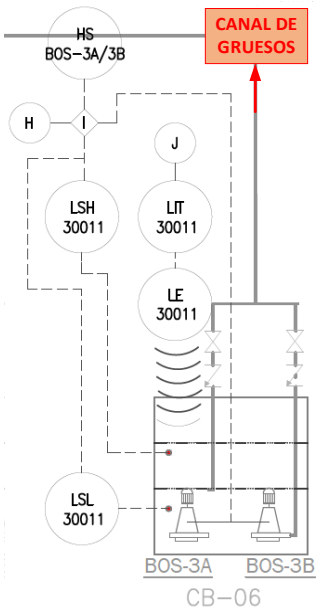
b) Fallas y alarmas de BOS-2A y BOS-2B

- De generarse una sobrecarga o falla en el BOS-2A o en el BOS-2B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y Scada.
- Si una de las bombas BOS-2A o BOS-2A entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otro de forma inmediata.

3.2.1.21 Bombas sumergibles de la CB-06 (BOS-3A y BOS-3B). Toda el agua de rechazo (lixiviados) generada por el edificio administrativo y talleres llega a la cámara de bombas CB-06, en ella se encuentran dos bombas sumergibles cuya función es enviar toda el agua de regreso al ingreso del pretratamiento.

Figura 53

Bombas sumergibles de la CB-06 (BOS-3A y BOS-3B).



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de las bombas sumergibles BOS-3A y BOS-3B tiene por rotulo “TB-CB6”. Este tablero es similar al tablero “TF-801” mostrado en la figura 51; en la tabla 21 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de las bombas sumergibles BOS-3A y BOS-3B.

Tabla 21

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOS-3A y BOS-3B.

TB-CB6 (TAG de tablero de fuerza del sistema de bombas sumergibles BOS-3A y BOS-3B de la CB6)	LOCAL (L) TB-CB6	MANUAL (M) TB-CB6	Pulsadores de arranque y parada del TB-CB6	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TB-CB6	Funcionamiento por nivel	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TB-CB6	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Funcionamiento por nivel	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de las bombas sumergibles (BOS-3A y BOS-3B) consiste en que en el tablero de fuerza TB-CB6 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas sumergibles (BOS-3A y BOS-3B) con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático de las bombas sumergibles (BOS-3A y BOS-3B) consiste en que en el tablero de fuerza TB-CB6 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); las bombas sumergibles (BOS-3A y BOS-3B) operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TB-CB6.

El arranque Remoto-Manual de las bombas sumergibles (BOS-3A y BOS-3B) consiste en que en el tablero de fuerza TB-CB6 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas sumergibles (BOS-3A y BOS-3B) con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto - Automático de BOS-3A y BOS-3B consiste en que en el TB-CB6 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto y en el Scada se debe posicionar el MOA virtual en automático; las bombas BOS-3A y BOS-3B operará en función a la lógica almacenada en su PLC de TB-CB6 o cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el BOS-3A y BOS-3B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BOS-3A y BOS-3B

- Los selectores de BOS-3A y BOS-3B deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas sumergibles siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 30011) siempre deberá estar activado (flanco positivo).
- Las bombas sumergibles trabajaran por nivel con el sensor LE-30011, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-30011 entonces el interruptor de nivel bajo LSL – 30011) detendrá el funcionamiento de la bomba.

- La BOS-3A y BOS-3B se deberán alternar en función a nivel de arranque indicado por el sensor FE – 30011.
- La lectura del sensor LE – 30011 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TC-01 y Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BOS-3A y BOS-3B en el HMI del TC-01 y Scada.

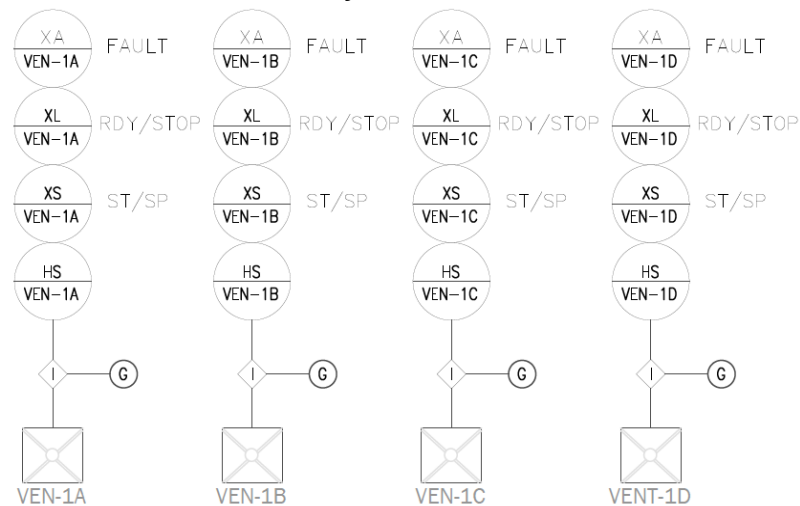
b) Fallas y alarmas de BOS-3A y BOS-3B

- De generarse una sobrecarga o falla en el BOS-3A o en el BOS-3B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-01 y Scada.
- Si una de las bombas BOS-3A o BOS-3A entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otro de forma inmediata.

3.2.1.22 Ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D. La función de los ventiladores es inyectar aire al interior de la sala de pretratamiento.

Figura 54

Ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D.



Nota: tomado de planos PTAR – Pre tratamiento – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de los ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D tiene por rotulo “TF-601”. El diagrama unifilar de este tablero se detalló

en la figura 40; en la tabla 22 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del sistema de ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D.

Tabla 22

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-1A/1B/1C/1D.

TF-601 (TAG de tablero de fuerza del sistema de ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D)	LOCAL (L) TF-601	MANUAL (M) TF-601	Pulsadores de arranque y parada del TF-601	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO (A) TF-601	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TF-601 o TC-01	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO (R) TF-601	MANUAL (M) Commutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO (A) Commutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D consiste en que en el tablero TF-601 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los ventiladores con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático de los ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); los ventiladores operarán en función a la lógica almacenada en el TF-601; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TC-01.

El arranque Remoto-Manual de los ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los ventiladores con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 se debe posicionar, el conmutador

LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); los ventiladores operarán en función a la lógica almacenada en el TC-01; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces los ventiladores trabajarán de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D

- Los selectores de VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D deberán estar en automáticos.
- Cada ventilador trabajará por tiempos es decir en el HMI del TF-601, HMI del TC-01 y Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D

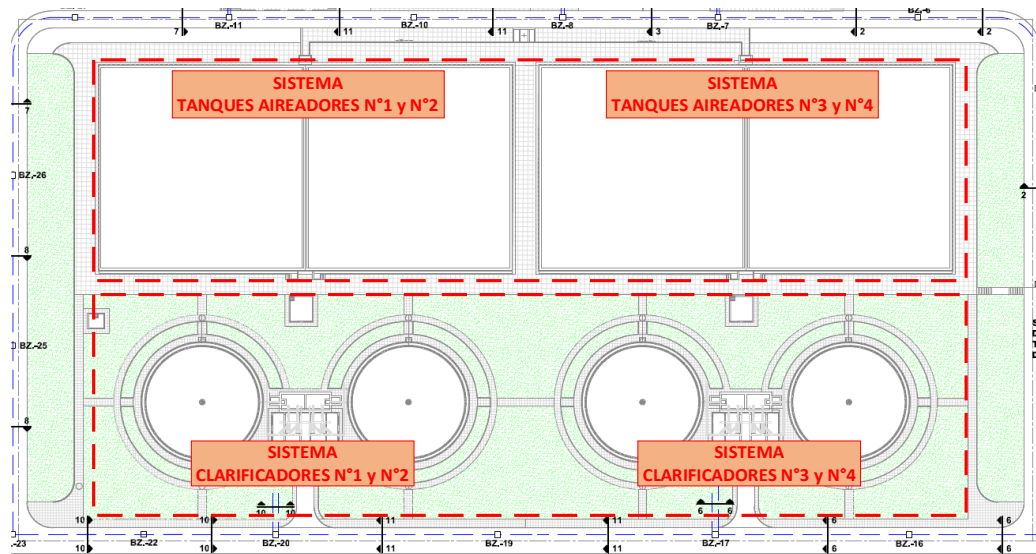
- De generarse una sobrecarga en uno de los ventiladores VEN-1A, VEN-1B, VEN-1C y VEN-1D, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-01 y Scada.

3.2.2 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario es la segunda fase del proceso de tratamiento de aguas residuales, su objetivo consiste en la eliminación de la materia orgánica del agua residual procedente del tratamiento primario. Esta etapa se compone de 04 tanques de aireación (Aireadores) y 04 tanques clarificadores (Clarificadores), como se muestra en la figura 55.

Figura 55

Esquema del tratamiento secundario.



Nota: tomado de planos PTAR – Sistema de control y Scada – Planta general

En las tablas 23 y 24 se detallan, respectivamente, la lista de equipos involucrados en la aireación y clarificación, estos correspondientes a la etapa de tratamiento secundario.

Tabla 23*Lista de equipos utilizados en los aireadores.*

Equipos del tratamiento secundario - Aireadores		
Ítem	Tag	Descripción
1	TQA-1	Tanque de aireación 1
2	TQA-2	Tanque de aireación 2
3	TQA-3	Tanque de aireación 3
4	TQA-4	Tanque de aireación 4
5	MEX-1A	Mezclador vertical 1 - TQA-1
6	MEX-1B	Mezclador vertical 2 - TQA-1
7	MEX-2A	Mezclador vertical 1 - TQA-2
8	MEX-2B	Mezclador vertical 2 - TQA-2
9	MEX-3A	Mezclador vertical 1 - TQA-3
10	MEX-3B	Mezclador vertical 2 - TQA-3
11	MEX-4A	Mezclador vertical 1 - TQA-4
12	MEX-4B	Mezclador vertical 2 - TQA-4
13	SOP-2A	Turbosoplador 1 para TQA-1 Y TQA-2
14	SOP-2B	Turbosoplador 2 para TQA-1 Y TQA-2
15	SOP-2C	Turbosoplador 3 para TQA-1 Y TQA-2
16	SOP-3A	Turbosoplador 1 para TQA-3 Y TQA-4
17	SOP-3B	Turbosoplador 2 para TQA-3 Y TQA-4
18	SOP-3C	Turbosoplador 3 para TQA-3 Y TQA-4
19	BCM-01	Bomba sumergible 1 TQA-1
20	BCM-02	Bomba sumergible 1 TQA-2
21	BCM-03	Bomba sumergible 1 TQA-3
22	BCM-04	Bomba sumergible 1 TQA-4
23	PPE-1	Polipasto eléctrico 1
24	PPE-2	Polipasto eléctrico 2
25	VEN-2A	Ventilador 2A de sala de turbosopladores 1
26	VEN-2B	Ventilador 2B de sala de turbosopladores 1
27	VEN-2C	Ventilador 2C de sala de turbosopladores 1
28	VEN-2D	Ventilador 2D de sala de turbosopladores 1
29	EXT-2A	Extractor 2A de sala de turbosopladores 1
30	EXT-2B	Extractor 2B de sala de turbosopladores 1
31	EXT-2C	Extractor 2C de sala de turbosopladores 1
32	VEN-3A	Ventilador 3A de sala de turbosopladores 2
33	VEN-3B	Ventilador 3B de sala de turbosopladores 2
34	VEN-3C	Ventilador 3C de sala de turbosopladores 2
35	VEN-3D	Ventilador 3D de sala de turbosopladores 2
36	EXT-3A	Extractor 3A de sala de turbosopladores 2
37	EXT-3B	Extractor 3B de sala de turbosopladores 2
38	EXT-3C	Extractor 3C de sala de turbosopladores 2

Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario – Diagrama P&D

Tabla 24

Lista de equipos utilizados en los clarificadores.

Equipos del tratamiento secundario - Clarificadores		
Ítem	Tag	Descripción
1	CLR-01	Clarificador 1
2	CLR-02	Clarificador 2
3	CLR-03	Clarificador 3
4	CLR-04	Clarificador 4
5	PB-CLR-01	Puente barredor de clarificador 1
6	PB-CLR-02	Puente barredor de clarificador 2
7	PB-CLR-03	Puente barredor de clarificador 3
8	PB-CLR-04	Puente barredor de clarificador 4
9	CTE-08	Compuerta de ingreso a cámara húmeda
10	CTE-09	Compuerta de ingreso a cámara húmeda
11	VEN-4A	Ventilador 4A en CB2
12	EXT-4A	Extractor 4A en CB2
13	VEN-5A	Ventilador 5A en CB3
14	EXT-5A	Extractor 5A en CB3

Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario – Diagrama P&D

En las tablas 3.22 y 3.23 se detallan, respectivamente, la lista de instrumentación involucrados en la aireación y clarificación, estos correspondientes a la etapa de tratamiento secundario.

Tabla 25

Lista de instrumentación utilizados en los aireadores.

Instrumentación tratamiento secundario (aireadores)		
Ítem	Tag	Descripción
1	AIC-20011	Controlador de oxígeno disuelto de entrada - TQ-1
2	AE-20011	Sensor de oxígeno disuelto de entrada - TQ-1
3	AIC-20012	Controlador de oxígeno disuelto de salida - TQ-1
4	AE-20012	Sensor de oxígeno disuelto de salida - TQ-1
5	AIC-20013	Controlador de solidos suspendidos- TQ-1
6	AE-20013	Sensor de solidos suspendidos- TQ-1
7	AIC-20014	Controlador de PH - TQ-1
8	AE-20015	Sensor de PH - TQ-1
9	AFM-01	Alfameter 01
10	AIC-20015	Controlador de oxígeno disuelto de entrada - TQ-2
11	AE-20015	Sensor de oxígeno disuelto de entrada - TQ-2
12	AIC-20016	Controlador de oxígeno disuelto de salida - TQ-2
13	AE-20016	Sensor de oxígeno disuelto de salida - TQ-2
14	AIC-20017	Controlador de solidos suspendidos- TQ-2
15	AE-20017	Sensor de solidos suspendidos- TQ-2
16	AIC-20018	Controlador de PH - TQ-2
17	AE-20018	Sensor de PH 2- TQ-2
18	AFM-02	Alfameter 02
19	AIC-20019	Controlador de oxígeno disuelto de entrada - TQ-3
20	AE-20019	Sensor de oxígeno disuelto de entrada - TQ-3
21	AIC-20020	Controlador de oxígeno disuelto de salida - TQ-3
22	AE-20020	Sensor de oxígeno disuelto de salida - TQ-3
23	AIC-20021	Controlador de solidos suspendidos- TQ-3
24	AE-20021	Sensor de solidos suspendidos- TQ-3
25	AIC-20022	Controlador de PH - TQ-3
26	AE-20022	Sensor de PH 2- TQ-3
27	AFM-04	Alfameter 03
28	AIC-20023	Controlador de oxígeno disuelto de entrada - TQ-4
29	AE-20023	Sensor de oxígeno disuelto de entrada - TQ-4
30	AIC-20024	Controlador de oxígeno disuelto de salida - TQ-4
31	AE-20024	Sensor de oxígeno disuelto de salida - TQ-4
32	AIC-20025	Controlador de solidos suspendidos- TQ-4
33	AE-20025	Sensor de solidos suspendidos- TQ-4
34	AIC-20026	Controlador de PH - TQ-4
35	AE-20026	Sensor de PH 2- TQ-4
36	AFM-04	Alfameter 04

Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario – Diagrama P&D

Tabla 26

Lista de instrumentación utilizados en los clarificadores.

Instrumentación tratamiento secundario (clarificadores)		
Ítem	Tag	Descripción
1	LE-20032	Sensor de nivel clarificador 1
2	LIT-20032	Transmisor indicador de clarificador1
3	LE-20033	Sensor de nivel clarificador 2
4	LIT-20033	Transmisor indicador de clarificador 2
5	LE-20034	Sensor de nivel clarificador 3
6	LIT-20034	Transmisor indicador de clarificador3
7	LE-20035	Sensor de nivel clarificador 4
8	LIT-20035	Transmisor indicador de clarificador 4
9	FE-30041	Sensor de caudal de ingreso a la unidad de desinfección
10	FIT-30041	Transmisor indicador de caudal de ingreso a la unidad de desinfección

Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario – Diagrama P&D

Todos los equipos e instrumentación que pertenecen al tratamiento secundario se alimentan desde los tableros TG-02, TG-03, TG-04 y TG-05 y son comandados por los tableros de control TC-02, TC-03, TC-04 y TC-05 respectivamente, los cuales se detallan en la tabla 27.

Tabla 27

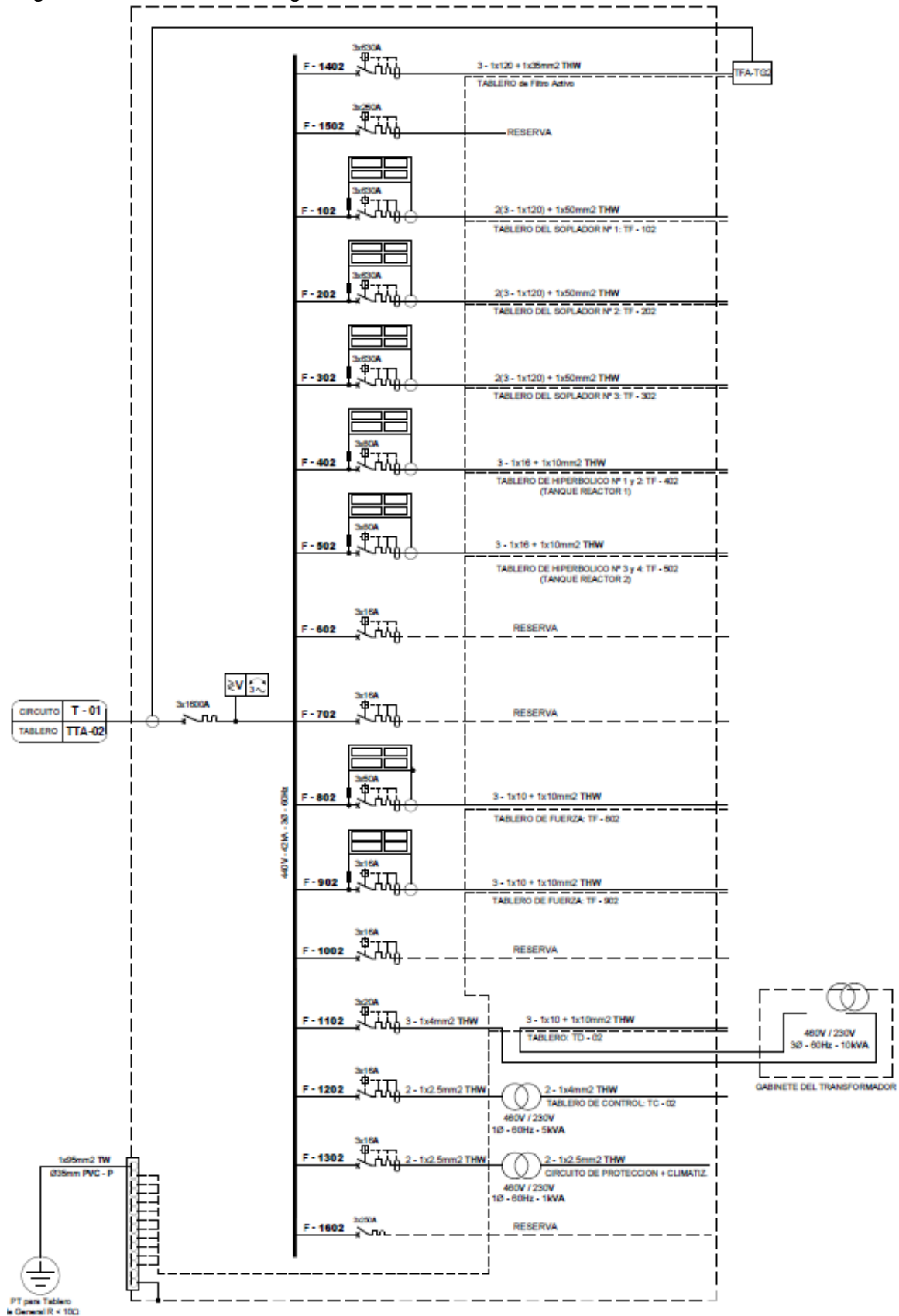
Tableros de alimentación y control para el tratamiento secundario.

TANQUES DE AIREACIÓN Nº 1 Y 2	TG-02	TC-02
TANQUES DE AIREACIÓN Nº 3 Y 4	TG-03	TC-03
CLARIFICADORES Nº 1 Y 2	TG-04	TC-04
CLARIFICADORES Nº 3 Y 4	TG-05	TC-05

En la figura 56, figura 57, figura 58 y figura 59 se detalla los diagramas unifilares de los tableros TG-02, TC-02. TG-04 y TC-04 respectivamente. La operación de los Tanques de Aireación Nº 1 y 2 y los Tanques de Aireación Nº 3 y 4 es la misma, por lo que el TG-02 y el TG-03 son similares, así como también el TC-02 y el TC-03. De la misma manera para los Clarificadores Nº 1 y 2 y los Clarificadores Nº 3 y 4, su operación es la misma; por lo que el TG-04 y el TG-05 son similares, así como también el TC-04 y el TC-05.

Figura 56

Diagrama unifilar del tablero general TG-02.



Nota: tomado de planos PTAR – Tanques de aireación N°1 y N°2 – Diagramas unifilares de fuerza

Diagrama unifilar del tablero de control TC-02.

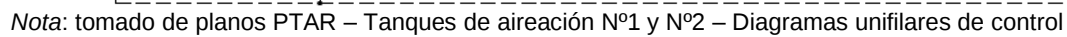
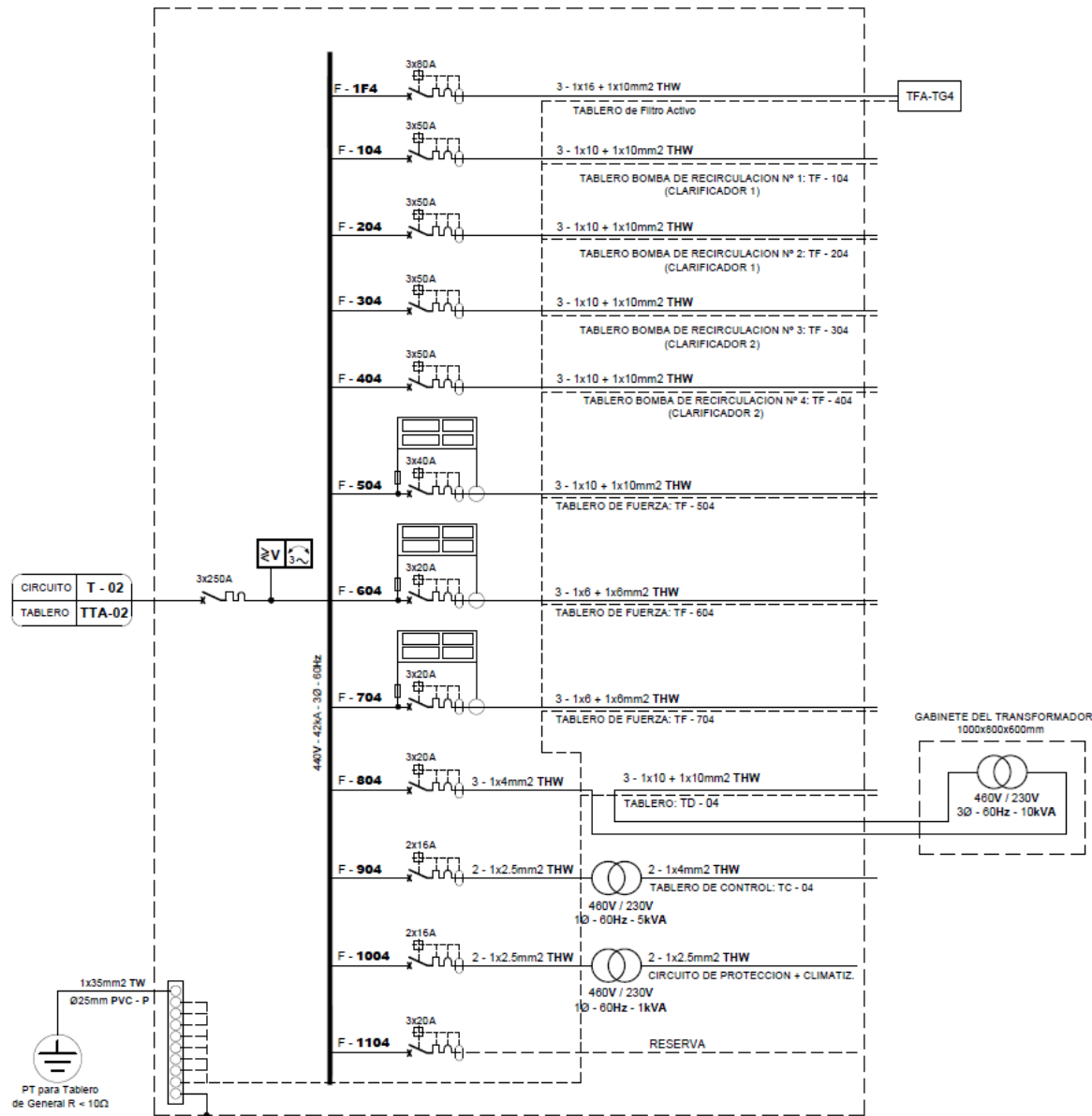


Figura 58

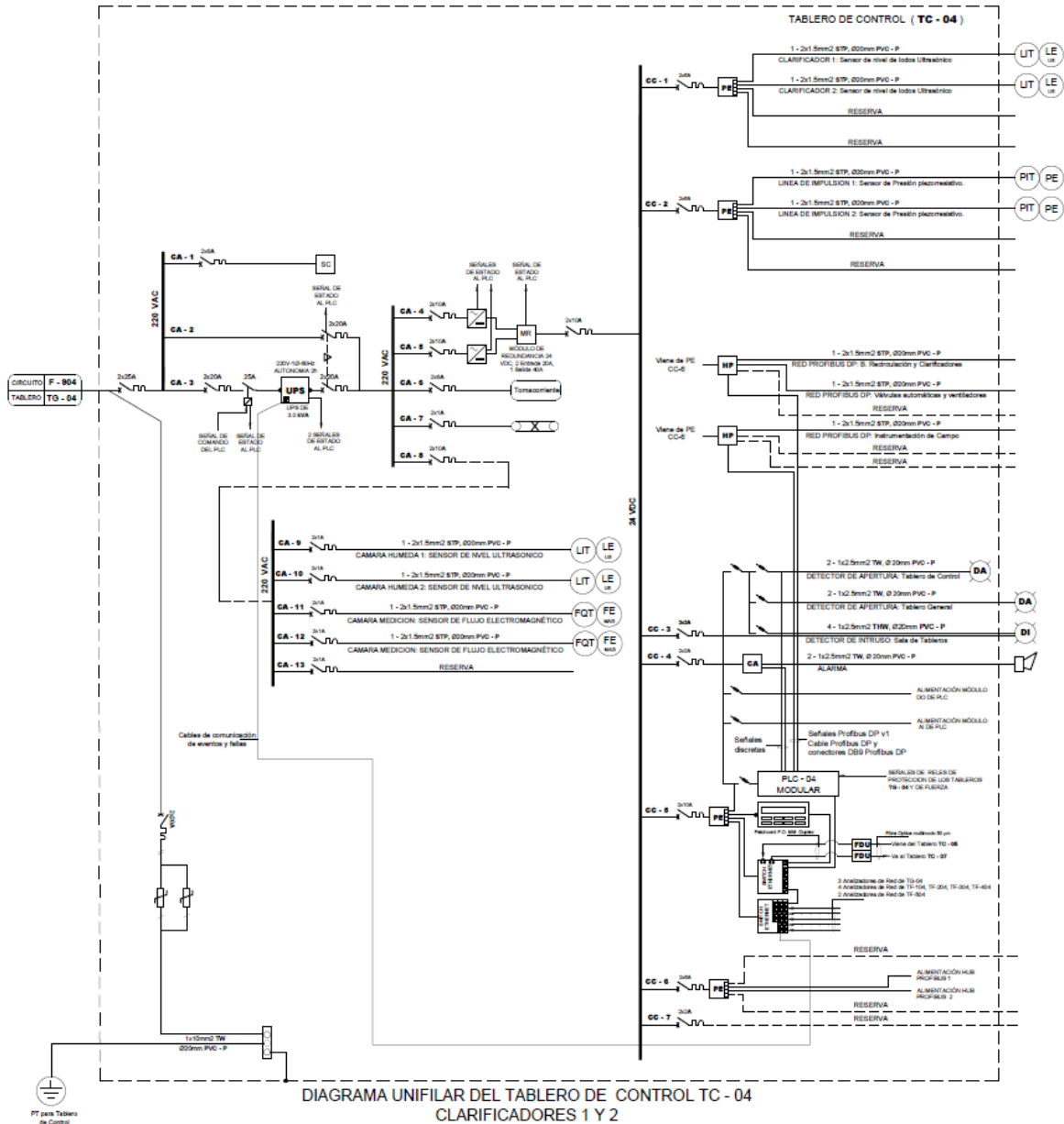
Diagrama unifilar del tablero general TG-04.



Nota: tomado de planos PTAR – Clarificadores N°1 y N°2 – Diagramas unifilares de fuerza

Figura 59

Diagrama unifilar del Tablero de Control TC-04.



Nota: tomado de planos PTAR – Clarificadores N°1 y N°2 – Diagramas unifilares de control

A continuación, se detalla la descripción de los equipos involucrados en la etapa de tratamiento secundario y la filosofía de operación de cada una de ellas.

3.2.2.1 Oxigenación de los tanques de aireación. Para la correcta oxigenación de los tanques de aireación se va a requerir de varios equipos e instrumentos que están enlazados entre ellos, cada tanque de aireación cuenta con la instrumentación necesaria

para monitorear en tiempo real el PH, solidos suspendidos y oxígeno disuelto. La tabla 28 se detalla a los sopladores utilizados para la oxigenación en cada tanque de aireación.

Tabla 28

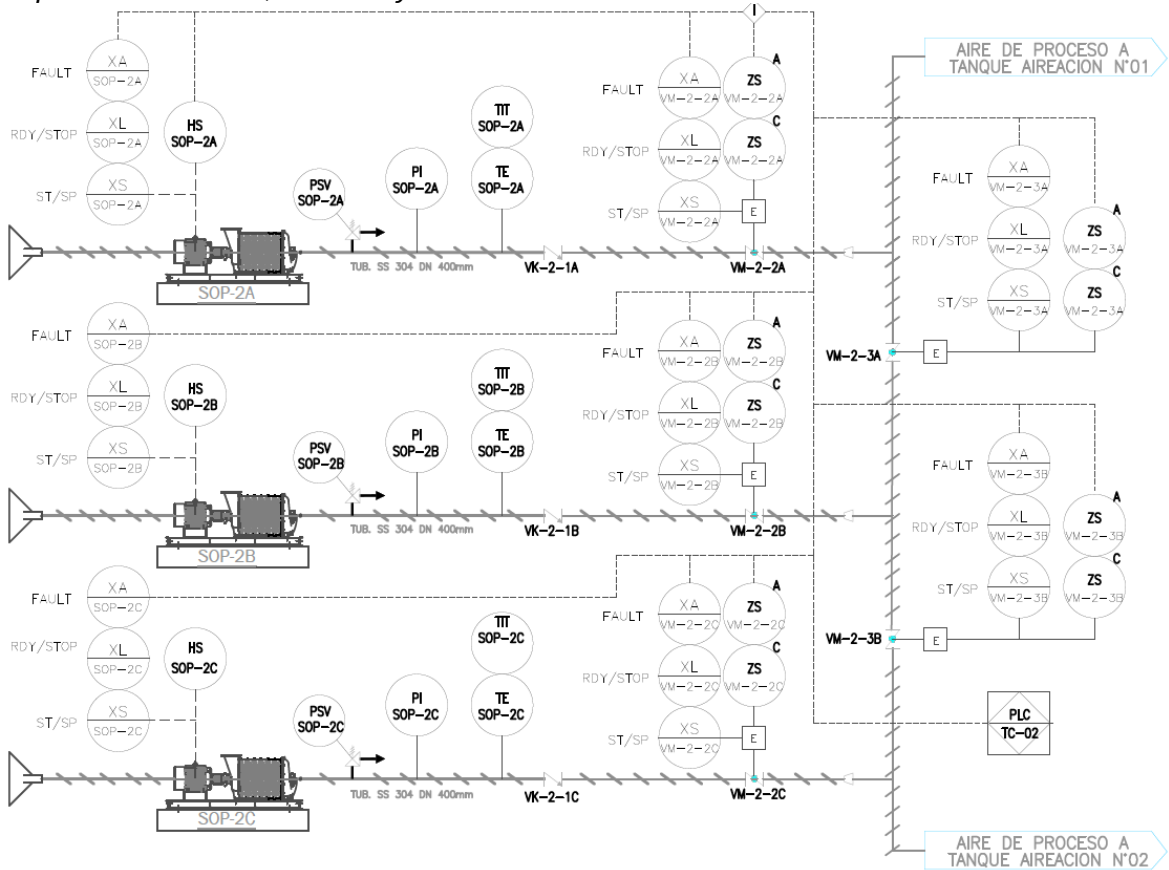
Lista de sopladores utilizados en cada tanque de aireación.

Oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2	SOP-2A	TF-102
	SOP-2B	TF-202
	SOP-2C	TF-302
Oxigenación de los tanques de aireación 3 y 4	SOP-3A	TF-103
	SOP-3B	TF-203
	SOP-3C	TF-303

En la figura 60 se muestra a los sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C, los cuales inyectan aire hacia los tanques de aireación 1 y 2; lo mismo sucede para los sopladores SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C, solo que estos que inyectan aire hacia los tanques de aireación 3 y 4.

Figura 60

Sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C.

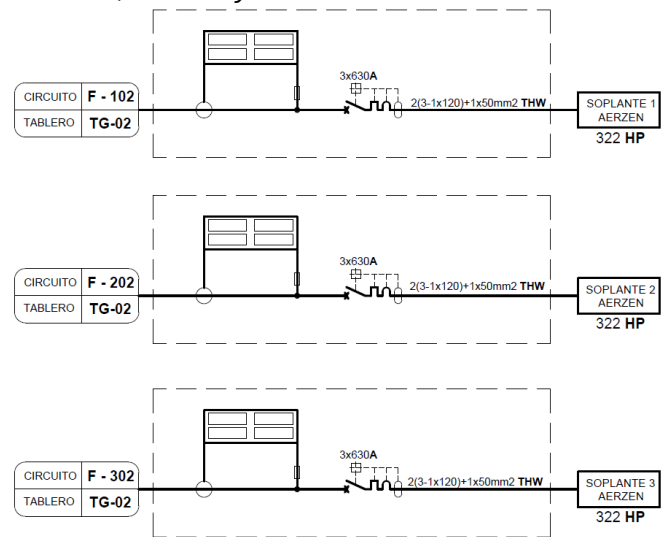


Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento Secundario (Aireadores) – Diagrama P&D

Los tableros de fuerza para el accionamiento de los sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C tienen por rótulo “TF-102”, “TF-202” y “TF-302” respectivamente y para los sopladores SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C tienen por rótulo “TF-103”, “TF-203” y “TF-303” respectivamente. En la figura 61 se detalla el diagrama unifilar de TF-102, TF-202 y TF-302 mientras que en la tabla 29 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de los sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C; similarmente será para SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 61

Diagrama unifilar de TF-102, TF-202 y TF-302.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento Secundario (Aireadores) – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 29

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-2A/2B/2C.

Oxygenación de los tanques de aireación 1 y 2 (SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C)	LOCAL HMI del TC-02	MANUAL HMI del TC-02	HMI de Turbosoplador SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C (opción control local)	Enclavamiento por comunicación interna
		AUTOMÁTICO HMI del TC-02	Alphameter HMI del TC-02	Enclavamiento por cableado duro
			Oxígeno disuelto HMI del TC-02	Enclavamiento por cableado duro
			Tiempos HMI del TC-02	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO HMI del TC-02	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Configuración de parámetros desde el SCADA	Enclavamiento por cableado duro

El arranque Local - Manual del sistema de oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2 (SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C) consiste en que en el HMI del tablero de control TC-02 se debe posicionar, el conmutador virtual LOR en local (L) y el conmutador virtual MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar uno de los Turbosopladores seleccionando la opción de control local en su HMI. Es importante recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local - Automático del sistema de oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2 (SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C) consiste en que en el HMI del tablero de control TC-02 se debe posicionar, el conmutador virtual LOR en local (L) y el conmutador virtual MOA en automático (A); el sistema de oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2 (SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C) operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TC-02; es necesario que en su HMI se elija el tipo de funcionamiento.

El arranque Remoto - Manual del sistema de oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2 (SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C) consiste en que en el HMI del tablero de control TC-02 se debe posicionar, el conmutador virtual LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los Turbosopladores con los pulsadores virtuales de arranque parada.

El arranque Remoto - Automático del sistema de oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2 (SOP-2A, SOP-2B o SOP-2C) consiste en que en el HMI del tablero de control TC-02 se debe posicionar, el conmutador virtual LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el sistema de oxigenación de los tanques de aireación 1 y 2 operará en función a la lógica almacenada en su PLC de TC-02; es necesario que en su HMI se elija el tipo de funcionamiento.

El modo de arranque y tipo de funcionamiento de la oxigenación de los tanques de aireación 3 Y 4 (SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C) son similares; solo variará el Tablero de Control que en este caso sería el TC-03. La oxigenación que necesita los tanques de aireación funcionará de 3 maneras el cual se detalla a continuación:

a) Funcionamiento con el Alphameter en TQA-01 Y TQA-02

Para que el sistema de oxigenación en el tanque de aireación pueda trabajar con el Alphameter, deberá estar enlazado con los turbos sopladores Aerzen y el sensor de oxígeno disuelto

- Para este tipo funcionamiento es necesario seleccionar en el HMI del TC-02 el funcionamiento por Alphameter
- Cada que entre en operación un turbo soplador entonces deberá abrirse la válvula que le corresponda, es decir; si el SOP-2A arranca, entonces deberá abrirse junto con la válvula VM-2-2A; para el SOP-2B la válvula VM-2-2B y para el SOP-2C la válvula VM-2-2C.
- Los turbosopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C pueden trabajar con cualquier tanque de aireación (TQA-01 y TQA-02) mediante la apertura o cierre de las válvulas (VM-2-3A y VM-2-3B) según convenga
- En el HMI del TC-02 se deberá seleccionar el tanque de aireación (TQA) y que turbo soplador operara, es decir si solo opera un TQA, entonces solo debe funcionar un turbo soplador; de seleccionar los 2 TQA entonces se debe de seleccionar 2 turbo sopladores. Cada TQA debe de trabajar con un turbo soplador
- El Alphameter (AFM-01) recibirá los valores de OD y temperatura medida en tiempo real por el sensor de oxígeno disuelto de salida AE-20012 del TQA-01 proveniente del TC-02 el cual gobierna al TQA-01 y TQA-02
- El Alphameter (AFM-02) recibirá los valores de OD y temperatura medida en tiempo real del sensor de oxígeno disuelto de salida AE-20016 del TQA-02 proveniente del TC-02 el cual gobierna al TQA-01 y TQA-02
- El turbo soplador que trabaje con AFM-01 o AFM-02 deberá de entregar el caudal que arroja el equipo, al Alphameter que corresponda.

- Una vez procesada todas las variables que requiere el Alphameter arrojará un valor de 0-100% y/o 0-60hz mediante una salida analógica o por comunicación hacia el TC-02. El TC-02 reenviará esta señal al Turbosoplador de turno
- En el TQA-01 se deberá monitorear en tiempo real el valor del sensor de oxígeno disuelto de entrada AE-20011, el sensor de PH AE-20014 y sensor de solidos suspendidos AE-20013
- En el TQA-02 se deberá monitorear en tiempo real el valor del sensor de oxígeno disuelto de entrada AE-20015, el sensor de PH AE-20018 y sensor de solidos suspendidos AE-20017

b) Funcionamiento por OD (oxígeno disuelto) en TQA-01 Y TQA-02

- Para este tipo funcionamiento es necesario seleccionar en el HMI del TC-02 el funcionamiento por OD (oxígeno disuelto)
- Cada que entre en operación un turbo soplador deberá abrirse la válvula que le corresponda, es decir; si el SOP-2A arranca, entonces deberá abrirse junto con la válvula VM-2-2A; para el SOP-2B la válvula VM-2-2B y para el SOP-2C, VM-2-2C.
- Los turbos sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C pueden trabajar con cualquier tanque de aireación (TQA-1 y TQA2) mediante la apertura o cierre de las válvulas (VM-2-5A y VM-2-5B) según convenga
- En el HMI del TC-02 se deberá seleccionar que TQA y que turbo soplador operara, es decir si solo opera un TQA, entonces solo debe funcionar un turbo soplador; de seleccionar los 2 TQA entonces se debe de seleccionar 2 turbo sopladores
- El tanque de aireación TQA-01 contempla un sensor de entrada de OD (AE-20011) y un sensor de salida de OD (AE-20012); los valores de ambos sensores deberán arrojar un valor promedio el cual será de 0-100% y/o 0-60hz mediante una salida analógica o por comunicación hacia el turbosoplador de turno.

- El tanque de aireación TQA-02 contempla un sensor de entrada de OD (AE-20015) y un sensor de salida de OD (AE-20016); los valores de ambos sensores deberán arrojar un valor promedio el cual será de 0-100% y/o 0-60hz mediante una salida analógica o por comunicación hacia el turbosoplador de turno.
- El turbo soplador de turno deberá tener un enlace PID con el valor promedio de los sensores de oxígeno disuelto del TQA -01 y de la misma forma para el TQA-02, con la finalidad de mantener la consigna de trabajo seteado (*set point*)
- El *set point* del PID expresados en ppm (partículas por millón) deberá ser editable.

c) Funcionamiento por tiempos en TQA-01 Y TQA-02

- Para este tipo funcionamiento es necesario seleccionar en el HMI del TC-02 el funcionamiento por tiempos
- Cada que entre en operación un turbo soplador entonces deberá abrirse la válvula que le corresponda, es decir; si el SOP-2A arranca, entonces deberá abrirse junto con la válvula VM-2-2A; para el SOP-2B la válvula VM-2-2B y para el SOP-2C la válvula VM-2-2C.
- Los turbos sopladores SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C pueden trabajar con cualquier tanque de aireación (TQA-1 y TQA2) mediante la apertura o cierre de las válvulas (VM-2-5A y VM-2-5B) según convenga
- En el HMI del TC-02 se deberá seleccionar que TQA y que turbo soplador operara, es decir si solo opera un TQA, entonces solo debe funcionar un turbo soplador; de seleccionar los 2 TQA entonces se debe de seleccionar 2 turbo sopladores
- En el HMI del TC-02 o Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo de cada turbosoplador, estos deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

d) Funcionamiento con el Alphameter en TQA-03 Y TQA-04

Para que el sistema de oxigenación en el tanque de aireación pueda trabajar con el Alphameter, entonces deberá estar enlazado con los turbosopladores Aerzen y el sensor de oxígeno disuelto

- Para este tipo funcionamiento es necesario seleccionar en el HMI del TC-03 el funcionamiento por Alphameter
- Cada que entre en operación un turbo soplador entonces deberá abrirse la válvula que le corresponda, es decir; si el SOP-3A arranca, entonces deberá abrirse junto con la válvula VM-3-2A; para el SOP-3B la válvula VM-3-2B y para el SOP-3C la válvula VM-3-2C.
- Los turbosopladores es SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C pueden trabajar con cualquier tanque de aireación (TQA-01 y TQA-02) mediante la apertura o cierre de las válvulas (VM-3-3A y VM-3-3B) según convenga
- En el HMI del TC-03 se deberá seleccionar el tanque de aireación (TQA) y que turbo soplador operara, es decir si solo opera un TQA, entonces solo debe funcionar un turbo soplador; de seleccionar los 2 TQA entonces se debe de seleccionar 2 turbo sopladores. Cada TQA debe de trabajar con un turbo soplador
- El Alphameter (AFM-03) recibirá los valores de OD y temperatura medida en tiempo real por el sensor de oxígeno disuelto de salida AE-20020 del TQA1 proveniente del TC-3 el cual gobierna al TQA-03 y TQA-04
- El Alphameter (AFM-04) recibirá los valores de OD y temperatura medida en tiempo real del sensor de oxígeno disuelto de salida AE-20024 del TQA2 proveniente del TC-3 el cual gobierna al TQA-03 y TQA-04
- El turbo soplador que trabaje con AFM-03 o AFM-04 deberá de entregar el caudal que arroja el equipo, al Alphameter que corresponda

- Una vez procesada todas las variables que requiere el Alphameter este arrojará un valor de 0-100% y/o 0-60hz mediante una salida analógica o por comunicación hacia el TC-3. El TC-3 reenviará esta señal al turbosoplador de turno
- En el TQA-03 se deberá monitorear en tiempo real el valor del sensor de oxígeno disuelto de entrada AE-20019, el sensor de PH AE-20022 y sensor de solidos suspendidos AE-20021
- En el TQA-04 se deberá monitorear en tiempo real el valor del sensor de oxígeno disuelto de entrada AE-20023, el sensor de PH AE-20026 y sensor de solidos suspendidos AE-20025.

e) Funcionamiento por OD (oxígeno disuelto) en TQA-03 Y TQA-04

- Para este tipo funcionamiento es necesario seleccionar en el HMI del TC-03 el funcionamiento por OD (oxígeno disuelto)
- Cada que entre en operación un turbo soplador entonces deberá abrirse la válvula que le corresponda, es decir; si el SOP-3A arranca, entonces deberá abrirse junto con la válvula VM-3-2A; para el SOP-3B la válvula VM-3-2B y para el SOP-3C la válvula VM-3-2C.
- Los turbosopladores SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C pueden trabajar con cualquier tanque de aireación (TQA-1 y TQA2) mediante la apertura o cierre de las válvulas (VM-3-3A y VM-3-3B) según convenga
- En el HMI del TC-03 se deberá seleccionar que TQA y que turbo soplador operara, es decir si solo opera un TQA, entonces solo debe funcionar un turbo soplador; de seleccionar los 2 TQA entonces se debe de seleccionar 2 turbo sopladores
- El tanque de aireación TQA-03 contempla un sensor de entrada de OD (AE-20019) y un sensor de salida de OD (AE-20020); los valores de ambos sensores deberán arrojar un valor promedio el cual será de 0-100% y/o 0-60hz mediante una salida analógica o por comunicación hacia el turbosoplador de turno.

- El tanque de aireación TQA-04 contempla un sensor de entrada de OD (AE-20023) y un sensor de salida de OD (AE-20024); los valores de ambos sensores deberán arrojar un valor promedio el cual será de 0-100% y/o 0-60hz mediante una salida analógica o por comunicación hacia el turbosoplador de turno.
- El turbo soplador de turno deberá tener un enlace PID con el valor promedio de los sensores de oxígeno disuelto del TQA -3 y de la misma forma para el TQA-04, con la finalidad de mantener la consigna de trabajo seteado (*set point*)
- El set point del PID expresados en ppm (partículas por millón) deberá ser editable

f) Funcionamiento por tiempos en TQA-03 Y TQA-04

- Para este tipo funcionamiento es necesario seleccionar en el HMI del TC-03 el funcionamiento por tiempos
- Cada vez que entre en operación un turbo soplador, deberá abrirse la válvula que le corresponda, es decir; si el SOP-3A arranca, entonces deberá abrirse junto con la válvula VM-3-2A; para el SOP-3B la válvula VM-3-2B y para el SOP-3C, VM-3-2C.
- Los turbosopladores SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C pueden trabajar con cualquier tanque de aireación (TQA-1 y TQA2) mediante la apertura o cierre de las válvulas (VM-3-3A y VM-3-3B) según convenga.
- En el HMI del TC-03 se deberá seleccionar que TQA y que turbo soplador operara, es decir si solo opera un TQA, entonces solo debe funcionar un turbo soplador; de seleccionar los 2 TQA entonces se debe de seleccionar 2 turbo sopladores
- En el HMI del TC-03 o Scada se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo década Turbosoplador, esto deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

g) Fallas y alarmas

- De generarse una sobrecarga o falla en el SOP-2A, SOP-2B y SOP-2C, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-2 y Scada.
- De generarse una sobrecarga o falla en el SOP-3A, SOP-3B y SOP-3C, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-3 y Scada.
- Si el valor de OD (AE-20012) supera los 5ppm se debe generar una alarma
- Si el valor de OD (AE-20016) supera los 5ppm se debe generar una alarma
- Si el valor de OD (AE-20020) supera los 5ppm se debe generar una alarma
- Si el valor de OD (AE-20024) supera los 5ppm se debe generar una alarma
- Si el valor de PH (AE-20014) es menor a 6 PH debe generar una alarma y si es menor de 5 PH debe de generar una alarma critica donde el operador deberá tomar acciones inmediatas.
- Si el valor de PH (AE-20018) es menor a 6 PH debe generar una alarma y si es menor de 5 PH debe de generar una alarma critica donde el operador deberá tomar acciones inmediatas.
- Si el valor de PH (AE-20022) es menor a 6 PH debe generar una alarma y si es menor de 5 PH debe de generar una alarma critica donde el operador deberá tomar acciones inmediatas.
- Si el valor de PH (AE-20026) es menor a 6 PH debe generar una alarma y si es menor de 5 PH debe de generar una alarma critica donde el operador deberá tomar acciones inmediatas.

3.2.2.2 Bombas de vaciado BCM-01, BCM-02, BCM-03 Y BCM-04. Estas bombas serán utilizadas para vaciar y/o drenar el tanque de aireación con la finalidad de poder acceder al interior del tanque de aireación; las bombas de vaciado se distribuyen según la tabla 30, respecto a cada tanque de aireación.

Tabla 30

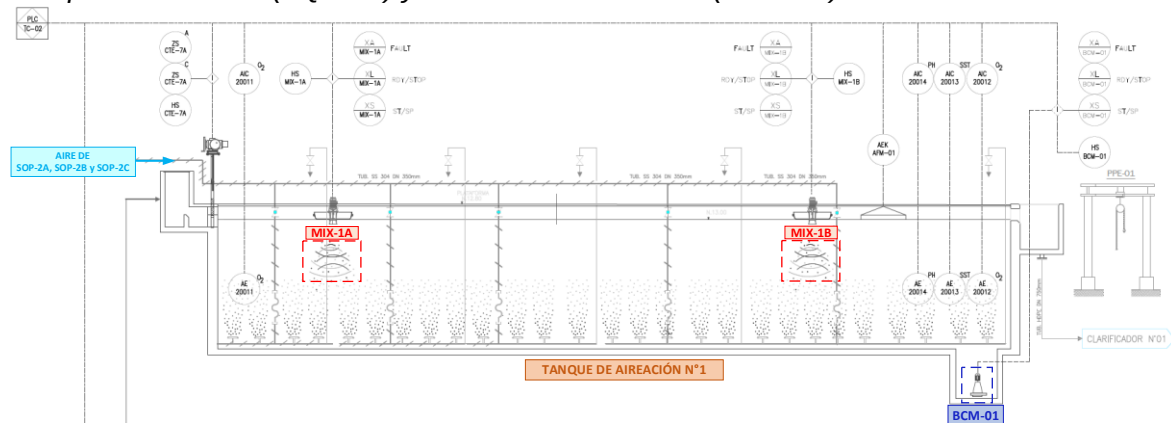
Lista de bombas utilizados en cada tanque de aireación.

Bomba de vaciado 01 (BCM-01)	Tanque Aireador 01 (TQA-01)	TF-802
Bomba de vaciado 02 (BCM-02)	Tanque Aireador 02 (TQA-02)	
Bomba de vaciado 03 (BCM-03)	Tanque Aireador 03 (TQA-03)	TF-803
Bomba de vaciado 04 (BCM-04)	Tanque Aireador 04 (TQA-04)	

En la figura 62 se muestra al Tanque de Aireación 01 con su respectiva bomba de vaciado BCM-01, similarmente sucede para los Tanques de Aireación 02, 03 y 04 con sus bombas de vaciado BCM-02, BCM-03 y BCM-04 respectivamente.

Figura 62

Tanque aireador 01 (TQA-01) y su bomba de vaciado (BCM-01).

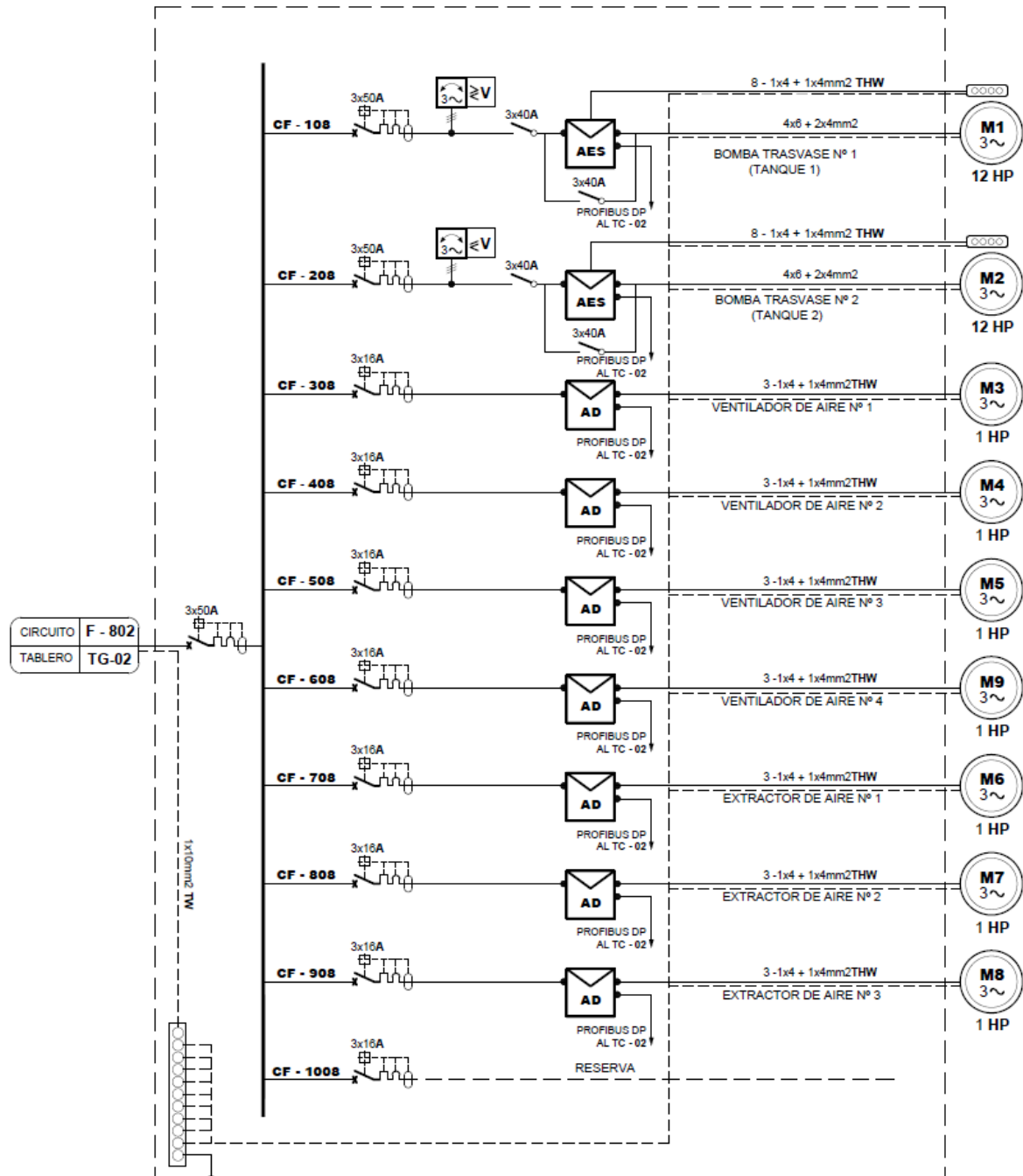


Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Aireadores) – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de las bombas de vaciado BCM-01 y BCM-02 tiene por rótulo “TF-802”, mientras para las bombas de vaciado BCM-03 y BCM-04 tienen por rótulo “TF-803”. En la figura 63 se detalla el diagrama unifilar de TF-802 mientras que en la tabla 31 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de las bombas de vaciado BCM-01 y BCM-02; similarmente será para BCM-03 y BCM-04, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 63

Diagrama unifilar de TF-802.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento Secundario (Aireadores) – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 31*Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BCM-01 y BCM-02.*

TF-802 (Tablero de fuerza de Bombas de vaciado BCM- 01 y BCM-02)	LOCAL TF-802	MANUAL TF-802	Pulsadores de arranque y parada del TF-802	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-802	Sin acción	Sin acción
	REMOTO TF-802	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Sin acción	Sin acción

El arranque Local-Manual de las bombas (BCM-01 y BCM-02) consiste en que en el tablero de fuerza TF-802 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores físicos de arranque parada. Esta operación será responsabilidad del operador.

El arranque Local-Automático de las bombas (BCM-01 y BCM-02) no tiene ninguna acción por que el arranque es solo en manual.

El arranque Remoto-Manual de las bombas (BCM-01 y BCM-02) consiste en que en el tablero de fuerza TF-802 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos de las bombas (BCM-01 y BCM-02) con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas (BCM-01 y BCM-02) no tiene ninguna acción por que el arranque es solo en manual

La filosofía de arranque y tipo de funcionamiento de las bombas de vaciado BCM-03 y BCM-04 son similares; solo variará el tablero de fuerza que en este caso sería el TF-803.

a) Funcionamiento de BCM-01, BCM-02, BCM-03 Y BCM-04

- El funcionamiento de estas bombas es estrictamente sujeto a decisión del operador por medio de los pulsadores de arranque y parada del tablero de mando a distancia del TF-802 para la BCM-01 y BCM-02; el TF-803 para la BCM-03 y BCM-04.

b) Fallas y alarmas de BCM-01, BCM-02, BCM-03 Y BCM-04

- De generarse una sobrecarga o falla en el BCM-01, BCM-02 esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-02 y Scada; para la BCM-03 y BCM-04 esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-03 y Scada

3.2.2.3 Mezcladores verticales en TQA-01, TQA-02, TQA-03 y TQA-04. Estos mezcladores son los encargados de remover el agua de cada tanque de aireación cuando haya ausencia de ingreso de aire; los mezcladores se distribuyen de acuerdo con la tabla 32, respecto a cada tanque de aireación.

Tabla 32

Lista de mezcladores utilizados en cada tanque de aireación.

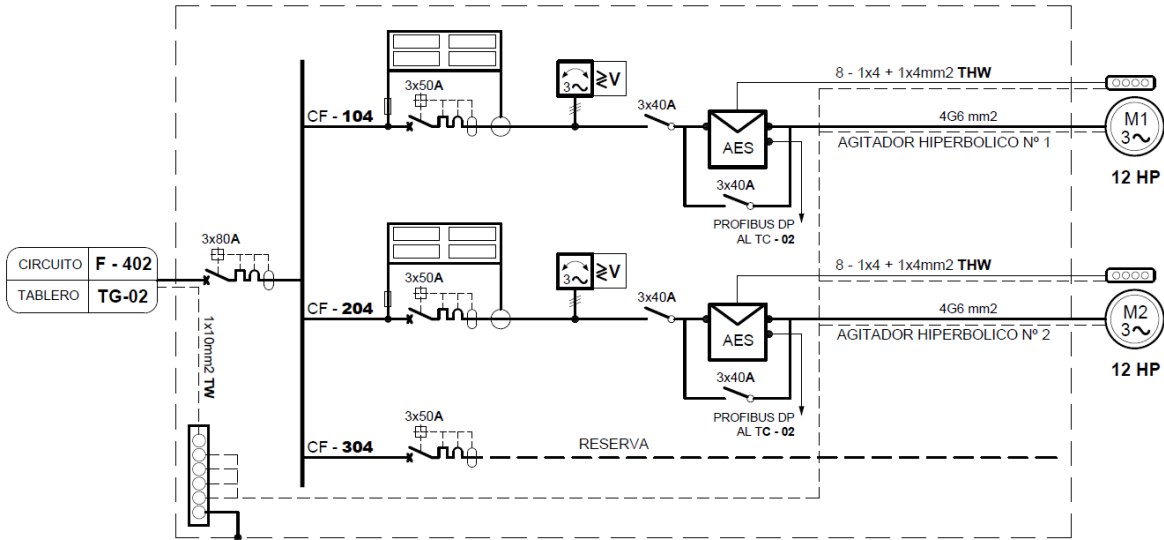
MEX-1A (Mezclador vertical 1A)	TQA-01 Tanque de Aireación 01	TF-402	TC-02
MEX-1B (Mezclador vertical 1B)			
MEX-2A (Mezclador vertical 2A)	TQA-02 Tanque de Aireación 02	TF-502	TC-02
MEX-2B (Mezclador vertical 2B)			
MEX-3A (Mezclador vertical 3A)	TQA-03 Tanque de Aireación 03	TF-403	TC-03
MEX-3B (Mezclador vertical 3B)			
MEX-4A (Mezclador vertical 4A)	TQA-04 Tanque de Aireación 04	TF-503	TC-03
MEX-4B (Mezclador vertical 4B)			

En la figura 62 se muestra al Tanque de Aireación 01 con sus respectivos mezcladores MEX-1A y MEX-1B, lo mismo sucede para los Tanques de Aireación 02, 03 y 04 con sus respectivos mezcladores.

El tablero de fuerza para el accionamiento de los mezcladores MEX-1A y MEX-1B tiene por rótulo “TF-402”, mientras para los demás mezcladores tienen por rótulo como indica en la tabla 32. En la figura 64 se detalla el diagrama unifilar de TF-402 mientras que en la tabla 33 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de los mezcladores MEX-1A y MEX-1B; similarmente será para los demás mezcladores, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 64

Diagrama unifilar de TF-402.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Aireadores) – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 33

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de MEX-1A y MEX-1B.

		MANUAL TF-402	Pulsadores virtuales de arranque y parada del TF- 402	Enclavamiento por comunicación interna
TF-402 (Tablero de fuerza de Mezclador Vertical MEX- 1A y MEX-1B del TQA-1)	LOCAL TF-402			
		AUTOMÁTICO TF-402	Turbo soplador de turno a baja frecuencia o caudal cero	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-402	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Turbo soplador de turno a baja frecuencia o caudal cero	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-402 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores físicos de arranque parada. Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-402 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en automático (A); los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) operará en función a la lógica almacenada en el TC-02.

El arranque Remoto-Manual de los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-402 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos de los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) consiste en que en el tablero de fuerza TF-402 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX-1B) operará en función a la lógica almacenada en el TC-02 cuya señal de arranque será vía Profibus.

La filosofía de arranque y tipo de funcionamiento de los Mezcladores verticales (MEX-1A y MEX 1B) para TQA-1, (MEX-2A y MEX-2B) para TQA-2, (MEX-3A y MEX-3B) para TQA-3 y (MEX 4A y MEX-4B) para TQA-4 son similares; solo variará el TF (Tablero de Fuerza) y el TC (Tablero de Control) asociado a cada mezclador.

a) Funcionamiento de mezcladores verticales

- El funcionamiento de los Mezcladores se da cuando los turbos sopladores en operación estén apagados, caudal cero, y/o baja frecuencia en cualquiera de los tres tipos de arranque del sistema de aireación.
- Si el turbo soplador se apaga por un momento corto entonces el Mezclador deberá funcionar por un periodo de tiempo de 1 min configurable.

b) Falla y alarmas mezcladores verticales

- De generarse una sobrecarga o falla en cualquiera de los Mezcladores verticales, esta se debe de evidenciar en el Scada y HMI del TC-02 para los Mezcladores que corresponden al TQA-01 y TQA-02; de la misma manera en el TC-03 para los Mezcladores que corresponde al TQA-03 y TQA-04.

3.2.2.4 Puente barredor de clarificadores (PB-CLR-01/02/03/04). Los tanques de clarificación recepcionarán el agua proveniente de los tanques de aireación, su función es sedimentar los sólidos que se encuentran en el agua.

Los clarificadores cuentan con un puente barredor superficial, este se encuentra apoyado sobre una columna de obra civil situada en el centro del tanque.

Tabla 34

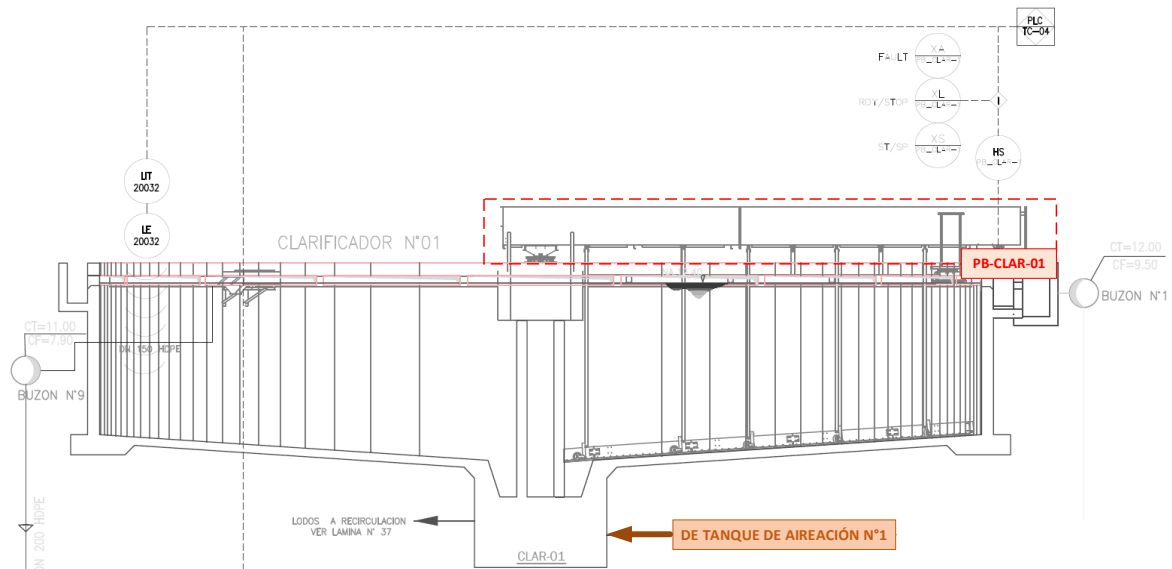
Lista de puentes barredores de utilizados en cada tanque clarificador.

PB-CLR-01 (Puente Barredor de Clarificador 01)	TF-504	TC-04
PB-CLR-02 (Puente Barredor de Clarificador 02)		
PB-CLR-03 (Puente Barredor de Clarificador 03)	TF-505	TC-05
PB-CLR-04 (Puente Barredor de Clarificador 04)		

En la figura 65 se muestra al tanque clarificador 01 con su respectivo puente barredor PB-CLR-01, similarmente es para los tanques de clarificadores 02, 03 y 04 con sus puentes barredores PB-CLR-02, PB-CLR-03 y PB-CLR-04 respectivamente.

Figura 65

Tanque clarificador 01 y su respectivo puente barredor PB-CLR-01.

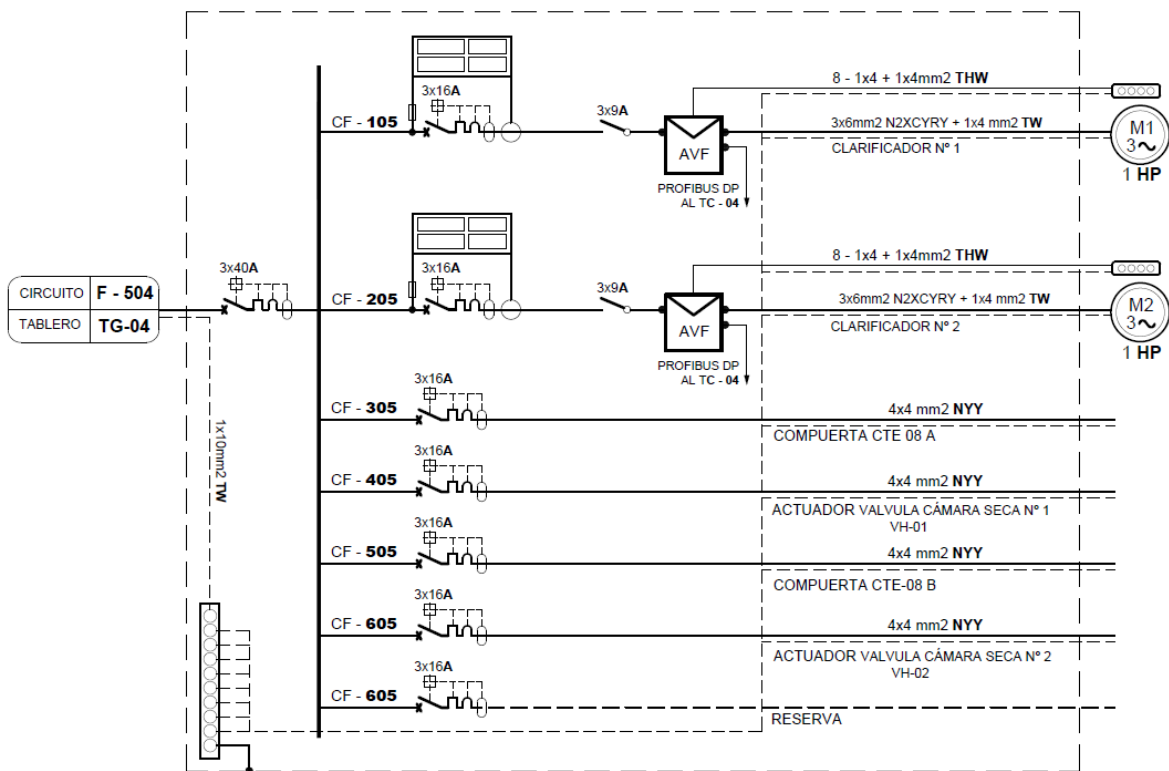


Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Clarificadores) – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de los puentes barredores PB-CLR-01 y PB-CLR-02 tiene por rótulo “TF-504”, mientras para los puentes barredores PB-CLR-03 y PB-CLR-04 tienen por rótulo “TF-505”. En la figura 66 se detalla el diagrama unifilar de TF-504 mientras que en la tabla 35 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de los puentes barredores PB-CLR-01 y PB-CLR-02; similarmente será para PB-CLR-03 y PB-CLR-04, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 66

Diagrama unifilar de TF-504.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Clarificadores) – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 35

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de PB-CLR-01/02.

LOCAL TF-504	MANUAL TF-504	Pulsadores virtuales de arranque y parada del TF-504	Enclavamiento por cableado duro
	AUTOMÁTICO TF-504	Funcionamiento continuo	Enclavamiento por cableado duro
REMOTO TF-504	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
	AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Funcionamiento continuo	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-504 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático de los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-504 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en automático (A); los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 operará en función a la lógica almacenada en el TC-04.

El arranque Remoto-Manual de los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-504 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos de los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-504 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); los puentes clarificadores PB-CLR-01 o PB-CLR-02 operará en función a la lógica almacenada en el TC-04 cuya señal de arranque será vía Profibus.

La filosofía de arranque y tipo de funcionamiento de los PB-CLR-01, PB CLR-02, PB-CLR-03 y PB-CLR-04 son similares; solo variará el TF (Tablero de Fuerza) y el TC (Tablero de Control) asociado a cada puente clarificador de acuerdo con la tabla 3.5. Cuando se realice la operación en automático en modo local o remoto, los puentes clarificadores trabajarán de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de los clarificadores

- El funcionamiento de los puentes clarificadores PB-CLR-01, PB-CLR-02, PB-CLR-03 y PB-CLR-04 es de forma continua apenas el equipo haya arrancado.
- En cada clarificador se encuentra un sensor de nivel de lodos: LE-20032 para CLR-01, LE-20033 para CLR-02, LE-20034 para CLR-03 y LE-20035 para CLR-04; estas deberán estar monitoreando y enviando la información al Scada.

b) Fallas y alarmas de los clarificadores

- De generarse una sobrecarga o falla en cualquiera de los puentes barredores, estos se deben de evidenciar en el Scada y HMI de los tableros de control correspondientes.

3.2.2.5 Ventiladores y extractores para tanques de aireación. La función de estos ventiladores es inyectar aire a la sala de turbo sopladores de los tanques de aireación, mientras que la función de los extractores es para quitar aire concentrado de la misma; la distribución de ventiladores y extractores utilizados es de acuerdo con la siguiente tabla 36.

Tabla 36

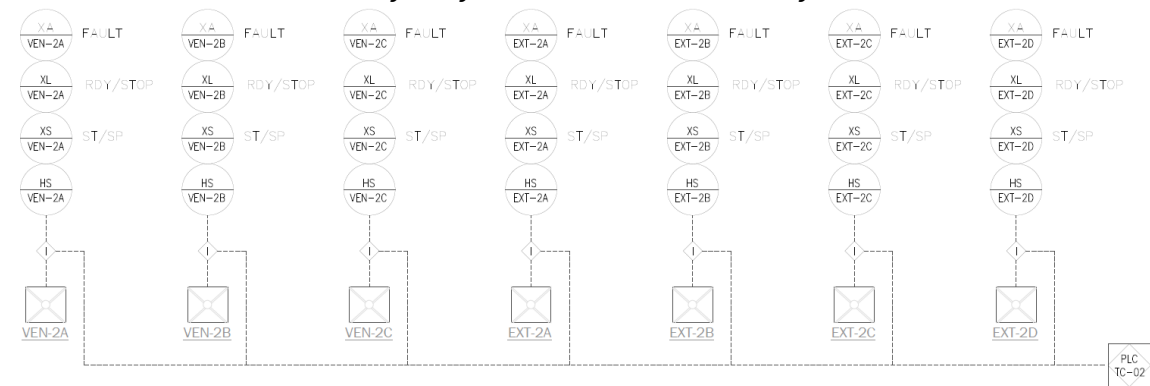
Lista de ventiladores y extractores utilizados en cada tanque de aireación.

VEN-2A (Ventilador 2A)	EXT-2A (Extractor 2A)	Tanques de Aireación 01 y 02	TF-802	TC-02
VEN-2B (Ventilador 2B)	EXT-2B (Extractor 2B)			
VEN-2C (Ventilador 2C)	EXT-2C (Extractor 2C)			
VEN-2D (Ventilador 2D)				
VEN-3A (Ventilador 3A)	EXT-3A (Extractor 3A)	Tanques de Aireación 03 y 04	TF-803	TC-03
VEN-3B (Ventilador 3B)	EXT-3B (Extractor 3B)			
VEN-3C (Ventilador 3C)	EXT-3C (Extractor 3C)			
VEN-3D (Ventilador 3D)				

En la figura 67 se muestra a los ventiladores VEN-2A, 2B, 2C y 2D y extractores EXT-2A, 2B y 2C correspondientes a la sala de turbo sopladores de los tanques de aireación 01 y 02, similarmente es para los ventiladores VEN-3A, 3B, 3C y 3D y extractores EXT-3A, 3B y 3C correspondientes a la sala de turbo sopladores de los tanques de aireación 03 y 04.

Figura 67

Ventiladores VEN-2A, 2B, 2C y 2D y extractores EXT-2A, 2B y 2C.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Aireadores) – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de los ventiladores VEN-2A, 2B, 2C y 2D y extractores EXT-2A, 2B y 2C tiene por rótulo “TF-802”, mientras para los ventiladores VEN-3A, 3B, 3C y 3D y extractores EXT-3A, 3B y 3C tienen por rótulo “TF-803”. En la Figura 3.42 se detalló el diagrama unifilar de TF-802 mientras que en la tabla 37 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de los ventiladores VEN-2A, 2B, 2C y 2D y extractores EXT-2A, 2B y 2C; similarmente será para VEN-3A, 3B, 3C y 3D y EXT-3A, 3B y 3C, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Tabla 37

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-2A/2B/2C/2D y EXT-2A/2B/2C.

TF-802 (Tablero de fuerza de los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B, EXT-2C)	LOCAL TF-802	MANUAL TF-802	Pulsadores virtuales de arranque y parada del TF-802	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-802	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TC-02	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-802	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C consiste en que en el tablero de fuerza TF-802 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C con los pulsadores físicos de arranque parada. Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C consiste en que en el tablero de fuerza TF-802 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); de los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C, operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TC-02.

El arranque Remoto-Manual de los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C consiste en que en el tablero de fuerza TF-802 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto - Automático de los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C consiste en que en el tablero de fuerza TF-802 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); los ventiladores VEN-2A, VEN-2B, VEN-2C, VEN-2D y extractores EXT-2A, EXT-2B y EXT-2C operará en función a la lógica almacenada en el TC-02; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el SCADA cuya señal de arranque será vía Profibus.

La filosofía de arranque y tipo de funcionamiento de los Ventiladores (VEN-2A/3A, VEN-2B/3B, VEN-2C/3C y VEN-2D/3D) y extractores (EXT-2A/3A, EXT-2B/3B y EXT-

2C/3C) son similares; solo variará el TF (Tablero de Fuerza) y el TC (Tablero de Control) asociado a cada ventilador y extractor de acuerdo con la tabla.

Cuando se realice la operación en automático en modo local o remoto, los ventiladores y extractores trabajarán de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de los ventiladores y extractores

- Los selectores de VEN-2A/3A, VEN-2B/3B, VEN-2C/3C, VEN-2D/3D, EXT-2A/3A, EXT-2B/3B y EXT-2C/3C deberán estar en modo automático.
- Los ventiladores y los extractores trabajarán por tiempos, es decir; se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo en el HMI del TF-802 y TF-803, HMI del TC-02 y TC-03 y además en el Scada, estos deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de los ventiladores y extractores

De generarse una sobrecarga en uno de los ventiladores y/o extractores VEN-2A/3A, VEN-2B/3B, VEN-2C/3C, VEN-2D/3D, EXT-2A/3A, EXT-2B/3B o EXT-2C/3C, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-02 o TC-03 correspondiente y también en el Scada.

3.2.2.6 Ventiladores y extractores para la CB-02 y CB-03. La función de estos ventiladores es inyectar aire a la cámara de bombas 02 (CB-02) y 03 (CB-03), mientras que la función de los extractores es para quitar aire concentrado de la misma; la distribución y tags de estos ventiladores y extractores utilizados es de acuerdo con la tabla 38:

Tabla 38

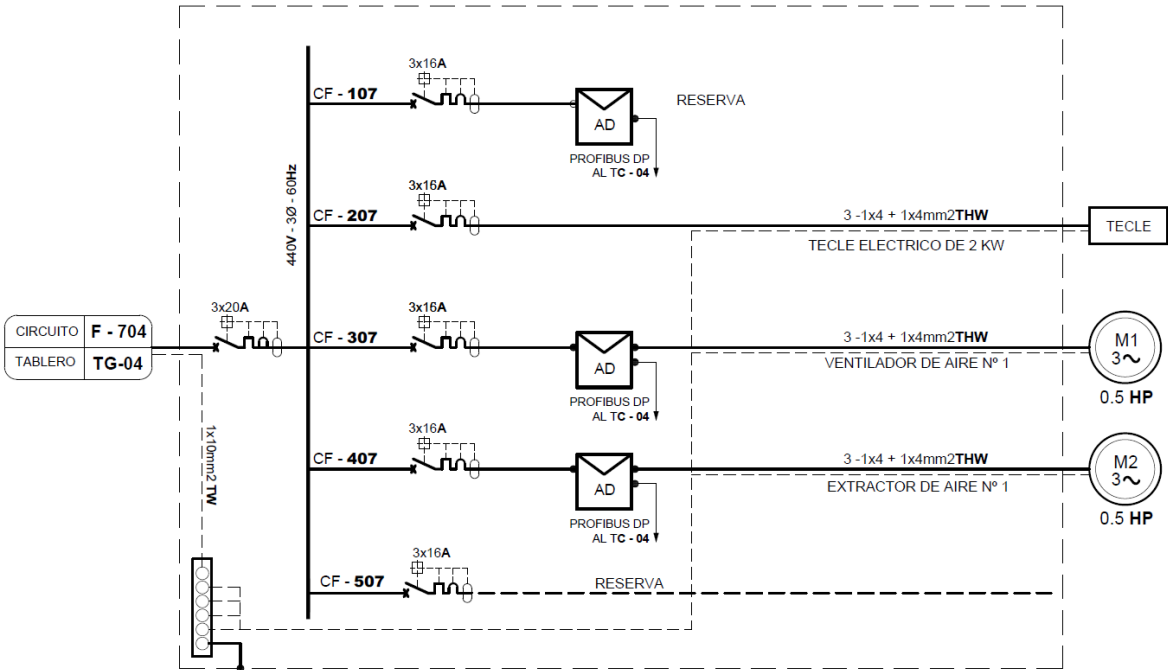
Lista de ventiladores y extractores utilizados en cada CB.

VEN-4A (Ventilador 4A)	Cámara de Bombeo 2 (CB-02)	TF-704	TC-04
EXT-4A (Extractor 4A)			
VEN-5A (Ventilador 5A)	Cámara de Bombeo 3 (CB-03)	TF-705	TC-05
EXT-5A (Extractor 5A)			

El tablero de fuerza para el accionamiento del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A tiene por rótulo “TF-704”, mientras para el ventilador VEN-5A y extractor EXT-5A tiene por rótulo “TF-705”. En la figura 68 se detalla el diagrama unifilar de TF-704 mientras que en la tabla 39 se detalla jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A; similarmente será para VEN-5A y EXT-5A, donde solo se cambiará el tablero de fuerza.

Figura 68

Diagrama unifilar de TF-704.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Clarificadores) – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 39

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-4A y EXT-4A.

TF-704 (Tablero de fuerza del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A)	LOCAL TF-704	MANUAL TF-704	Pulsadores virtuales de arranque y parada del TF-704	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-704	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TC-04	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-704	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A consiste en que en el tablero de fuerza TF-704 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar el ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A con los pulsadores físicos de arranque parada. Recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A consiste en que en el tablero de fuerza TF-704 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); el ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A, operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TC-04.

El arranque Remoto-Manual del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A consiste en que en el tablero de fuerza TF-704 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar el ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático del ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A consiste en que en el tablero de fuerza TF-704 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el ventilador VEN-4A y extractor EXT-4A operará en función a la lógica almacenada en el TC-04; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

La filosofía de arranque y tipo de funcionamiento de los ventiladores (VEN-4A y VEN-5A) y extractores (EXT-4A y EXT-5A) son similares; solo variará el TF (Tablero de Fuerza) y el TC (Tablero de Control) asociado a cada ventilador y extractor de acuerdo con la tabla.

Cuando se realice la operación en automático en modo local o remoto, los ventiladores y extractores trabajarán de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de VEN-4A, VEN-5A, EXT-4A y EXT-5A

- Los selectores de los ventiladores (VEN-4A y VEN-5A) y extractores (EXT-4A y EXT-5A) deberán estar en automáticos.
- Los ventiladores y los extractores trabajarán por tiempos, es decir; se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo en el HMI del TF-704 y TF-705, HMI del TC-04 y TC-05 y además en el Scada, estos deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de VEN-4A, VEN-5A, EXT-4A y EXT-5A

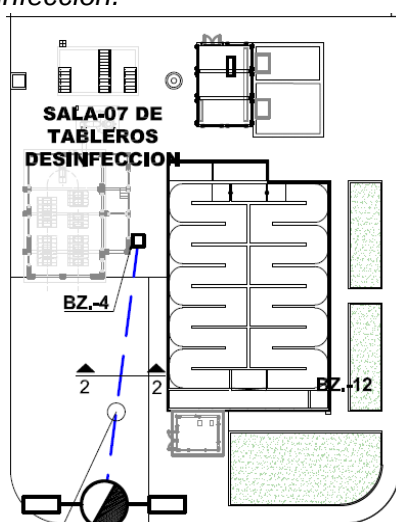
- De generarse una sobrecarga en uno de los ventiladores y/o extractores esta se debe mostrar en el HMI del TC-04 o TC-05 correspondiente y también en el Scada.

3.2.3 Sistema de desinfección

El sistema de desinfección consiste en inyectar cloro al agua ya tratada para su posterior disposición. Esta etapa contara con diversos equipos para la mezcla del cloro gas con el agua y las protecciones necesarias contra la fuga de cloro gas, ya que se sabe que esta es perjudicial para el ser humano. En la figura 69 se detalla un esquema de este sistema.

Figura 69

Esquema del sistema de desinfección.



Nota: tomado de planos PTAR – Sistema de Control y SCADA – Planta General

En las tablas 40 y 41 se detallan, respectivamente, la lista de equipos e instrumentación involucrados en el sistema de desinfección.

Tabla 40

Lista de equipos utilizados en el sistema de desinfección.

Sistema de desinfección - Equipos		
Ítem	Tag	Descripción
1	CLR-01	Clorador 1 de 20kg/h
2	CLR-02	Clorador 2 de 20kg/h
3	ACD-01	Analizador de cloro residual
4	VRV -01	Válvula reguladora de vacío A
5	VRV -02	Válvula reguladora de vacío B
6	INY-1A	Inyector de cloro 1A
7	INY-1B	Inyector de cloro 1B
8	BOC-1A	Bomba de arrastre o booster 1A
9	BOC-1B	Bomba de arrastre o booster 1B
10	BTM-01	Bomba de toma de muestra de agua cruda
11	BME-1A	Electrobomba de agua de servicios 1A
12	BME-1B	Electrobomba de agua de servicios 1A
13	BME-2A	Electrobomba de preparación de polímeros 1A
14	BME-2B	Electrobomba de preparación de polímeros 1B
15	FIP_01	Filtro SK DE 200 micras 01
16	FIP_02	Filtro SK DE 200 micras 02
17	PPE-05	Polipasto electico de 2 toneladas
18	VEN-6A	Ventilador 6A en sala de desinfección
19	VEN-6B	Ventilador 6B en sala de desinfección
20	VEN-6C	Ventilador 6C en sala de desinfección
21	EXT-6A	Extractor 6A en sala de desinfección
22	EXT-6B	Extractor 6B en sala de desinfección
23	EXT-6C	Extractor 6C en sala de desinfección
24	CTE-9A	Compuerta de ingreso a unidad de desinfección A
25	CTE-9B	Compuerta de ingreso a unidad de desinfección B
26	SKB	Scrubber y/o depurador de cloro
27	EXT-SKB	Extractor de Scrubber
28	BOC-SKB	Bomba centrifuga de NAOH

Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

Tabla 41

Lista de instrumentación utilizados en el sistema de desinfección.

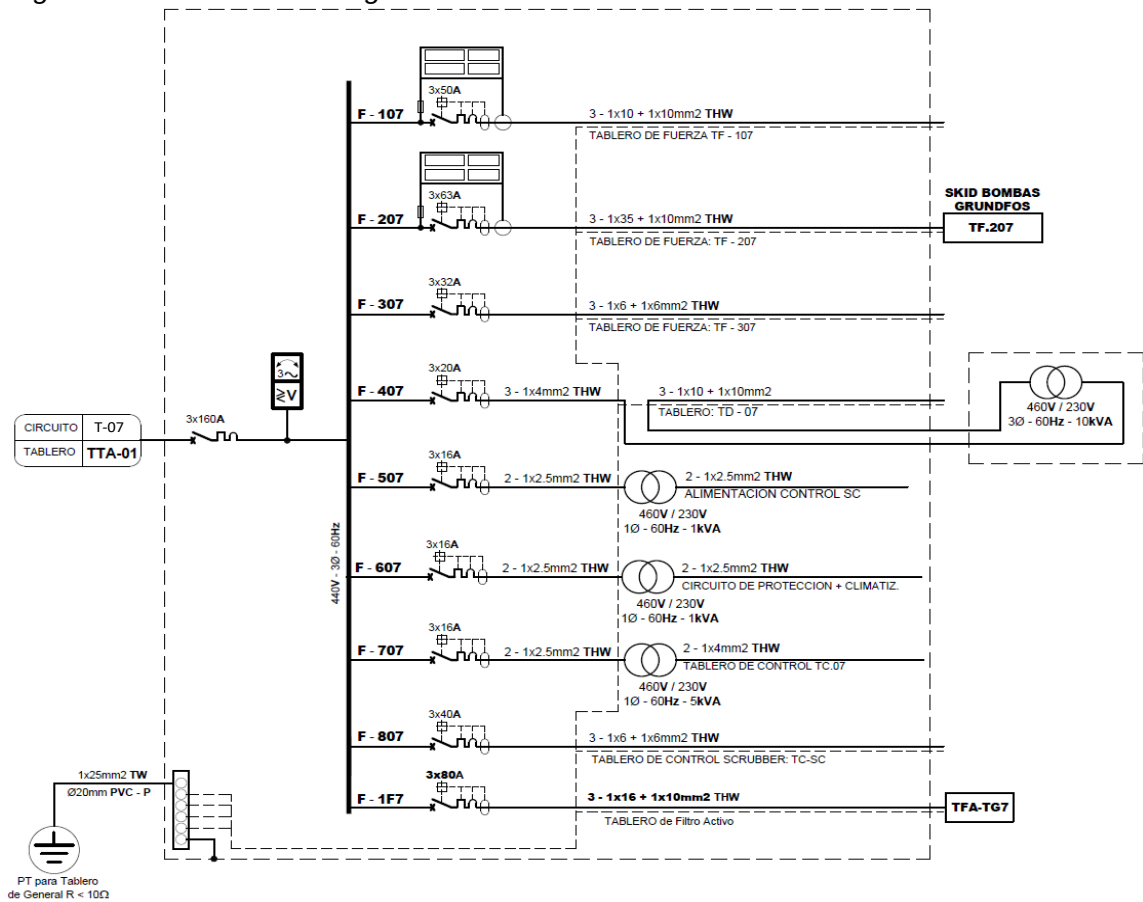
Sistema de desinfección - Instrumentación		
Ítem	Tag	Descripción
1	AIT-30013	Transmisor analizador de cloro residual
2	AE-30013	sensor de cloro residual
3	WIT-30014	Controlador de peso para plataforma de tanque de cloro A
4	WE-30014	Celda de carga para plataforma de tanque de cloro A
5	WIT-30015	Controlador de peso para plataforma de tanque de cloro A
6	WE-30015	Celda de carga para plataforma de tanque de cloro A
7	AIT-30016	Controlador de fuga de cloro
8	AE-30016-A	Sensor detector de fuga de cloro A
9	AE-30016-B	Sensor detector de fuga de cloro B
10	LE-30012	Sensor de nivel salida desinfección CB4
11	LIT-30012	Transmisor indicador de salida de desinfección CB4
12	LSL - 30012	Switch de nivel bajo CB 04
13	PE-30051	Sensor de presión de agua para polímeros
14	PE-30052	Sensor de presión de agua de servicios

Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

Todos los equipos e instrumentación que pertenecen al sistema de desinfección se alimentan desde el tablero general TG-07 y son comandados por el tablero de control TC-07, los cuales son diagramas unifilares son detallados en la figura 70 y la figura 71 respectivamente.

Figura 70

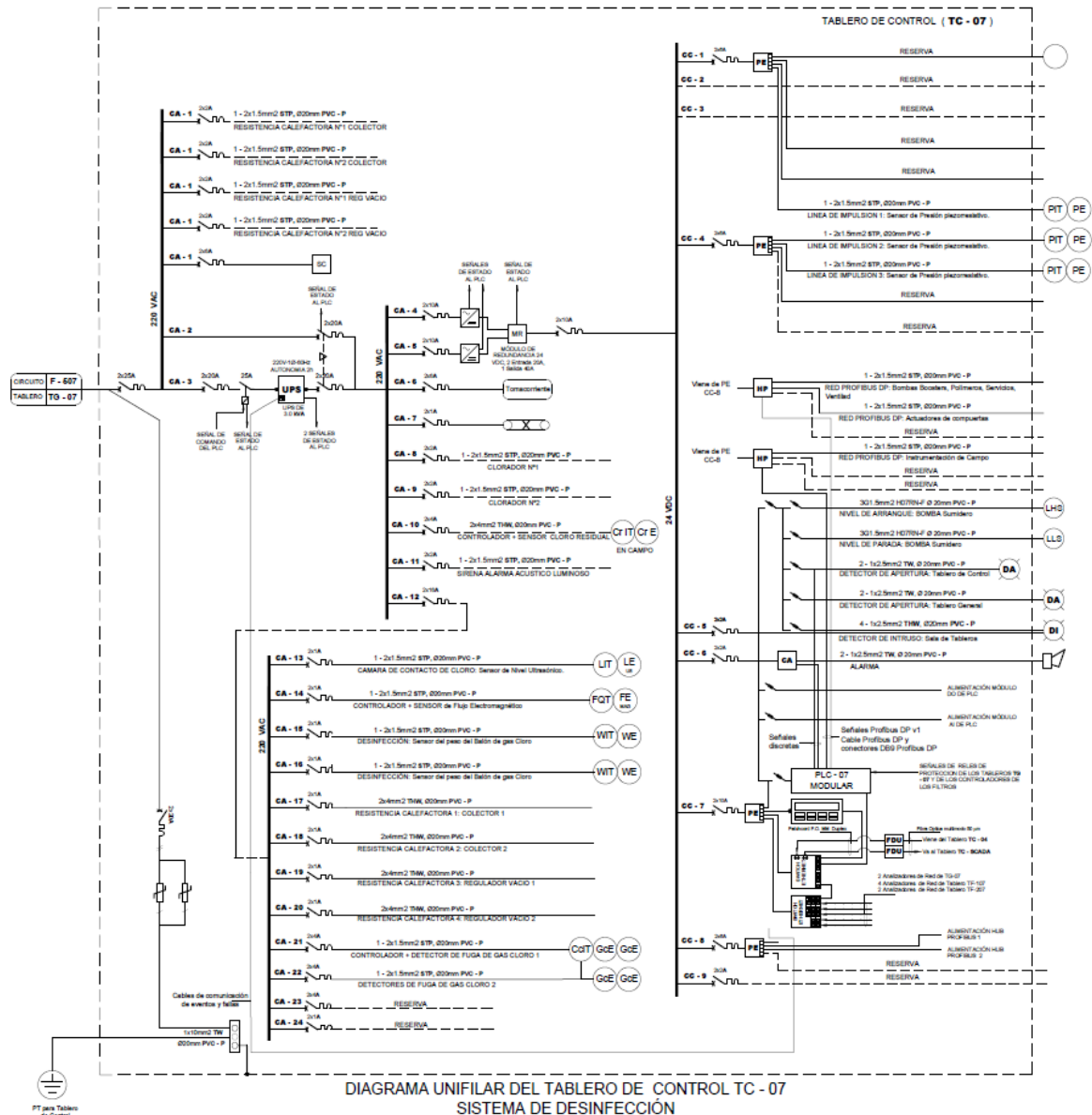
Diagrama unifilar del tablero general TG-07.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagramas unifilares de fuerza

Figura 71

Diagrama unifilar del tablero de control TC-07.



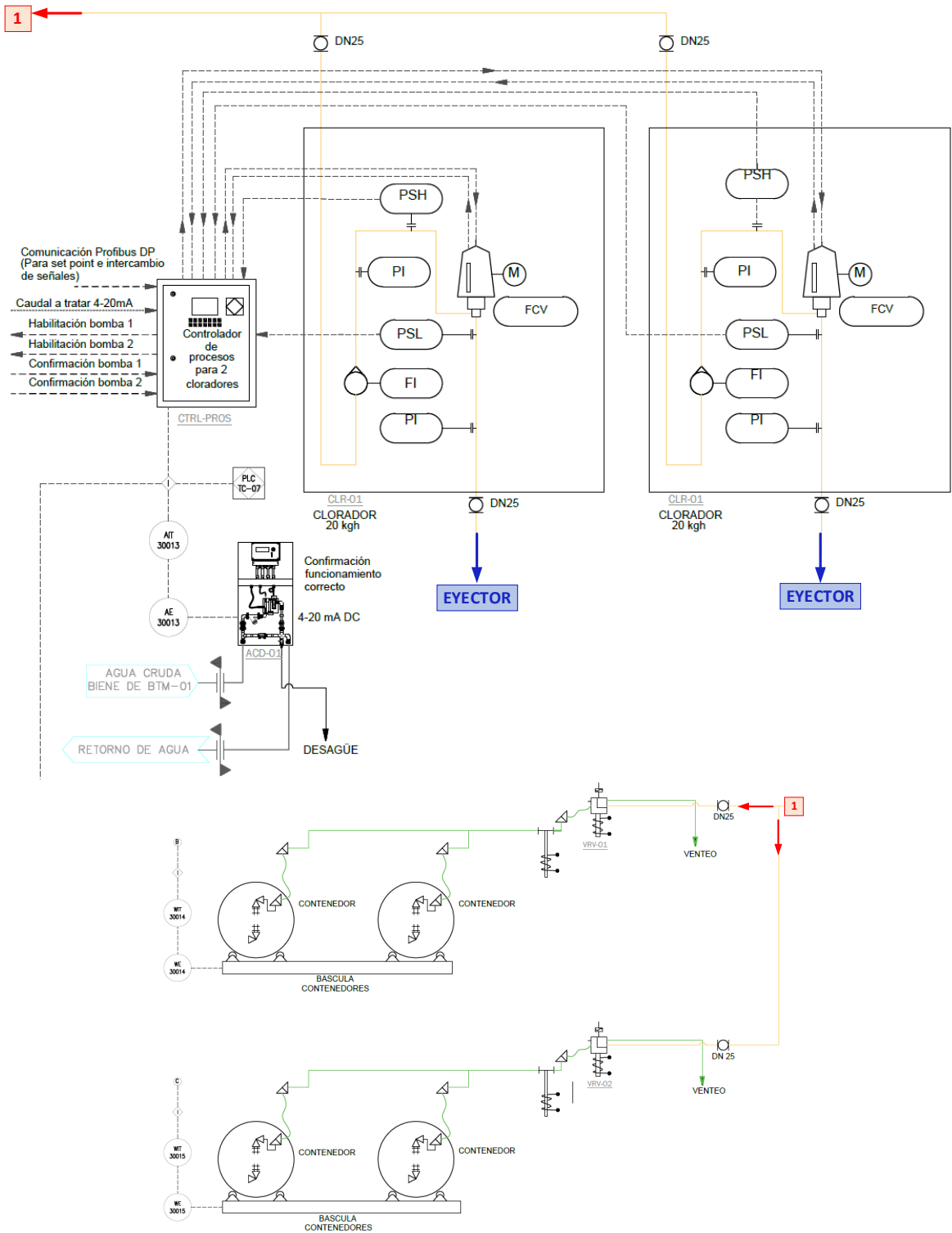
Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagramas unifilares de control

A continuación, se detalla la descripción de los equipos involucrados en la etapa de desinfección y la filosofía de operación de cada una de ellas.

3.2.3.1 Sistema de cloración. El sistema de cloración trabaja en conjunto con varios equipos tales como: los cloradores automáticos, reguladores en vacío, eyectores de cloro, analizador de cloro y todo monitoreado por el controlador de proceso cuya data será enviado por comunicación el TC-07.

Figura 72

Sistema de cloración.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

a) Funcionamiento del sistema de cloración

- Los reguladores de vacío son los encargados de suministrar el cloro gas de los tanques que se encuentra bajo su mando hacia los cloradores automáticos.
- Los cloradores automáticos (DOS-CLR-01 y DOS-CL-02) regulan el flujo de salida del cloro gas hacia los eyectores; la regulación del flujo está sujeta al analizador de cloro AIT-30013; es decir que, dependiendo el valor detectado a la salida de la unidad de desinfección, este valor será enviado al controlador de procesos (CTRL-PROS) para su registro y de forma inmediata mandará al clorador automático abrir o cerrar su válvula según el valor recibido.
- Los eyectores de cloro son los encargados de combinar el cloro gas con el agua entregada por una de las bombas de arrastre y/o *booster*; la solución de agua con cloro será enviada a la cámara de contacto de la unidad de desinfección.
- Este sistema también cuenta con una balanza por cada tanque de cloro y un *display* indicador controlador de peso WIT-30014 para visualizar el peso en tiempo real.
- En caso de una fuga de cloro el sistema de desinfección cuenta con un detector monitor de fugas de cloro (AIT-316) y dos sensores detectores de fuga de cloro (AE-316A y AE-316B) que reportara directamente al TC-07.

b) Fallas y alarmas del sistema de cloración

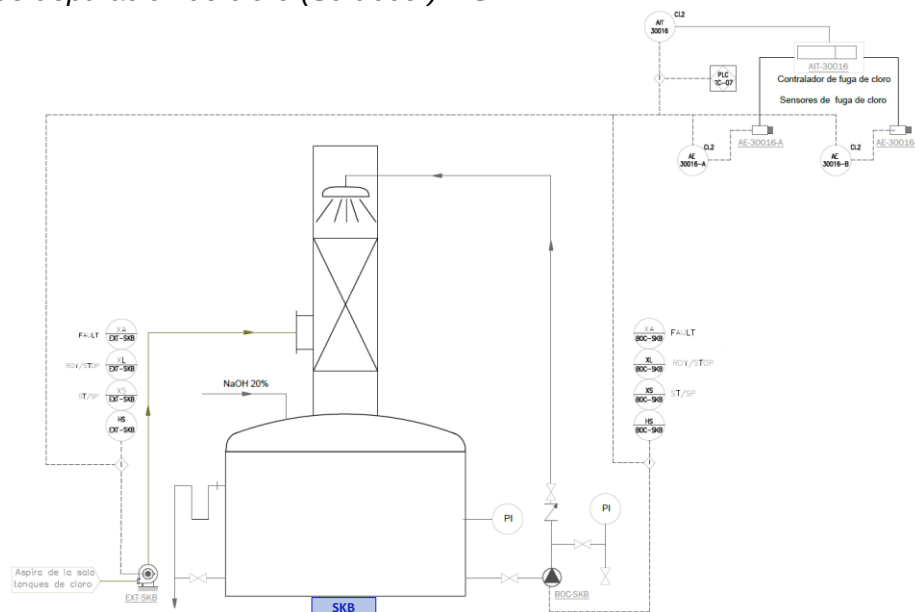
El controlador de procesos del sistema de cloración enviará todas las fallas y alarmas hacia el tablero de control TC-07 tales como, alarma de indicación de peso bajo de las balanzas, fuga de cloro, etc.; el cual también deberá ser visible en el SCADA.

3.2.3.2 Sistema de depuración de cloro (*Scrubber*) – SKB. El sistema de depuración de cloro trabaja solo en caso de emergencia cuando haya una fuga de cloro mayor a 2PPM. El *Scrubber* está compuesta por un extractor de aire y una bomba centrífuga que bombea NAOH en forma de rocío para suprimir el cloro gas captado por el extractor. Este *Scrubber* trabaja siempre de la mano con el controlador de fuga de cloro

AIT-30016; es decir si los sensores de fuga de cloro (AE-30016A y AE-30016B) detecta una concentración menor a 1PPM entonces solo trabajaran los ventiladores y extractores que se encuentran alrededor de los muros de la sala de almacenamiento de tanque de cloro gas. Si la concentración supera los 2ppm entonces el extractor y la bomba del Scrubber (EXT-SKB y BOC-SKB) trabajará de forma inmediata y se detendrá la operación de los ventiladores extractores de los muros (VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C, EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C). En la figura 73 se muestra este sistema.

Figura 73

Sistema de depuración de cloro (Scrubber) – SKB.

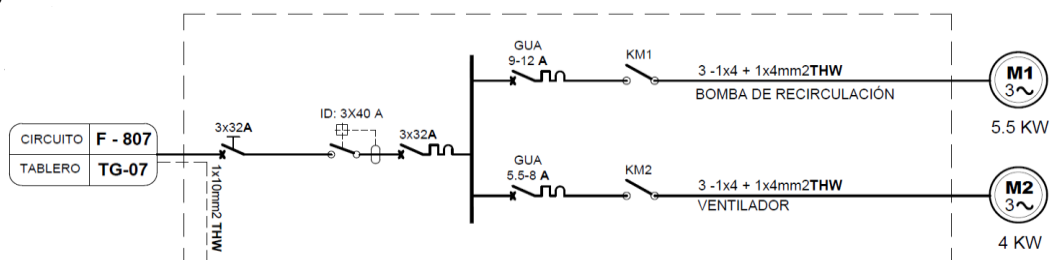


Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento del Scrubber (SKB) tiene por rotulo “TF-807”. En la figura 74 se detalla el diagrama unifilar de TF-807.

Figura 74

Diagrama unifilar de TF-807.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagramas unifilares de fuerza

a) Funcionamiento del Scrubber

- El *Scrubber* trabaja siempre de la mano con el controlador de fuga de cloro AIT-30016; es decir si los sensores de fuga de cloro (AE-30016A y AE30016B) detecta una concentración menor a 1ppm entonces solo trabajarán los ventiladores y extractores que se encuentran alrededor de los muros (VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C, EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C) de la sala de almacenamiento de tanque de cloro gas.
- Si la concentración supera los 2ppm entonces el extractor y la bomba del *Scrubber* (EXT-SKB y BOC-SKB) trabajará de forma inmediata y se detendrá la operación de los ventiladores extractores de los muros (VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C, EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C)
- Se deberá monitorear todos los estados del SKB en el HMI del TC-07 y Scada.

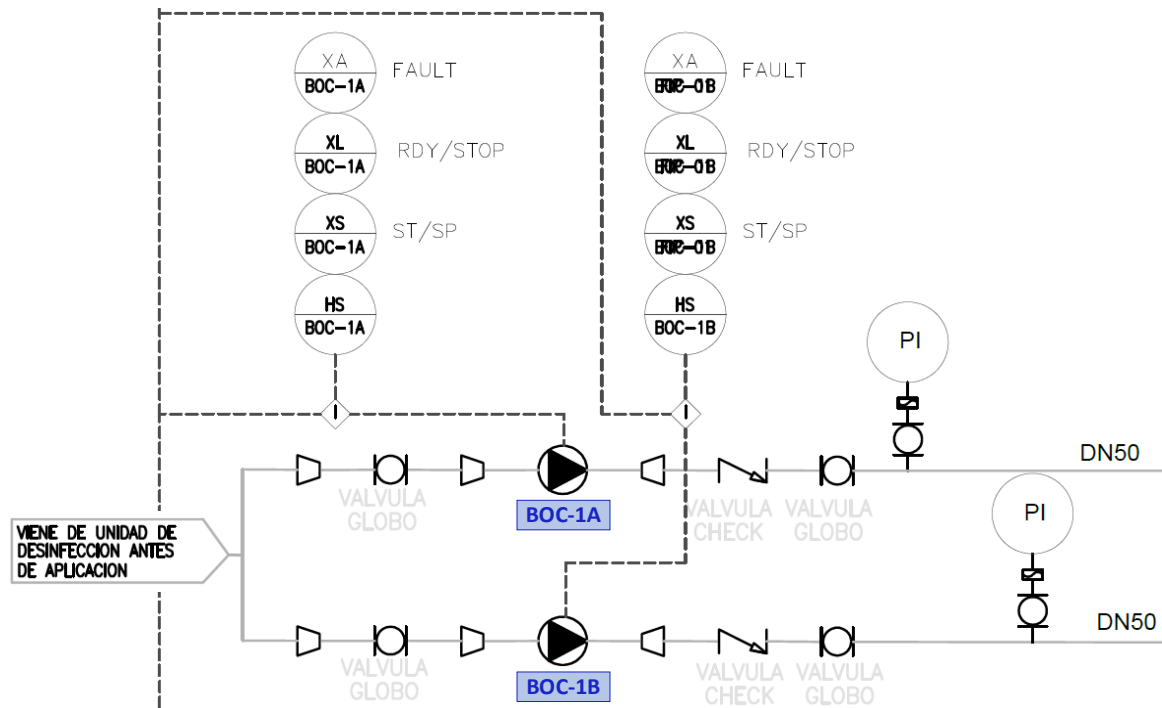
b) Fallas y alarmas del Scrubber

- De generarse una sobrecarga o falla en el SKB, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-7 y Scada.
- Si uno de los equipos que involucra el *Scrubber* entra en falla o sobrecarga, entonces la alarma será la más crítica y suma importancia de todo el proceso por tratarse de una fuga de cloro

3.2.3.3 Bombas de agua de arrastre (Booster) (BOC-1A y BOC-1B). Estas bombas de arrastre captarán el agua de la cámara de contacto de la etapa de desinfección y junto con el sistema de cloración devuelven el agua ya clorada a la cámara de contacto. El esquema de este sistema se muestra en la figura 75.

Figura 75

Bombas de agua de arrastre (Booster) BOC-1A y BOC-1B.

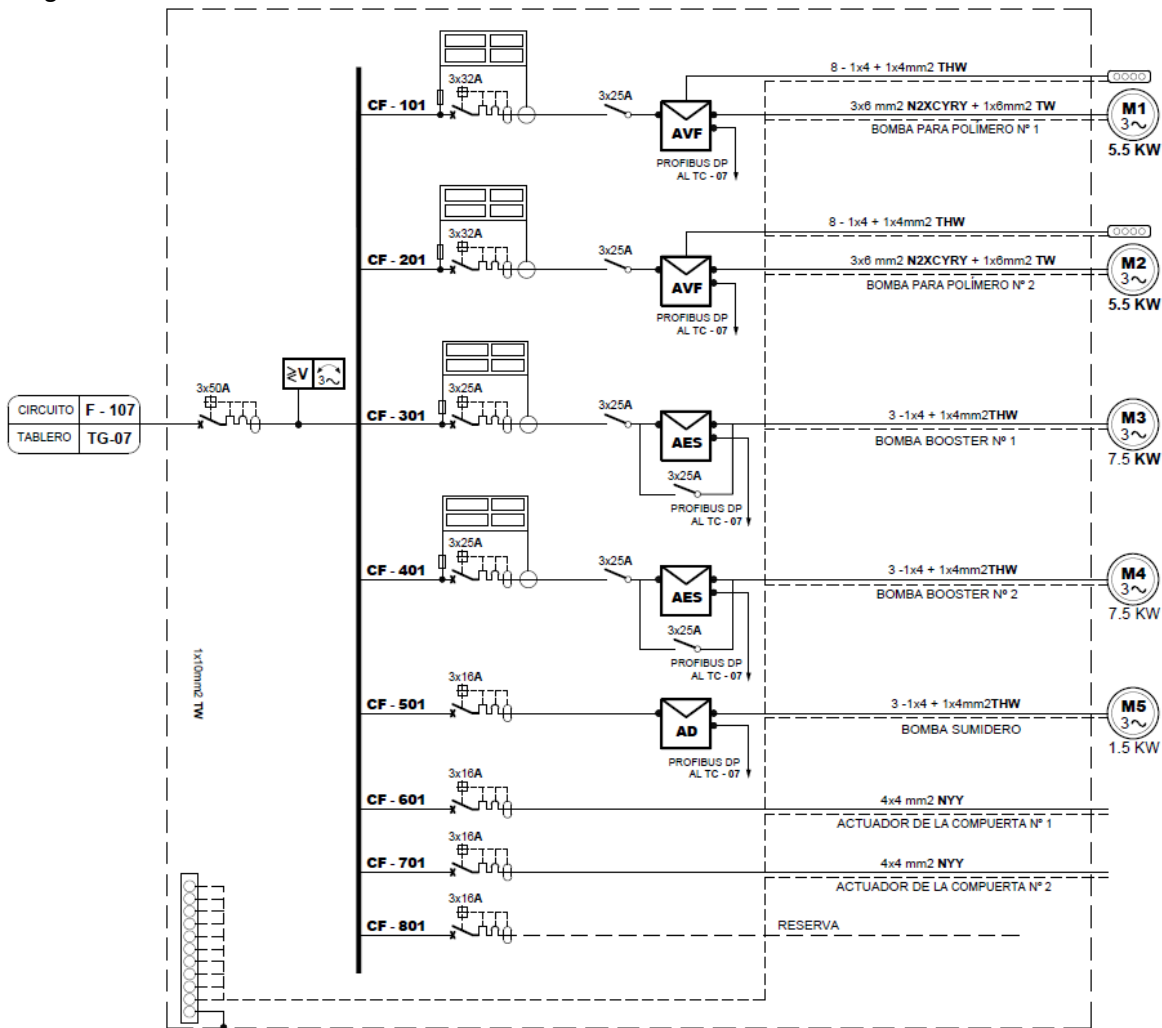


Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de BOC-1A y BOC-1B tiene por rotulo “TF-107”. En la figura 76 se detalla el diagrama unifilar de TF-107, mientras que en la tabla 42 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de las bombas sumergibles BOC-1A y BOC-1B

Figura 76

Diagrama unifilar de TF-107.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 42

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOC-1A/1B.

TF-107 (Tablero de fuerza de las bombas booster BOC-1A y BOC- 1B)	LOCAL TF-107	MANUAL TF-107	Pulsadores de arranque y parada del TF-107	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-107	Tiempo de alternado HMI del TC-07	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-107	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de alternado Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de las bombas booster BOC-1A y BOC-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas booster BOC-1A y BOC-1B con los pulsadores físicos de arranque parada. Recaltar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de las bombas booster BOC-1A y BOC-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); las bombas booster BOC-1A y BOC-1B, operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite el tiempo de alternancia en el HMI del TC-07.

El arranque Remoto-Manual de las bombas booster BOC-1A y BOC-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas booster BOC-1A y BOC-1B con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de BOC-1A y BOC-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); las bombas *booster* BOC-1A y BOC-1B operará en función a la lógica almacenada en el TC-07; es necesario que se edite el tiempo de alternancia en el SCADA cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el BOC-1A y BOC-1B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BOC-1A y BOC-1B

- Los selectores de BOC-1A y BOC-1B deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas *booster* siempre deberán contar con liquido por encima de la canastilla de succión del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 30012) siempre deberá estar activado (flanco positivo).

- Las bombas sumergibles trabajaran por nivel con el sensor LE-30012, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-30012 entonces el interruptor de nivel bajo LSL – 30012) detendrá el funcionamiento de la bomba
- La BOC-1A y BOC-1B se deberán alternar por tiempos configurables en el TC-07
- Se deberá monitorear todos los estados de la BOC-1A y BOC-1B en el HMI del TC-7 y Scada.
- El sensor se LE-30012 se debe monitorear en el HMI del TC-7 y Scada.

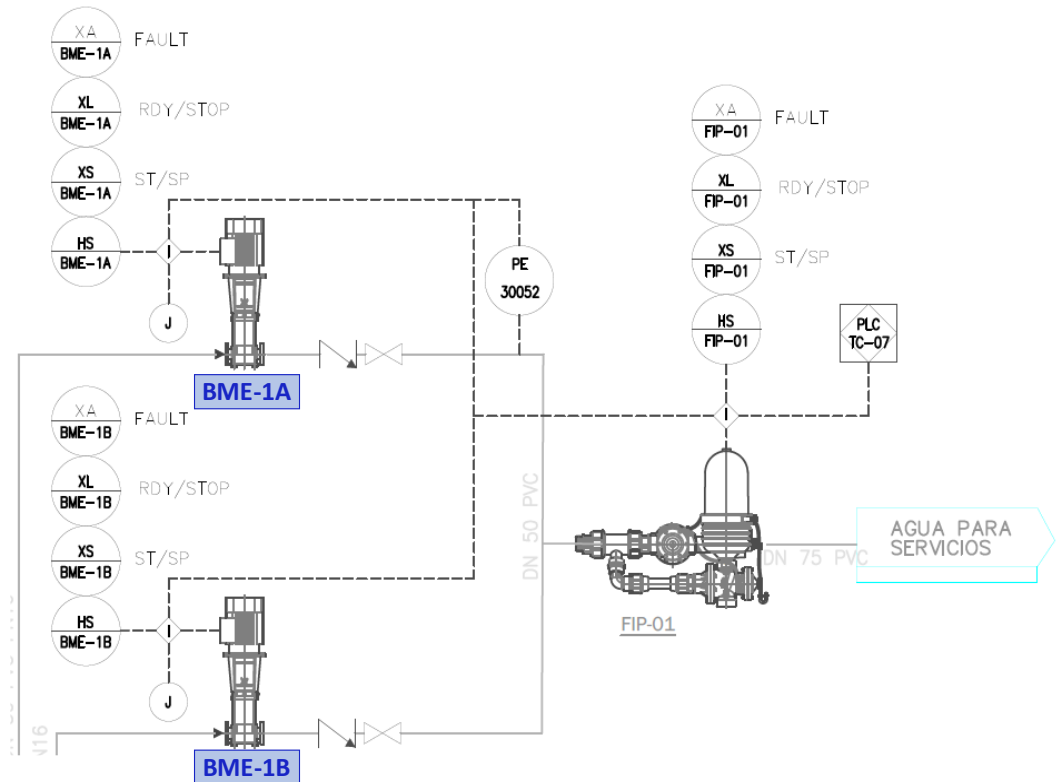
b) Fallas y alarmas de BOC-1A y BOC-1B

- De generarse una sobrecarga o falla en el BOC-1A o en el BOC-1B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-07 y Scada.
- Si una de las bombas BOC-1A o BOC-1B entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otra de forma inmediata.

3.2.3.4 Bombas de agua de servicio (BME-1A y BME-1B). Las bombas de agua de servicio captan el agua de salida de la unidad de desinfección y tiene como finalidad de enviar agua de forma constante a los diversos equipos que se encuentran dentro de la planta para su lavado interno, tales como tornillos compactadores, centrifugas, etc.; pasando previamente por un filtro SK.

Figura 77

Bombas de agua de servicio BME-1A y BME-1B

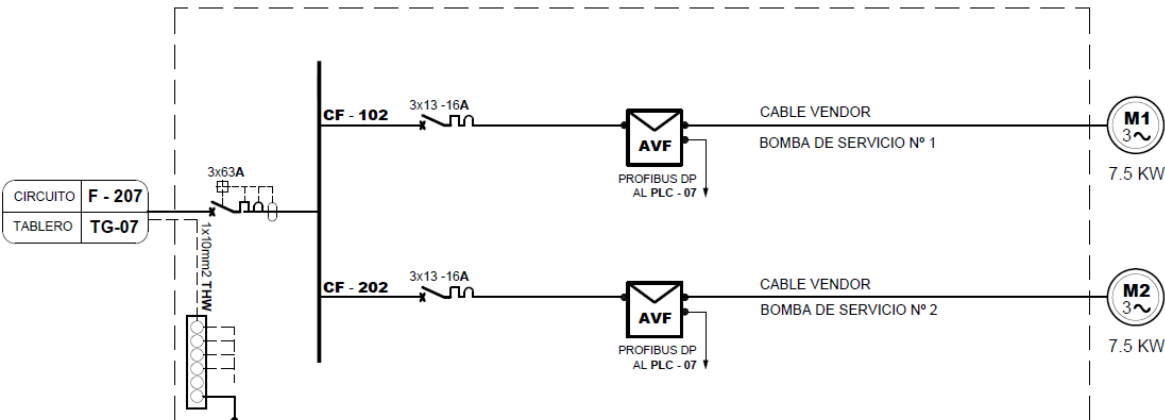


Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de BME-1A y BME-1B tiene por rotulo “TF-207”. En la figura 78 se detalla el diagrama unifilar de TF-207, mientras que en la tabla 43 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de las bombas de agua de servicio BME-1A y BME-1B.

Figura 78

Diagrama unifilar de TF-207.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 43*Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BEM-1A/1B.*

TF-207 (Tablero de fuerza de las bombas PME-1A y PME-1B)	LOCAL TF-207	MANUAL TF-207	Pulsadores de arranque y parada del TF-207	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-207	Tiempo de alternancia HMI del TC-07	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-207	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de alternancia Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de bombas BME-1A y BME-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-207 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas BME-1A y BME-1B con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático de las bombas BME-1A y BME-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-207 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo el conmutador MOA en automático (A); las bombas BME-1A y BME-1B; operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite el tiempo de alternancia en el HMI del TC-07.

El arranque Remoto-Manual de las bombas BME-1A y BME-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-207 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas BME-1A y BME-1B con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas BME-1A y BME-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-207 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); bombas BME-1A y BME-1B operará en función a la lógica almacenada en el TC-07; es necesario que se edite tiempo de alternancia en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el BME-1A y BME-1B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BME-1A y BME-1B

- Los selectores de BME-1A y BME-1B deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas sumergibles siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 30012) siempre deberá estar activado (Flanco positivo).
- Las bombas sumergibles trabajaran por nivel con el sensor LE-30012, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-30012 entonces el interruptor de nivel bajo LSL – 30012) detendrá el funcionamiento de la bomba
- La BME-1A y BME-1B Trabajarán de forma alternada; es decir 6 horas cada uno y la presurización de estas será de la mano con u transmisor de presión PE--30051
- La lectura del sensor LE – 30012 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TC-7 y Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BME-1A y BME-1B en el HMI del TC-7 y Scada.

b) Fallas y alarmas de BME-1A y BME-1B

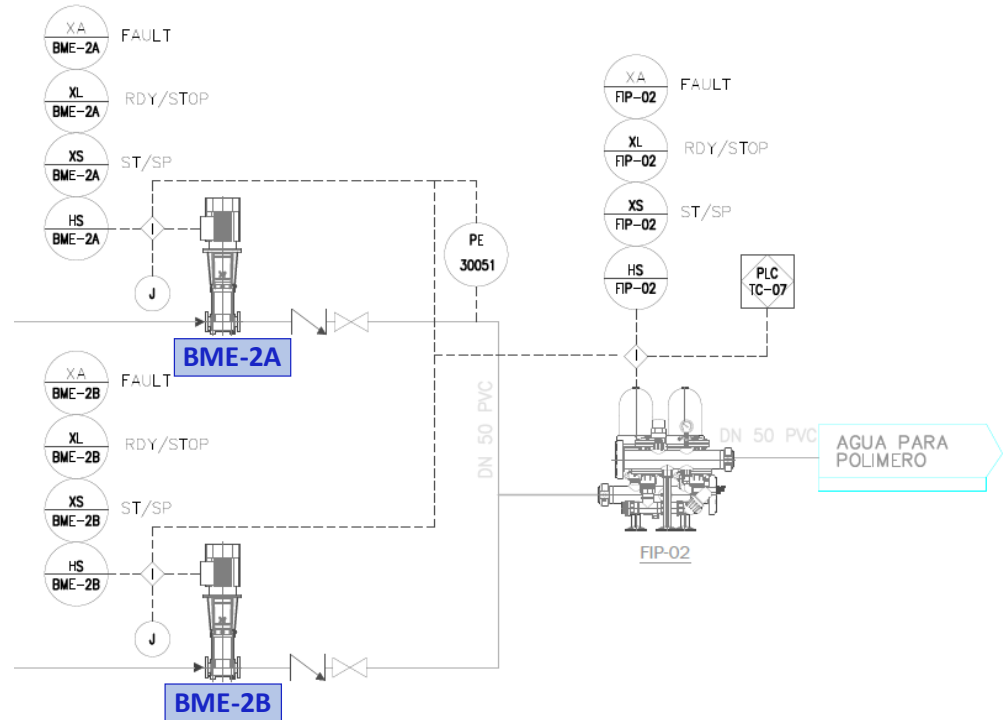
- De generarse una sobrecarga o falla en el BME-1A o en el BME-1B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-07 y Scada.
- S una de las bombas BME-1A y BME-1B entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otro de forma inmediata.

3.2.3.5 Bombas de agua de polímeros (BME-2A y BME-2B). Las bombas de agua de polímeros captan el agua de salida de la unidad de desinfección y tiene como finalidad de enviar agua de forma constante a los tanques de preparación de polímeros

ubicados en la sala de deshidratación de lodos, pasando previamente por un filtro SK. En la figura 79 se muestra un diagrama de funcionamiento de bombas de agua de Polímero BME-2A y BME-2B.

Figura 79

Bombas de agua de polímeros BME-2A y BME-2B.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

El tablero de accionamiento para BME-2A y BME-2B tiene por rotulo “TF-107”. En la figura 76 se detalló el diagrama unifilar de TF-107; mientras que en la tabla 44 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de BME-2A y BME-2B.

Tabla 44

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BEM-2A/2B.

TF-107 (Tablero de fuerza de las bombas PME-2A y PME-2B)	LOCAL TF-107	MANUAL TF-107	Pulsadores de arranque y parada del TF-107	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-107	Tiempo de alternado HMI del TC-07	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-107	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de alternado Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de bombas BME-2A y BME-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas BME-2A y BME-2B con los pulsadores físicos de arranque parada. Hay que recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de las bombas BME-2A y BME-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo el conmutador MOA en automático (A); las bombas BME-2A y BME-2B; operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite el tiempo de alternancia en el HMI del TC-07.

El arranque Remoto-Manual de BME-2A y BME-2B consiste en que en TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto y en el Scada se debe posicionar el MOA virtual en manual; posterior a ello se puede arrancar las bombas BME-2A y BME-2B con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas BME-2A y BME-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-107 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); bombas BME-2A y BME-2B operará en función a la lógica almacenada en el TC-07; es necesario que se edite tiempo de alternancia en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el BME-2A y BME-2B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BME-2A y BME-2B

- Los selectores de BME-2A y BME-2B deberán estar en automáticos.
- Para el arranque de una de las bombas siempre deberán contar con liquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 30012) siempre deberá estar activado.

- Las bombas sumergibles trabajaran por nivel con el sensor LE-30012, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-30013 entonces el interruptor de nivel bajo LSL – 30013) detendrá el funcionamiento de la bomba.
- Las bombas BME-2A y BME-2B trabajarán de forma alternada; es decir 12 horas cada uno y la presurización de estas será de la mano con un transmisor de presión PE-30052.
- La lectura del sensor LE – 30012 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TC-07 y Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BME-2A y BME-2B en el HMI del TC-07 y Scada.

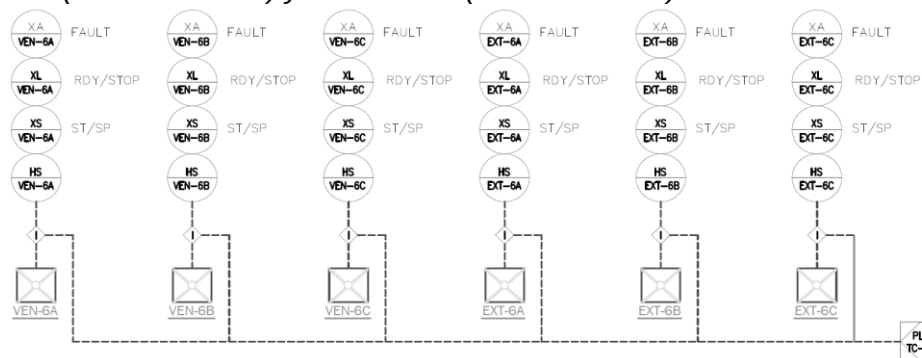
b) Fallas y alarmas de BME-2A y BME-2B

- De generarse una sobrecarga o falla en el BME-2A o en el BME-2B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-07 y Scada.
- Si una de las bombas BME-2A o BME-2B entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otro de forma inmediata.

3.2.3.6 Ventiladores y extractores de la sala de desinfección. La función del ventilador es inyectar aire y la del extractor es quitar el aire concentrado en la sala de desinfección. Los tags de estos están en la descripción de la figura 80.

Figura 80

Ventiladores (VEN-6A/6B/6C) y Extractores (EXT-6A/6B/6C)

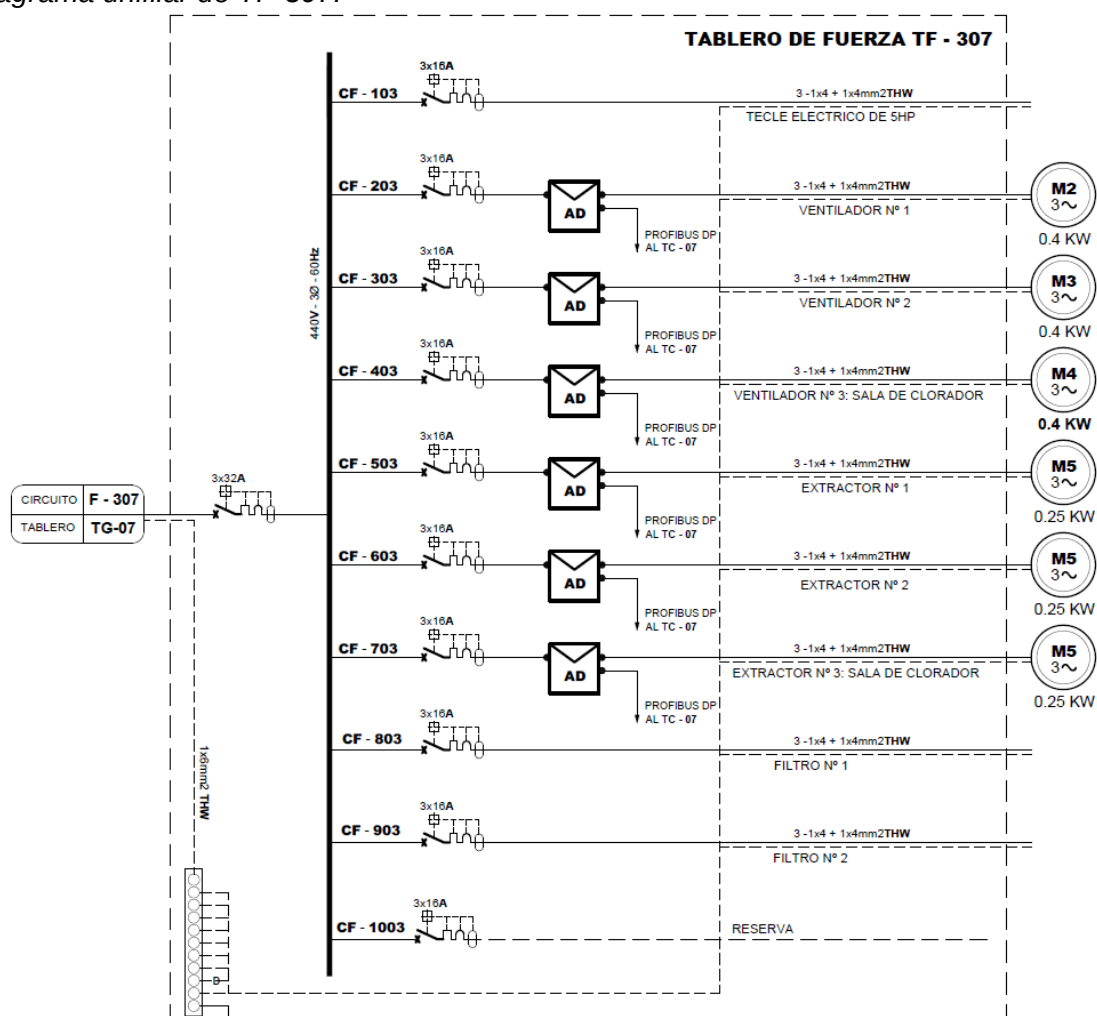


Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento de los Ventiladores (VEN-6A, VEN-6B y VEN-6C) y extractores (EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C) tiene por rotulo “TF-307”. En la figura 81 se muestra el diagrama unifilar de TF-307; mientras que en la tabla 45 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C, EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C.

Figura 81

Diagrama unifilar de TF-307.



Nota: tomado de planos PTAR – Desinfección – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 45*Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-6A/6B/6C y EXT-6A/6B/6C.*

TF-307 (Tablero de fuerza de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C)	LOCAL TF-307	MANUAL TF-307	Pulsadores de arranque y parada del TF-307	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-307	Tiempo de alternado HMI del TC-07	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-307	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de alternado Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C consiste en que en el tablero de fuerza TF-307 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los ventiladores y extractores con los pulsadores físicos de arranque parada. Hay que recalcar que la operación o manipulación manual del equipo será responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C consiste en que en el tablero de fuerza TF-307 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C, operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TC-07.

El arranque Remoto-Manual de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C consiste en que en el tablero de fuerza TF-307 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los ventiladores y extractores consiste en que en el TF-307 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático; los ventiladores y extractores operará en función a la lógica almacenada en el TC-07; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces los ventiladores trabajarán de la siguiente manera.

a) Funcionamiento de VEN-6A/6B/6C y Extractores EXT-6A/6B/6C

- Los selectores de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C y los extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C deberán estar en automáticos.
- El ventilador y el extractor trabajará por tiempos es decir en el HMI del TF-307, HMI del TC-07 y Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, esto deberán ser editables; y también contar con la visualización de tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de VEN-6A/6B/6C y Extractores EXT-6A/6B/6C

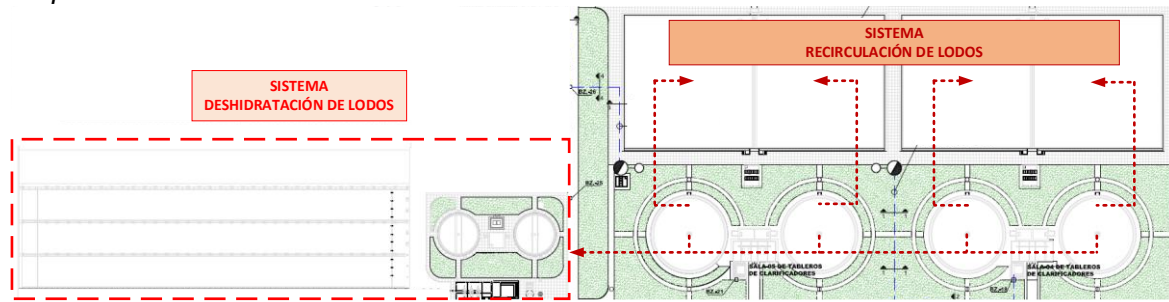
De generarse una sobrecarga en uno de los ventiladores VEN-6A, VEN-6B, VEN-6C o extractores EXT-6A, EXT-6B y EXT-6C esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-07 y en el Scada.

3.2.4 Tratamiento de Lodos

En esta fase del proceso operativo de la PTAR, los lodos pueden ser recirculados dentro del sistema o, alternativamente, enviados para su correspondiente proceso de deshidratación. Esta etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales permite optimizar el manejo de los residuos sólidos, garantizando su adecuado tratamiento. En la figura 82 se presenta un esquema detallado que ilustra el flujo del tratamiento de lodos, proporcionando una visión clara de las etapas involucradas en su gestión.

Figura 82

Esquema Tratamiento de lodos



Nota: tomado de planos PTAR – Sistema de control y Scada – Planta general

En las tablas 46 y 47 se presentan, de manera detallada, las listas correspondientes a los equipos involucrados en los procesos de recirculación y deshidratación de lodos, respectivamente. Estos equipos forman parte fundamental de la etapa de tratamiento de lodos los cuales son esenciales para garantizar la eficiencia operativa y el cumplimiento de los estándares de tratamiento en la planta.

Tabla 46*Lista de equipos utilizados en la recirculación de lodos*

Recirculación de lodos - Equipos		
Ítem	Tag	Descripción
1	CLAR-01	Clarificador 1
2	CLAR-02	Clarificador 2
3	CLAR-03	Clarificador 3
4	CLAR-04	Clarificador 4
5	PB-CLAR-1	Puente barredor de clarificador 1
6	PB-CLAR-2	Puente barredor de clarificador 2
7	PB-CLAR-3	Puente barredor de clarificador 3
8	PB-CLAR-4	Puente barredor de clarificador 4
9	CTE-8A	Compuerta de ingreso a CB2 de CLAR-01
10	CTE-8B	Compuerta de ingreso a CB2 de CLAR-02
11	CTE-8C	Compuerta de ingreso a CB3 de CLAR-03
12	CTE-8D	Compuerta de ingreso a CB3 de CLAR-04
13	VH-01	Válvula cuchilla de ingreso a CB2 de CLAR-01
14	VH-02	Válvula cuchilla de ingreso a CB2 de CLAR-02
15	VH-03	Válvula cuchilla de ingreso a CB2 de CLAR-03
16	VH-04	Válvula cuchilla de ingreso a CB2 de CLAR-04
17	BOB-1A	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-01
18	BOB-1B	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-01
19	BOB-2A	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-02
20	BOB-2B	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-02
21	BOB-3A	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-03
22	BOB-3B	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-03
23	BOB-4A	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-04
24	BOB-4B	Electrobomba de recirculación de lodos de CLAR-04
25	PPE-03	Polipasto eléctrico
26	PPE-04	Polipasto eléctrico
27	VEN-4A	Ventilador 4A en CB2
28	EXT-4A	Extractor 4A en CB2
29	VEN-5A	Ventilador 5A en CB3
30	EXT-5A	Extractor 5A en CB3
31	VM-4-1F	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a ESQ1
32	VM-4-1G	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ1
33	VM-4-1H	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ1 - Bypass
34	VM-4-2F	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a ESQ2
35	VM-4-2G	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ2
36	VM-4-2H	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ2 - Bypass
37	VM-5-1F	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a ESQ3
38	VM-5-1G	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ3
39	VM-5-1H	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ3 - Bypass
40	VM-5-2F	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a ESQ3
41	VM-5-2G	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ3
42	VM-5-2H	Válvula mariposa de recirculación de lodos hacia a TAQ3 - Bypass

Nota: tomado de planos PTAR – Recirculación de lodos – Diagrama P&D

Tabla 47*Lista de equipos utilizados en la deshidratación de lodos*

Deshidratación de lodos - Equipos		
Ítem	Tag	Descripción
1	ESG-01-01	Espesador por gravedad 1
2	ESG-01-02	Espesador por gravedad 2
3	SOP-2A	Soplador
4	SOP-2B	Soplador
5	BCP-L1	Bomba tipo tornillo de lodos a centrifuga 1
6	BCP-L2	Bomba tipo tornillo de lodos a centrifuga 2
7	BCP-P1	Bomba tipo tornillo de polímeros a centrifuga 1
8	BCP-P2	Bomba tipo tornillo de polímeros a centrifuga 2
9	CEN-01	Centrifuga 1
10	CEN-02	Centrifuga 2
11	POL-01	Preparador de polímeros 1
12	POL-02	Preparador de polímeros 2
13	PPE	Polipasto eléctrico
14	TRT-02	Tornillo transportador (extrae lodos de centrifugas)
15	TRT-03	Tornillo transportador (distribuidor a secadores solares)
16	SES-01	Secador solar 1
17	SES-02	Secador solar 2
18	SES-03	Secador solar 3
19	VM-05-03	Válvula mariposa - descarga de bomba nomo 1
20	VM-05-04	Válvula mariposa - descarga de bomba nomo 2
21	XV-CEN-01	Válvula solenoide de lavado (alta velocidad) de CEN-01
22	XV-CEN-02	Válvula solenoide de lavado (baja velocidad) de CEN-01
23	XV-CEN-03	Válvula solenoide de lavado (tajadera) de CEN-01
24	XV-CEN-04	Válvula solenoide de lavado (alta velocidad) de CEN-02
25	XV-CEN-05	Válvula solenoide de lavado (baja velocidad) de CEN-02
26	XV-CEN-06	Válvula solenoide de lavado (tajadera) de CEN-02
27	EXT-7	Extractor de aire
28	VEN-7	Ventilador

Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

En las tablas 48 y 49 se detallan, respectivamente, la lista de instrumentación involucrados en la recirculación y deshidratación, estos correspondientes a la etapa de tratamiento de lodos.

Tabla 48*Lista de instrumentación utilizados en la recirculación de lodos*

Recirculación de lodos - Instrumentación		
Ítem	Tag	Descripción
1	LE-20036	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB2
2	LIT-20036	Transmisor indicador de nivel en CB 02
3	LE-20037	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB2
4	LIT-20037	Transmisor indicador de nivel en CB 02
5	LE-20038	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB3
6	LIT-20038	Transmisor indicador de nivel en CB 03
7	LE-20039	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB3
8	LIT-20039	Transmisor indicador de nivel en CB 03
9	PE-20051	Sensor de presión en tubería de impulsión a TQA 1
10	PIT 20051	Transmisor de presión de sensor en tubería de impulsión a TQA 1
11	PE-20052	Sensor de presión en tubería de impulsión a TQA 2
12	PIT 20052	Transmisor de presión de sensor en tubería de impulsión a TQA 2
13	PE-20053	Sensor de presión en tubería de impulsión a TQA 3
14	PIT 20053	Transmisor de presión de sensor en tubería de impulsión a TQA 3
15	PE-20054	Sensor de presión en tubería de impulsión a TQA 4
16	PIT 20054	Transmisor de presión de sensor en tubería de impulsión a TQA 4
17	FIT-20041	Transmisor indicador de medición de caudal de recirculación de lodos hacia TAQ1
18	FE-20041	Sensor de caudal de recirculación de lodos hacia a TAQ1
19	FIT-20042	Transmisor indicador de medición de caudal de recirculación de lodos hacia TAQ2
20	FE-20042	Sensor de caudal de recirculación de lodos hacia a TAQ2
21	FIT-20043	Transmisor indicador de medición de caudal de recirculación de lodos hacia TAQ3
22	FE-20043	Sensor de caudal de recirculación de lodos hacia a TAQ3
23	FIT-20044	Transmisor indicador de medición de caudal de recirculación de lodos hacia TAQ4
24	FE-20044	Sensor de caudal de recirculación de lodos hacia a TAQ4

Nota: tomado de planos PTAR – Recirculación de lodos – Diagrama P&D

Tabla 49*Lista de instrumentación utilizados en la deshidratación de lodos*

Deshidratación lodos - Instrumentación		
Ítem	Tag	Descripción
1	FE-40014	Sensor de caudal hacia centrifuga 1
2	FIT-40014	Transmisor indicador de caudal hacia centrifuga 1
3	FE-40015	Sensor de caudal hacia centrifuga 2
4	FIT-40015	Transmisor indicador de caudal hacia centrifuga 2
5	FE-40011	Sensor de caudal de ingreso a espesador 1
6	FIT-40011	Transmisor indicador de caudal de ingreso a espesador 1
7	FE-40012	Sensor de caudal de ingreso a espesador 2
8	FIT-40012	Transmisor indicador de caudal de ingreso a espesador 2
9	AIC-40010A	Controlador de solidos suspendidos - Espesador 1
10	AE-40010A	Sensor de solidos suspendidos - Espesador 1
11	AIC-40010B	Controlador de solidos suspendidos - Espesador 2
12	AE-40010B	Sensor de solidos suspendidos - Espesador 2
13	AE-40020	Sensor de vibración - Espesador 1
14	AE-40021	Sensor de vibración - Espesador 2
15	LE-40013	Sensor de nivel en la cámara húmeda de CB5
16	LIT-40013	Transmisor indicador de nivel en CB 05

Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

A continuación, se detalla la descripción de los equipos involucrados en la etapa de tratamiento de lodos y la filosofía de operación de cada una de ellas.

3.2.4.1 Bombas de recirculación de la CB-02 y CB-03. La función de las bombas de recirculación es captar el lodo de las arquetas de los clarificadores, cada bomba trabaja con su propio tablero de accionamiento; la distribución de las bombas de recirculación de la CB-02 y CB-03 se detalla de acuerdo con la tabla 50, mientras que a medida de ejemplo en la figura 83 se muestra el diagrama de la CB-02, similarmente será para la CB-03.

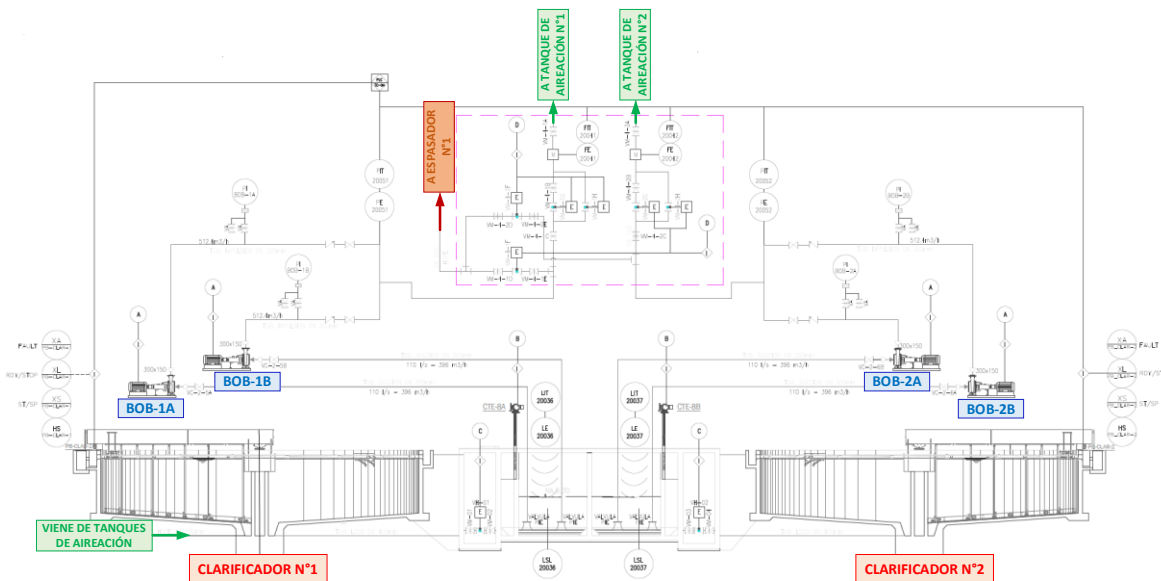
Tabla 50

Distribución de bombas de recirculación de la CB-02 y CB-03.

Bombas recirculación Cámara de Bombeo N°2 (CB-02)	Espesador de Lodos N°01 (ESQ-01)	Clarificador N°1	Tanque Aireador N°1 (TQA-1)	BOB-1A	TF-104	TG-04	TC-04
				BOB-1B	TF-204		
		Clarificador N°2	Tanque Aireador N°2 (TQA-2)	BOB-2A	TF-304		
				BOB-2B	TF-404		
Bombas recirculación Cámara de Bombeo N°3 (CB-03)	Espesador de Lodos N°02 (ESQ-02)	Clarificador N°3	Tanque Aireador N°3 (TQA-3)	BOB-3A	TF-105	TG-05	TC-05
				BOB-3B	TF-205		
		Clarificador N°4	Tanque Aireador N°4 (TQA-4)	BOB-4A	TF-305		
				BOB-4B	TF-405		

Figura 83

Bombas de recirculación de la cámara de bombeo N°2 (CB-02).

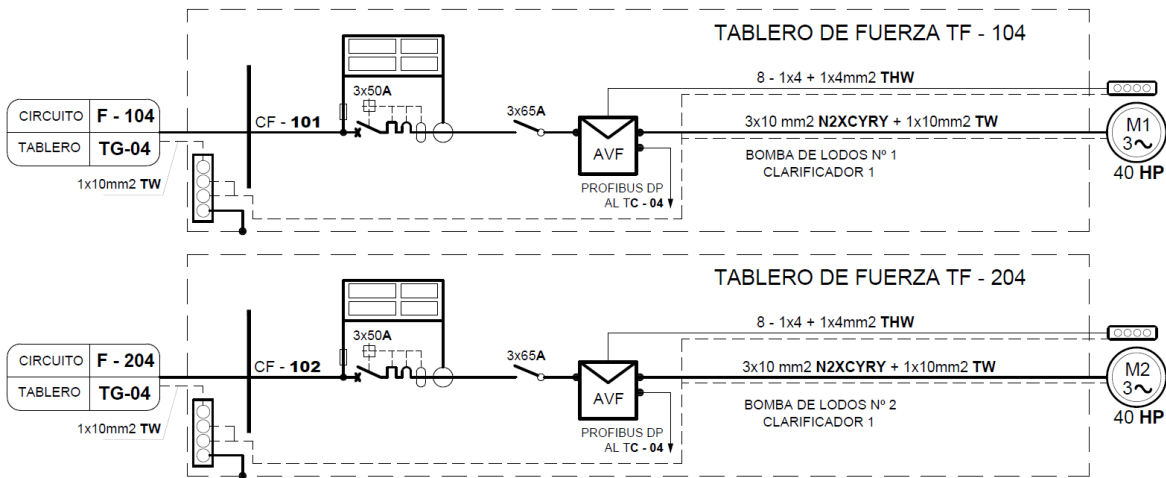


Nota: tomado de planos PTAR – Recirculación de lodos – Diagrama P&D

Los tableros de fuerza para el accionamiento de las bombas son descritos en la tabla 50. En la figura 84 a medida de ejemplo se detalla el diagrama unifilar de TF-104 y TF-204, para los demás tableros serán similar a estos. En la tabla 51 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOB-1A y BOB-1B; similarmente será para las demás bombas.

Figura 84

Diagramas unifilares de TF-104 y TF-204.



Nota: tomado de planos PTAR – Tratamiento secundario (Clarificadores) – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 51

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BOB-1A y BOB-1B.

Tableros de fuerza de bombas de recirculación	LOCAL TF-104 → BOB-1A TF-204 → BOB-1B	MANUAL Tablero de fuerza	Pulsadores de arranque y parada del tablero de fuerza	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO Tablero de fuerza	Por Caudal HMI – TC-04	Enclavamiento por Profibus
			Por Tiempo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus
	REMOTO TF-104 → BOB-1A TF-204 → BOB-1B	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Por Caudal Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus
			Por Tiempo Desde el SCADA	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de bombas BOB-1A y BOB-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-104 para la BOB-1A, TF-204 para la BOB-1B, se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las con los pulsadores físicos de arranque parada.

Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad.

El arranque Local-Automático de las bombas BOB-1A y BOB-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-104 para la BOB-1A, TF-204 para la BOB-1B se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo el conmutador MOA en automático (A); las bombas operarán en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se elija el tipo de funcionamiento en el HMI del TC-04.

El arranque Remoto-Manual de las bombas BOB-1A y BOB-1B, consiste en que en el tablero de fuerza TF-104 para la BOB-1A, TF-204 para la BOB-1B se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas BOB-1A y BOB-1B consiste en que en el tablero de fuerza TF-104 para la BOB-1A, TF-204 para la BOB-1B se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); las bombas operarán en función a la lógica almacenada en el TC-04; es necesario que elija el tipo de funcionamiento en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, las bombas de recirculación trabajarán de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BOB-1A y BOB-1B

- Los selectores de BOB-1A y BOB-1B deberán estar en automáticos.
- Asegurarse que la válvula eléctrica VH-01 y la compuerta CTE-8A se encuentren abiertas; si estas se encuentran cerradas entonces no deberá funcionar ninguna de las bombas
- Para el arranque de una de las bombas BOB-1A y BOB-1B siempre deberán contar con líquido por encima del nivel mínimo y la boya de nivel bajo (LSL - 20036) siempre deberá estar activado (Flanco positivo).

- Las bombas BOB-1A y BOB-1B trabajaran por nivel con el sensor LE-20036, en caso de una mala lectura o perdida de señal del sensor LE-20036 entonces el interruptor de nivel bajo LSL – 20036) detendrá el funcionamiento de la bomba
- En el HMI del TC-04 se debe seleccionar una de las bombas BOB-1A o BOB-1B y el bombeo de lodos, si esta será hacia el tanque de aireación 1 (TQA-1) o al espesador de lodos 1 (ESQ-01)
- Cuando en el HMI del TC-04 se seleccione el envío de lodos hacia el tanque de aireación 1 (TQA-1), deberá existir 2 opciones elegibles para recircular los lodos; la primera será por volumen de caudal y la segunda será por tiempo; es decir: que cuando se seleccione por volumen de caudal el TC-04 tomara el dato del totalizador del FIT-20041 y a esta se le sumara de forma interna la cantidad de volumen que se desea bombear y cuando su valor actual del totalizador de FIT- 20041 es el deseado entonces mandara a detener la operación de la bomba seleccionada; sin embargo cuando se seleccione por tiempo entonces solamente es asignarle un tiempo de funcionamiento, pasado este tiempo la bomba deberá detenerse.
- Cuando se esté recirculando lodos hacia el tanque de aireación 1 (TQA-1) entonces la válvula motorizada VM-4-1G deberá estar abierta, las válvulas motorizadas VM-4-1H y VM -4-1F deben estar cerradas
- Cuando exista un exceso de lodos se enviará hacia el espesador de lodos 1 (ESQ-01), para ello es necesario seleccionar la bomba y el direccionamiento de la recirculación de lodos a espesador en el TC-04
- Cuando se esté enviando al espesador de lodos 1 (ESQ-01) entonces la válvula motorizada VM-4-1F deberá estar abierta, las válvulas motorizadas VM-4-1G y VM-4-1H deben estar cerradas
- La lectura del sensor LE – 20036, PE-20051 y FE 20041 deberá ser visible e idéntica en el HMI del TC-04 y Scada.
- Se deberá monitorear la BOB-1A y BOB-1B en el HMI del TC-04 y en el Scada.

b) Fallas y alarmas de BOB-1A y BOB-1B

- De generarse una sobrecarga o falla en el BOB-1A o en el BOB-1B, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-04 y Scada.
- Si una de las bombas BOB-1A y BOB-1B entra en falla o sobrecarga, entonces deberá arrancar la otro de forma inmediata.

Como se comentó líneas arriba; el funcionamiento, fallas y alarmas de las bombas (BOB-2A, BOB-2B), (BOB-3A, BOB-3B) y (BOB-4A, BOB-4B) es similar a lo descrito para las bombas (BOB-1A y BOB-1B), donde se cambiará los equipos e instrumentación de acuerdo con las tablas 50 y 52 respectivamente.

Tabla 52

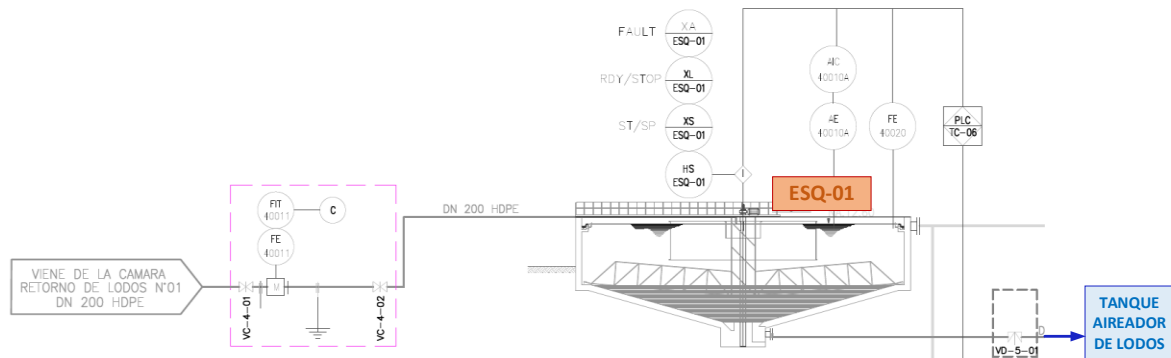
Comparativo de funcionamiento de bombas (BOB-1A, BOB-1B), (BOB-2A, BOB-2B), (BOB-3A, BOB-3B) y (BOB-4A, BOB-4B).

Funcionamiento BOB-1A y BOB-1B	Funcionamiento BOB-2A y BOB-2B	Funcionamiento BOB-3A y BOB-3B	Funcionamiento BOB-4A y BOB-4B
VH-01	VH-02	VH-03	VH-04
CTE-8A	CTE-8B	CTE-8C	CTE-8D
LSL - 20036	LSL - 20037	LSL - 20038	LSL - 20039
LE-20036	LE-20037	LE-20038	LE-20039
PE-20051	PE-20052	PE-20053	PE-20054
FE-20041	FE-20042	FE-20043	FE-20044
FIT-20041	FIT-20042	FIT-20043	FIT-20044
VM-4-1G	VM-4-2G	VM-5-1G	VM-5-2G
VM-4-1H	VM-4-2H	VM-5-1H	VM-5-2H
VM-4-1F	VM-4-2F	VM-5-1F	VM-5-2F

3.2.4.2 Espesadores de lodos 1 y 2 (ESQ-01 y ESQ-02). El objetivo de los espesadores de lodos es homogenizar los fangos de ingreso aprovechando la gravedad y la estructura civil; posteriormente será derivado al tanque de aireación de lodos por gravedad. Los espesadores de lodo cuentan con un barredor que se encuentra apoyado sobre una columna de obra civil situada en el centro del tanque.

Figura 85

Espesador de lodos N°1 (ESQ-01).

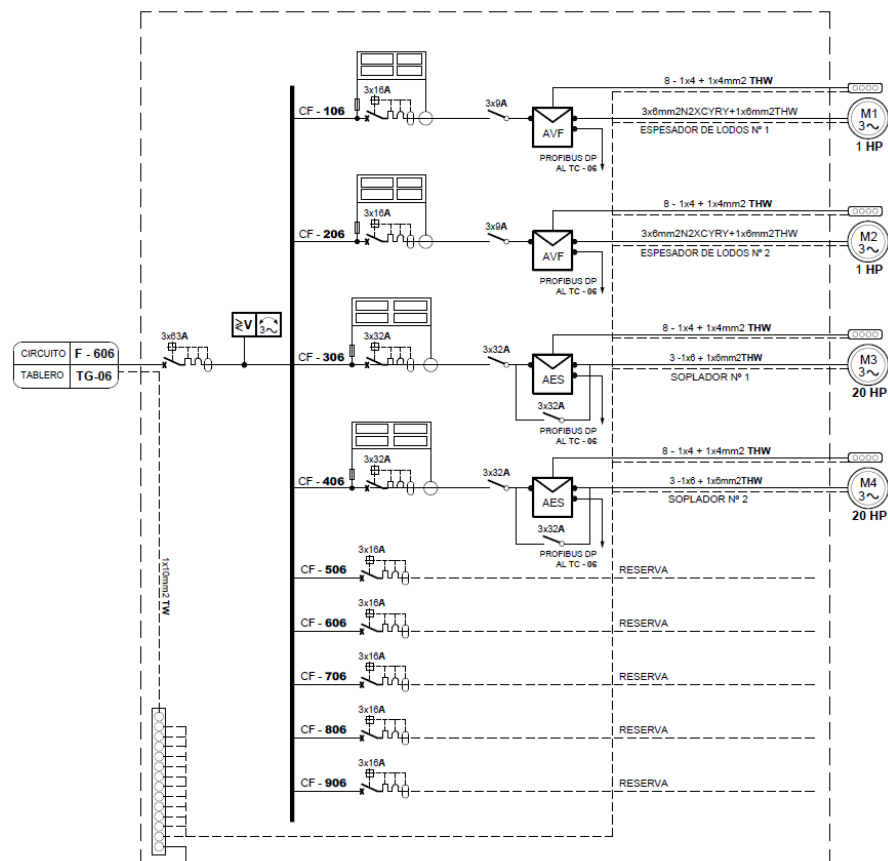


Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de Lodos – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento y control de los espesadores de lodos ESQ-01 y ESQ-02 tiene por rotulo “TF-606” y “TC-06” respectivamente. En la figura 86 y 87 se detallan el diagrama unifilar de estos, mientras que en la tabla 53 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de ESQ-01 y ESQ-02.

Figura 86

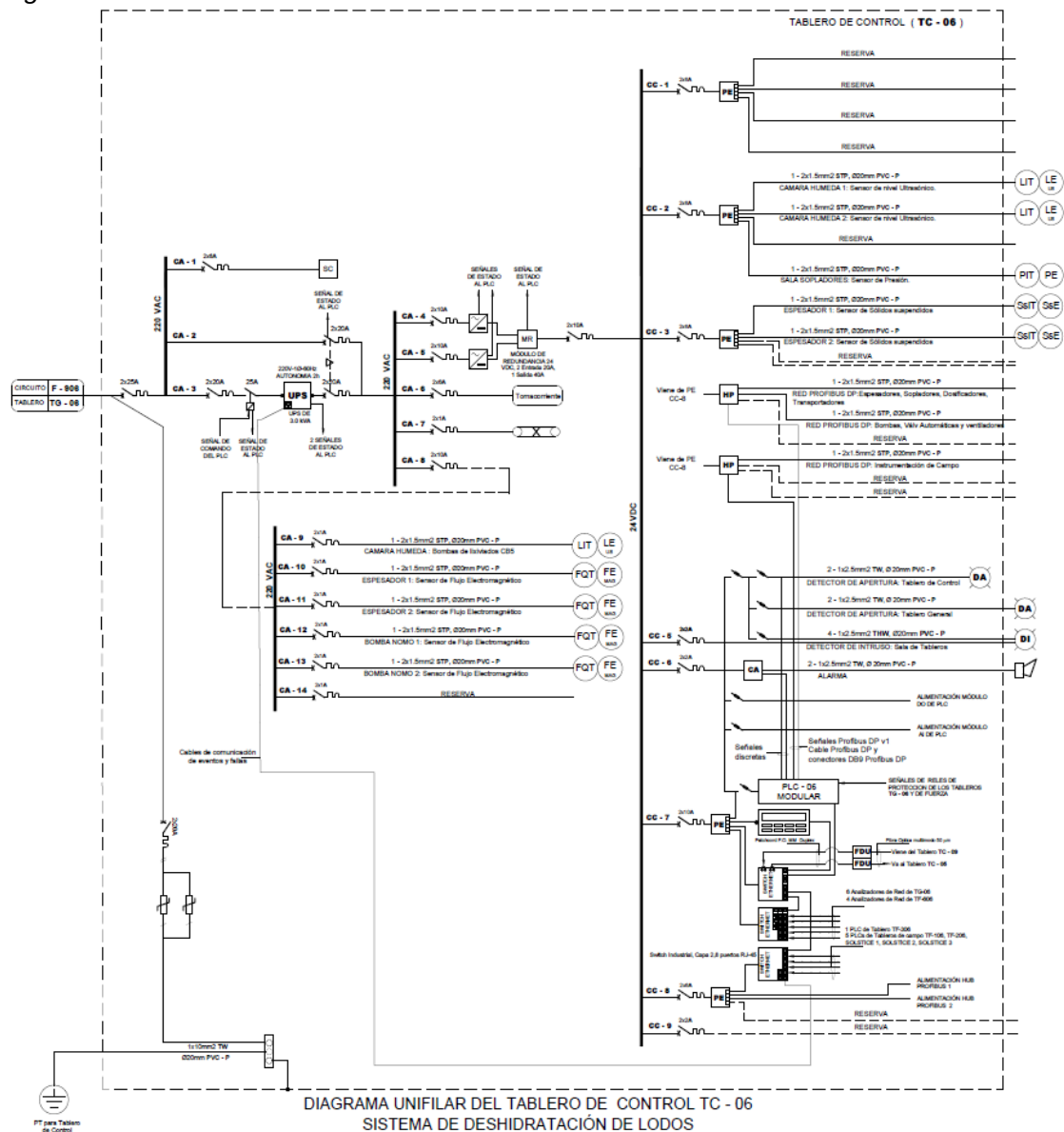
Diagrama unifilar de TF-606.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de fuerza

Figura 87

Diagrama unifilar de TC-06.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de control

Tabla 53

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de ESQ-01 y ESQ-02.

TF-606 (Tablero de fuerza de espesadores de lodos ESQ-01 y ESQ-02)	LOCAL TF-606	MANUAL TF-606	Pulsadores de arranque y parada del TF-606	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-606	Funcionamiento continuo	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-606	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Funcionamiento continuo	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los espesadores de lodos ESQ-01 o ESQ-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo y/o de mando a distancia se debe colocar el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos del sistema de recirculación con los pulsadores físicos de arranque parada. La operación o manipulación manual del equipo es responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de ESQ-01 y ESQ-02 consiste en que en el tablero TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en local y en el tablero de control se debe colocar el conmutador MOA en automático (A); los espesadores de lodos ESQ-01 o ESQ-02 operará en función a la lógica almacenada en el TC-06.

El arranque Remoto-Manual de los espesadores de lodos ESQ-01 o ESQ-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual manual (M); posterior a ello se puede arrancar los equipos de los espesadores de lodos ESQ-01 o ESQ-02 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los espesadores de lodos ESQ-01 o ESQ-02 consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); los espesadores de lodos ESQ-01 o ESQ-02 operará en función a la lógica almacenada en el TC-06 cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, los espesadores de lodos trabajarán de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de ESQ-01 y ESQ-02

- El funcionamiento de los espesadores de lodos ESQ-01 y ESQ-02 es de forma continua apneas el equipo haya arrancado.

- En cada espesador de lodos se encuentra un sensor de nivel de sólidos suspendidos totales, distribuidos de la siguiente manera: AE-40010A para ESQ-01, AE-40010B para ESQ-02; también cuentan con sensores de vibración AE-40020 para ESQ-01 y AE-40021 para ESQ-02; estas deberán estar monitoreando en el TC-06 y enviando la información al Scada.
- Si el sensor de vibración AE-40020 de ESQ-01 si pasa a flanco positivo repetidas veces en un tiempo menor de 10 segundos entonces esta debe manda a parar el funcionamiento del ESQ-01
- Si el sensor de vibración AE-40021 de ESQ-02 si pasa a flanco positivo repetidas veces en un tiempo menor de 10 segundos entonces esta debe manda a parar el funcionamiento del ESQ-02.

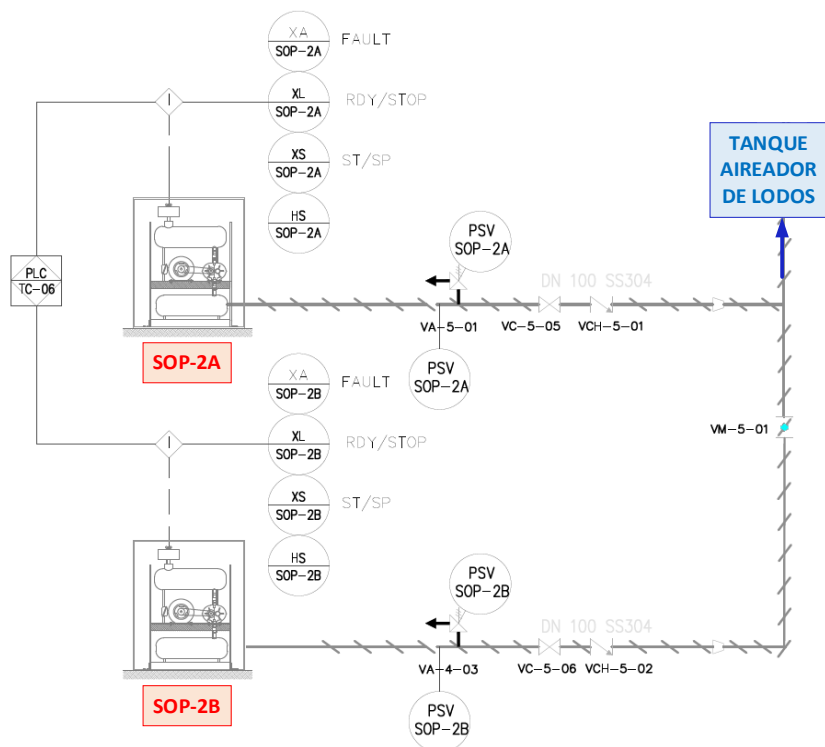
b) Fallas y alarmas de ESQ-01 y ESQ-02

- De generarse una sobrecarga o falla en cualquiera de los espesadores, esta se debe de evidenciar en el Scada y HMI del TC-06.
- Si el sensor de vibración AE-40020 de ESQ-01 y AE-40021 de ESQ-02 pasa a flanco positivo de forma repetitiva este debe reportarse como alarma en el TC-06 y en el Scada.

3.2.4.3 Sopladores SOP-2A y SOP-2B. Estos sopladores son los encargados de suministrar el aire requerido para el tanque de aireación de lodos para proporcionar el burbujeo necesario para la formación del perfil de lodos. En la figura 88 se muestra un esquema de estos sopladores SOP-2A y SOP-2B.

Figura 88

Sopladores SOP-2A y SOP-2B.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento y control de los sopladores SOP-2A y SOP-2B tiene por rotulo “TF-606” y “TC-06” respectivamente, en la figura 86 y figura 87 se detalló el diagrama unifilar de estos tableros. En la tabla 54 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-2A y SOP-2B.

Tabla 54

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de SOP-2A y SOP-2B.

TF-606 (Tablero de fuerza de los sopladores SOP-2A y SOP-2B)	LOCAL TF-606	MANUAL TF-606	Pulsadores de arranque y parada del TF-606	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-606	Lógica de Alternancia en TC-06	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-606	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Lógica de Alternancia en TC-06	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de los SOP-2A y SOP-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA del SOP-2A y SOP-2B en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático los SOP-2A y SOP-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y en el tablero de campo o tablero de mando a distancia, posicionar el conmutador MOA en automático (A); los SOP-4A, y SOP-4B operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TC-06.

El arranque Remoto-Manual de los SOP-2A y SOP-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los SOP-2A y SOP-2B con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de los SOP-2A y SOP-2B consiste en que en el tablero de fuerza TF-601 consiste en que en el tablero de fuerza TF-606 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); los SOP-2A y SOP-2B operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TC-06 cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el SOP-2A y SOP-2B trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de SOP-2A y SOP-2B

- Los selectores de los sopladores SOP-2A y SOP-2B deberán estar en automáticos.
- Los sopladores SOP-2A y SOP-2B deberán alternar entre ellas cada cierto tiempo configurable.
- Si solo trabaja 1 de los 2 sopladores. Entonces este trabajara de forma interrumpida.
- El tiempo de funcionamiento deberá monitorearse desde el HMI del TC-06 y Scada.

- Si uno de los sopladores se detecta falla o sobrecarga, entonces deberá entrar de forma automática el siguiente soplador

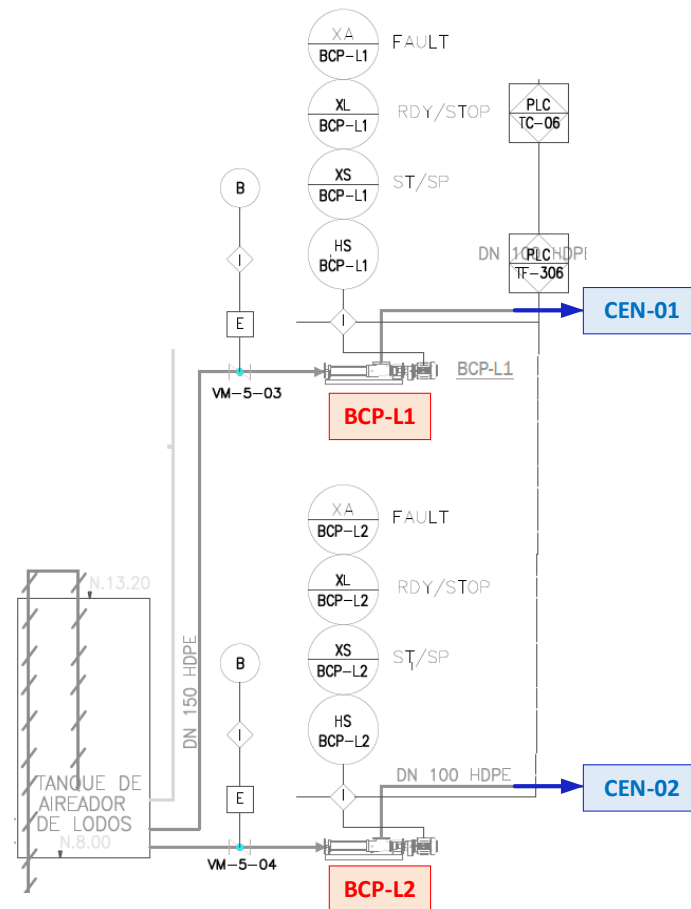
b) Fallas y alarmas de SOP-2A y SOP-2B

- De generarse una falla o sobrecarga en uno de los sopladores SOP-2A y SOP-2B, entonces esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y Scada.

3.2.4.4 Bombas de cavidad progresiva (Nomo) (BCP-L1 y BCP-L2). Estas bombas de cavidad progresiva son los encargados de llevar el lodo hacia las centrifugas para su posterior deshidratación. En la figura 89 se detalla un esquema de estas bombas.

Figura 89

Bombas de cavidad progresiva (Nomo) (BCP-L1 y BCP-L2).



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

El arranque Local-Manual de las bombas BCP-L1 o BCP-L2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-306 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA de las bombas BCP-L1 o BCP-L2 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático las bombas BCP-L1 o BCP-L2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-306 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); las bombas BCP-L1 o BCP-L2 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-306.

El arranque Remoto-Manual de las bombas BCP-L1 o BCP-L2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-306 consiste en que se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas BCP-L1 Y BCP-L2 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas BCP-L1 o BCP-L2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-306 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); las bombas BCP-L1 Y BCP-L2 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-306 cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces el BCP-L1 y BCP-L2 trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BCP-L1 y BCP-L2

- Los selectores de BCP-L1 y BCP-L2 deberán estar en automáticos.
- Las válvulas motorizadas VM-5-03 y VM-5-04 deberán esta abiertas para su operación de lo contrario no permitirá el arranque de las bombas
- Para que pueda arrancar la bomba BCP-L1 tiene que esperar la señal de arranque de la centrifuga CEN-01 y esta a su vez debe de devolver una confirmación de funcionamiento a la CEN-01.

- Para que pueda arrancar la bomba BCP-L2 tiene que esperar la señal de arranque de la centrifuga CEN-02 y esta a su vez debe de devolver una confirmación de funcionamiento a la CEN-02.
- La lectura de los sensores FE-40014 del árbol de descarga del BCP-L1 y FE-40015 del BCP-L2 debe ser visible e idéntica tanto en el HMI del TC-06 y en el sistema Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de BCP-L1/L2 en el HMI del TC-06 y el Scada.

b) Fallas y alarmas de BCP-L1 y BCP-L2

- De generarse una sobrecarga o falla en el BCP-L1 o en el BCP-L2, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y Scada.

3.2.4.5 Preparador de polímeros (POL-01 y POL-02). El preparador de polímeros es el encargado de mezclar con un mixer el agua que ingresa directamente a su tanque junto con polímero líquido que se absorbe de un bin mediante una bomba dosificadora. Cada preparador de polímero está compuesto por un mezclador, una bomba dosificadora, solenoide para ingreso de agua, sensor de nivel ultrasónico y un caudalímetro. La entrada de agua es controlada por una válvula solenoide de 24 VCC, que se abre cuando el nivel en la cámara alcanza el mínimo establecido y se cierra cuando la cámara está completamente llena. El mezclador tendrá una rotación a baja velocidad asociada a la hélice que proporciona una buena dilución y homogeneización.

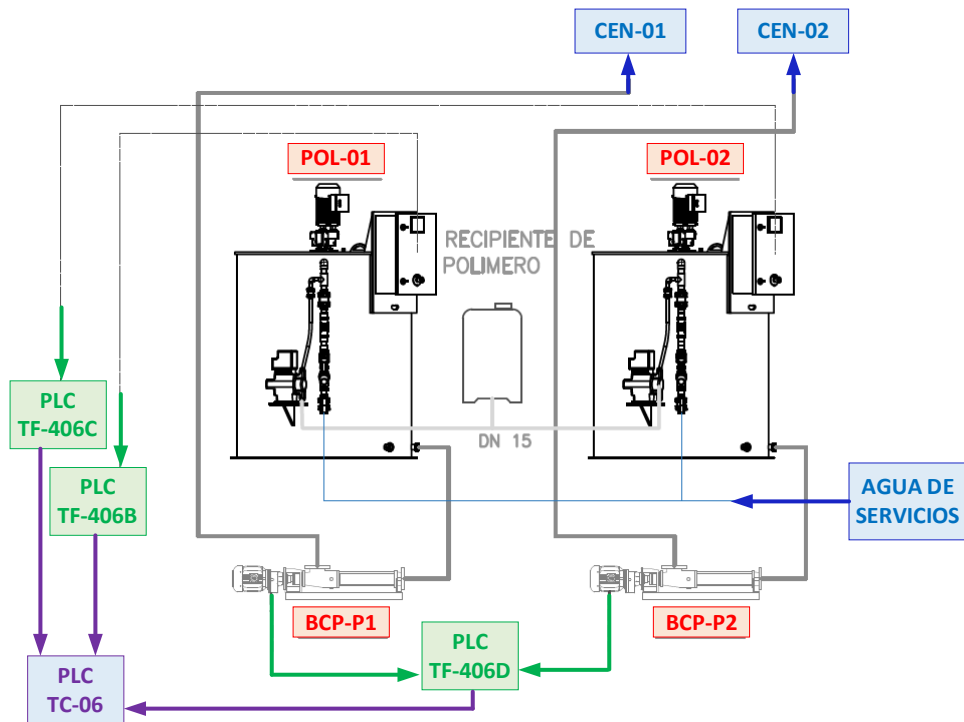
El tablero del preparador de polímeros POL-01 es gobernada por el TF-406B.

El tablero del preparador de polímeros POL-02 es gobernada por el TF-406C.

En la figura 91 se detalla el esquema de POL-01 y POL-02, mientras que en la figura 92 se muestra el diagrama unifilar de TF-406B, este será similar al TF-406C.

Figura 91

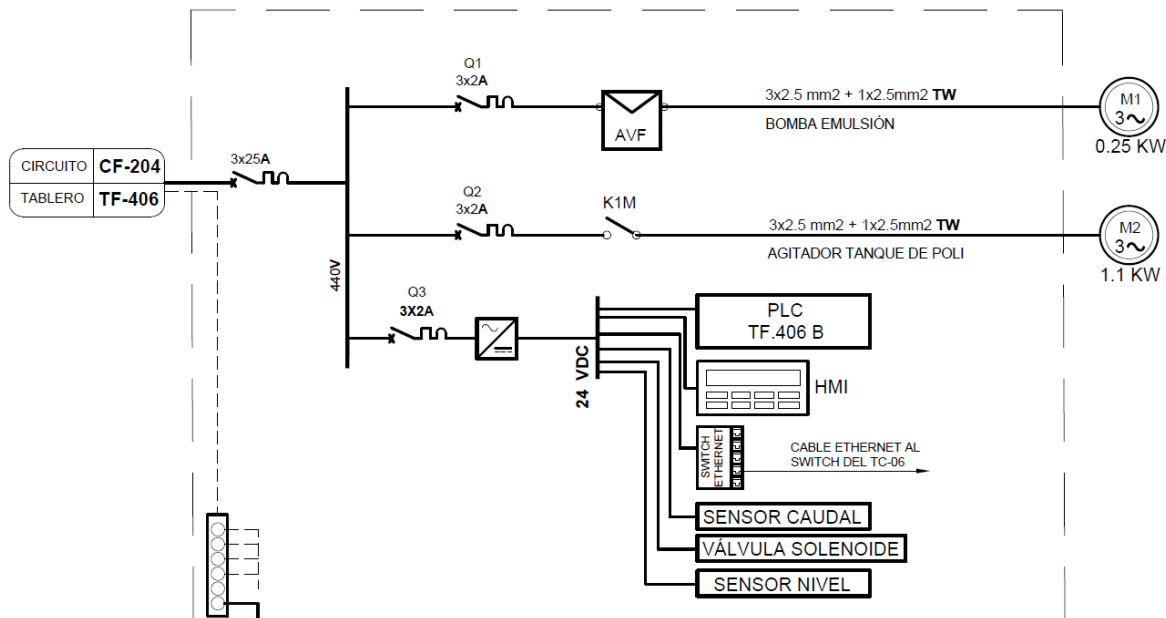
Esquema de (POL-01, POL-02) y (BCP-P1, BCP-P2).



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

Figura 92

Diagrama unifilar de TF-406B.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de fuerza

a) Funcionamiento de POL-01 y POL-02

- Se deberá colocar en automático el mezclador y la bomba dosificadora en su HMI de su tablero
- El modo de funcionamiento del mezclador se puede programar en modo continuo o en una rutina de parada/ arranque
- El nivel ultrasónico instalado transmite una señal proporcional a la altura del líquido y muestra continuamente el nivel en la pantalla, controlando así el ciclo de inicio y fin, así como las alarmas de nivel.
- El porcentaje de nivel de recarga es editable en el HMI en el tablero de cada preparador de polímero
- El funcionamiento intermitente no se aplica durante el ciclo de preparación, momento en el que el mezclador funciona en modo continuo siempre que haya entrada de agua y polímero fresco.
- La concentración de la solución a preparar se puede configurar en su HMI.
- El caudal de agua se mide mediante un caudalímetro con transmisor de pulsos conectado a su PLC
- A continuación, en la tabla 56 se detalla la interpretación de los leds que se encuentra en la puerta de cada tablero de los preparadores de polímeros:

Tabla 56

Interpretación de leds de POL-01 y POL-02.

Posición	Descripción	Verde	Rojo	Apagado
1	Nivel de polímero	Nivel aceptable	Alarma de nivel	NA
2	Válvula electromagnética	Válvula abierta	NA	Válvula cerrada
3	Flujo de agua	Flujo de agua OK	Alarma de flujo	Esperar
4	Bomba dosificadora	En funcionamiento	Alarma	Esperar
5	Nivel de emulsión	Nivel aceptable	Bajo nivel	NA
6	Mezcladora	En funcionamiento	Alarma	Esperar

- Se deberá monitorear todos los estados de los equipos que involucra cada preparador de polímero en el HMI del TC-06 y en el Scada.

b) Fallas y alarmas de POL-01 y POL-02

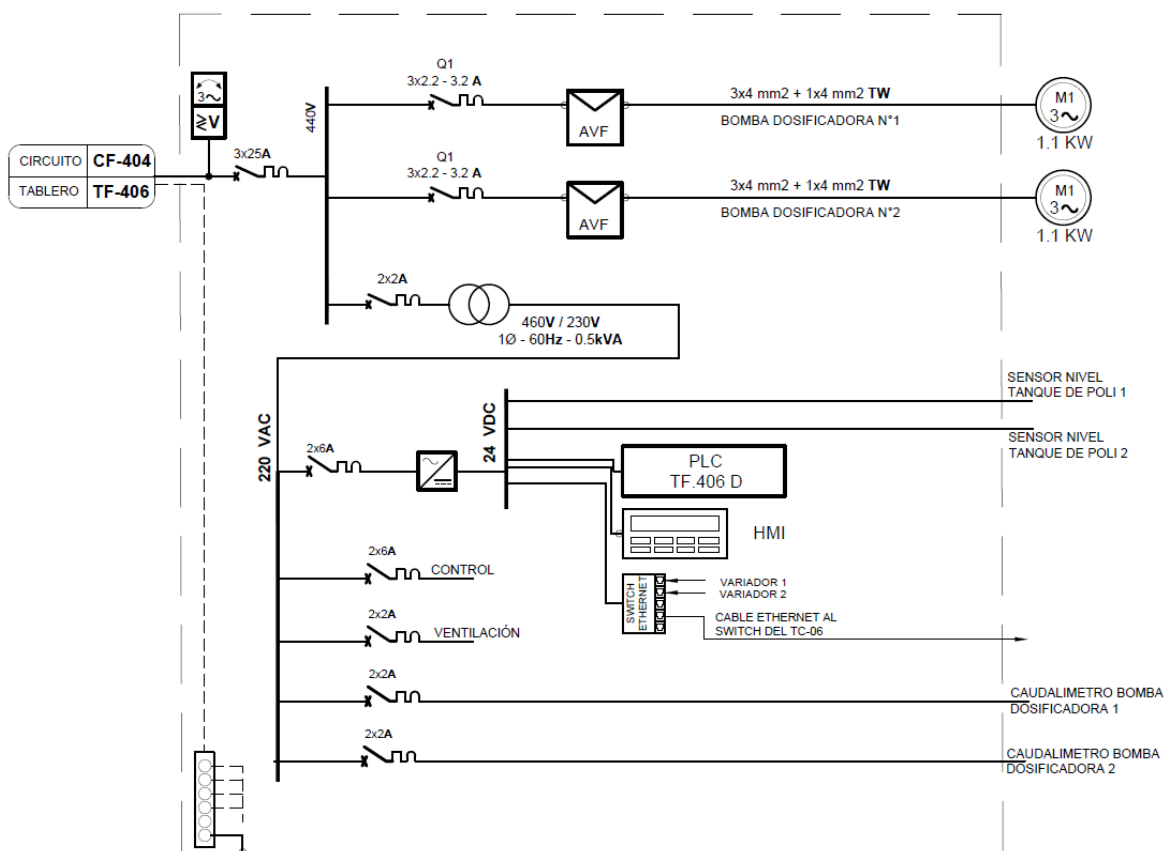
- De generarse alguna falla o alarma en el POL-01 o en el POL-02, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y Scada.

3.2.4.6 Bombas de cavidad progresiva (nomo) (BCP-P1 y BCP-P2). Las bombas de cavidad progresiva (nomo) son los encargados de llevar la solución química (agua con polímero) hacia las centrifugas para su posterior deshidratación.

En la figura 91 se detalla el esquema de BCP-P1 y BCP-P2, el tablero de estas bombas es gobernada por el TF-406D por lo que su diagrama unifilar es mostrado en la figura 93. En la tabla 57 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de BCP-P1 y BCP-P2.

Figura 93

Diagrama unifilar de TF-406D.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 57

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de BCP-P1 y BCP-P2

TF-406D (Tablero de fuerza de las bombas BCP-P1 y BCP-P2)	LOCAL TF-406D	MANUAL TF-406D	Pulsadores de arranque y parada del TF-406D	Enclavamiento por cableado duro
		AUTOMÁTICO TF-406D	Lógica de funcionamiento TF-406D	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-406D	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA	Enclavamiento por Profibus
		AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Lógica de funcionamiento TF-406D	Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual de las bombas BCP-P1 o BCP-P2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-406D se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA de las bombas BCP-L1 o BCP-L2 en manual (M); posterior a ello se puede arrancar los con los pulsadores físicos de arranque parada. La operación o manipulación manual del equipo es responsabilidad exclusiva del operador.

El arranque Local-Automático de las bombas BCP-P1 o BCP-P2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-406D se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en automático (A); las bombas BCP-P1 o BCP-P2 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-406D.

El arranque Remoto-Manual de las bombas BCP-P1 o BCP-P2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-406D consiste en que se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar las bombas BCP-P1 o BCP-P2 con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático de las bombas BCP-P1 o BCP-P2 consiste en que en el tablero de fuerza TF-406D se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); las bombas BCP-P1 o BCP-P2 operará en función a la lógica almacenada en su PLC del TF-406D cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, el BCP-P1 y BCP-P2 trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de BCP-P1 y BCP-P2

- Los selectores de BCP-P1 y BCP-P2 deberán estar en automáticos.
- La señal de nivel de tanque de emulsión de POL-01 para BCP-P1 y POL-02 para BCP-02 debe estar cerrada ya que si esta se encuentra abierta actuara como un nivel bajo
- Para que pueda arrancar la bomba BCP-P1 tiene que esperar la señal de arranque de la centrifuga CEN-01 y esta a su vez debe de devolver una confirmación de funcionamiento a la CEN-01.
- Para que pueda arrancar la bomba BCP-P2 tiene que esperar la señal de arranque de la centrifuga CEN-02 y esta a su vez debe de devolver una confirmación de funcionamiento a la CEN-02.
- La lectura de los sensores FE-40016 del árbol de descarga del BCP-P1 y FE-40017 del BCP-P2 debe ser visible y coincidir tanto en el HMI del TC-06 como en el Scada.
- Se deberá monitorear todos los estados de la BCP-P1 y BCP-P2 en el HMI del TC-06 y Scada.

b) Fallas y alarmas de BCP-P1 y BCP-P2

- De generarse una sobrecarga o falla en el BCP-P1 o en el BCP-P2, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y Scada.

3.2.4.7 Centrifugas CEN-01 y CEN-02. Las centrifugas son los encargados de eliminar el agua de los lodos con ayuda de la solución de polímeros con agua. En el HMI del tablero de cada centrifuga es posible seleccionar el funcionamiento en modo manual o automático. Cada centrifuga trabaja de la mano con un preparador de polímeros, las

bombas que le inyectan lodos y las bombas que le inyectan la solución de polímeros con agua. El lodo deshidratado es transportado al secado solar por tronillos transportadores. Para el mantenimiento correcto posterior a su uso de la centrifuga, estas cuentan con válvulas solenoide que permite el ingreso de agua para su lavado interno.

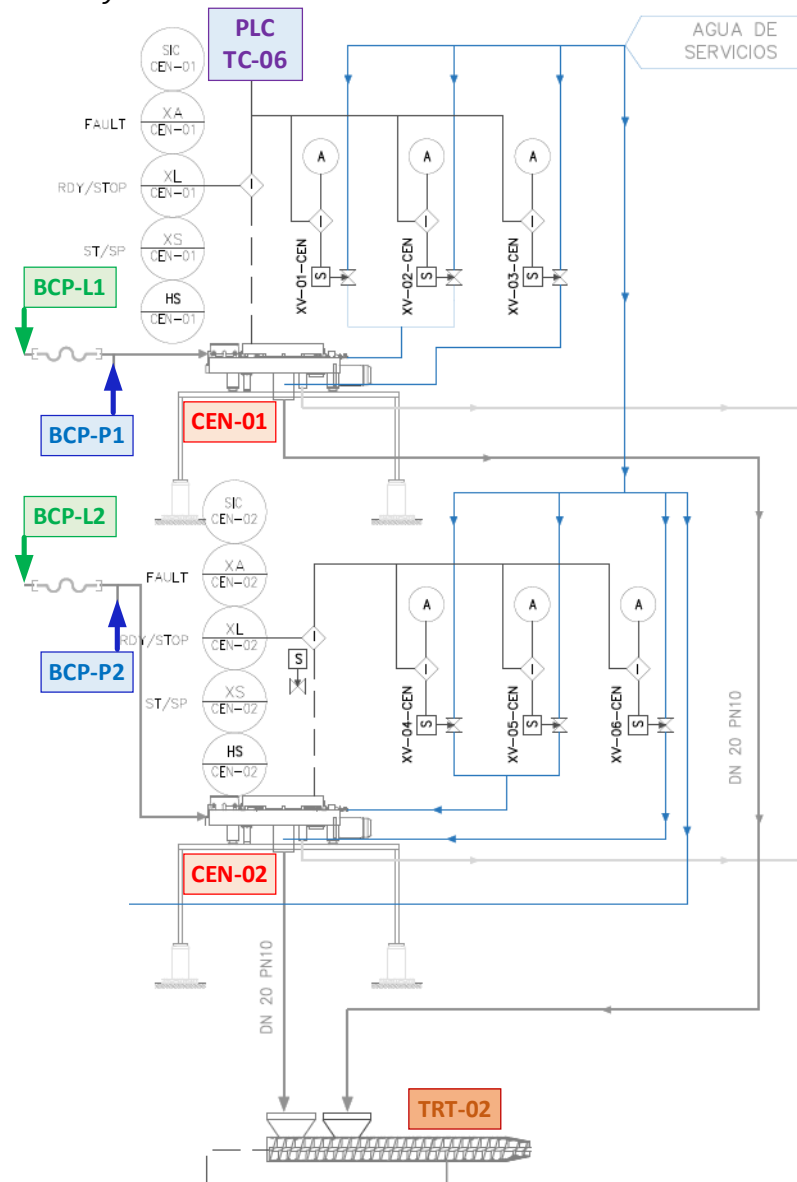
La centrifuga CEN-01 es gobernada desde el tablero TF-106

La centrifuga CEN-02 es gobernada desde el tablero TF-206

En la figura 94 se detalla el esquema de CEN-01 y CEN-02, mientras que en la figura 95 se muestra el diagrama unifilar de TF-106, este será similar al TF-206.

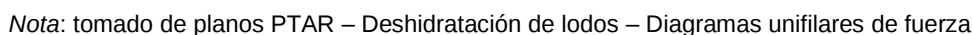
Figura 94

Esquema de CEN-01 y CEN-02.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

Diagrama unifilar de TF-106.



- Se deberá seleccionar en el HMI de cada tablero de las centrifugas CEN-01 y CEN-02 el botón virtual en modo automático.
- La centrifuga 1 (CEN-01) tiene una lógica interna en su controlador (PLC); está en un determinado momento manda un bit de arranque y solicita otro bit de confirmación de funcionamiento de la bomba nomo (BCP-L1) y la solución química, que está compuesta por el preparador de polímeros (POL-01), bomba nomo (BCP-P1) y tornillos transportadores (c).
- La centrifuga 2 (CEN-02) tiene una lógica interna en su controlador (PLC); está en un determinado momento manda un bit de arranque y solicita otro bit de confirmación de funcionamiento de la bomba nomo (BCP-L2) y la solución química,

que está compuesta por el preparador de polímeros (POL-02), bomba noma (BCP-P2) y tornillos transportadores (TRT-02, TRT-03 y TRT-04).

- Cada centrifuga tiene un proceso de lavado cuya operación es mediante válvulas solenoides y el mando de estas está sujeta a su lógica interna, es decir para la CEN-01 el lavado en alta velocidad será con el solenoide XV-01-CEN, el lavado en baja velocidad será con el solenoide XV-02-CEN y para el lavado de la tajadera será con la válvula XV-03-CEN. Para la CEN-02 el lavado en alta velocidad será con el solenoide XV-04-CEN, el lavado en baja velocidad será con el solenoide XV-05-CEN y para el lavado de la tajadera será con la válvula XV-06-CEN.

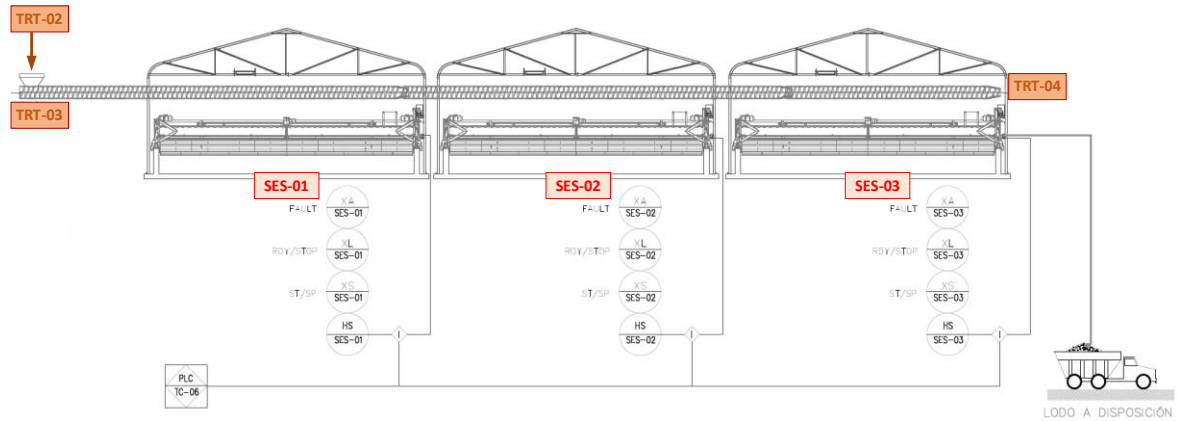
b) Fallas y alarmas de CEN-01 y CEN-02

- De generarse una falla o sobrecarga en uno de las centrifugas CEN-01 o CEN-02, entonces esta se debe de evidenciar en el HMI de su propio tablero, en el TC-6 y Scada.

3.2.4.8 Tornillos transportadores TRT-02, TRT-03 y TRT-04. El tornillo transportador TRT-02 es el encargado de transportar el lodo deshidratado de las centrifugas CEN-01 y CEN-02 hacia los tornillos transportadores TRT-03 y TRT-04, los cuales se encargan de distribuir el lodo deshidratado hacia los secadores solares. Los tornillos TRT-02, TRT-03 y TRT-04 son gobernados desde el tablero TF-406A. En la figura 96 se detalla el esquema de TRT-02, TRT-03 y TRT-04, mientras que en la figura 97 se muestra el diagrama unifilar de TF-406A.

Figura 96

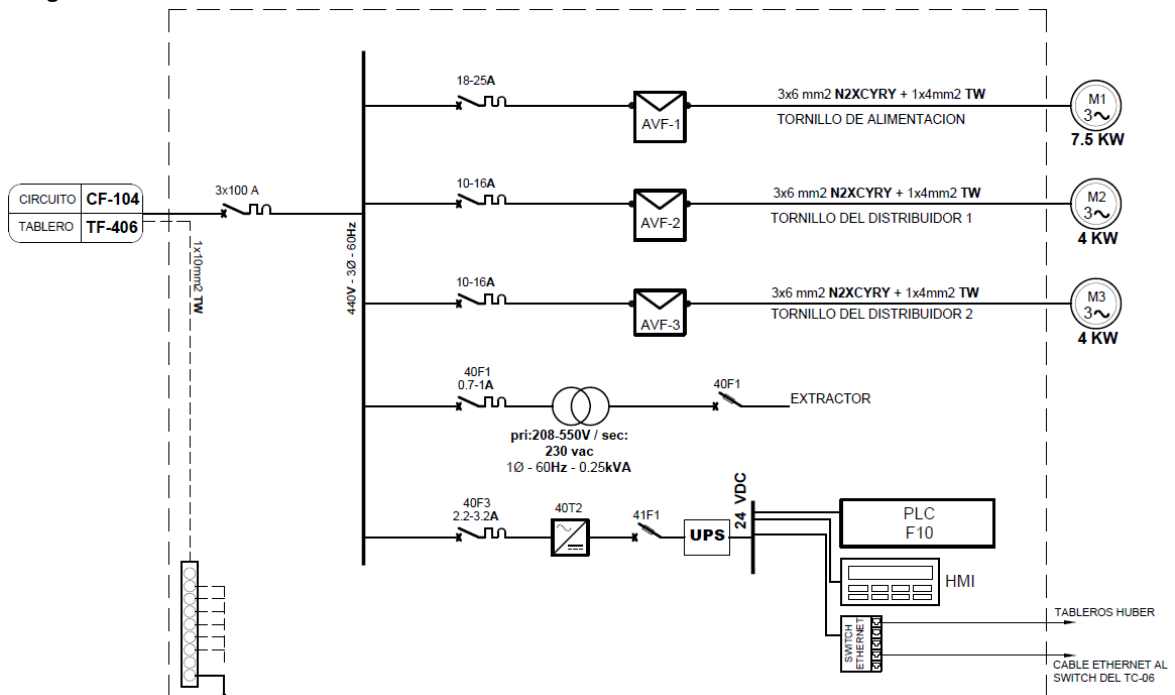
Esquema de (TRT-02, TRT-03, TRT-04) y (SES-01, SES-02 y SES-03).



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de Lodos – Diagrama P&D

Figura 97

Diagrama unifilar de TF-406A



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de Lodos – Diagramas unifilares de fuerza

En el HMI de TF-406A es posible seleccionar el funcionamiento en modo manual o automático. Cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a la responsabilidad del

operador. Cuando se realice la operación en automático en modo local o remoto, el TRT-02, TRT-03 y TRT-04 trabajará de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de TRT-02, TRT-03 y TRT-04

- En el HMI de TF-406A se deberá colocar en automático los tornillos transportadores.
- El arranque de los tres tornillos transportadores se da apenas unas de las centrifugas CEN-01 o CEN-02 entre en funcionamiento
- Los tonillos transportadores tendrán un delay de unos minutos cuando ambas centrifugas se detienen.

b) Fallas y alarmas de TRT-02, TRT-03 y TRT-04

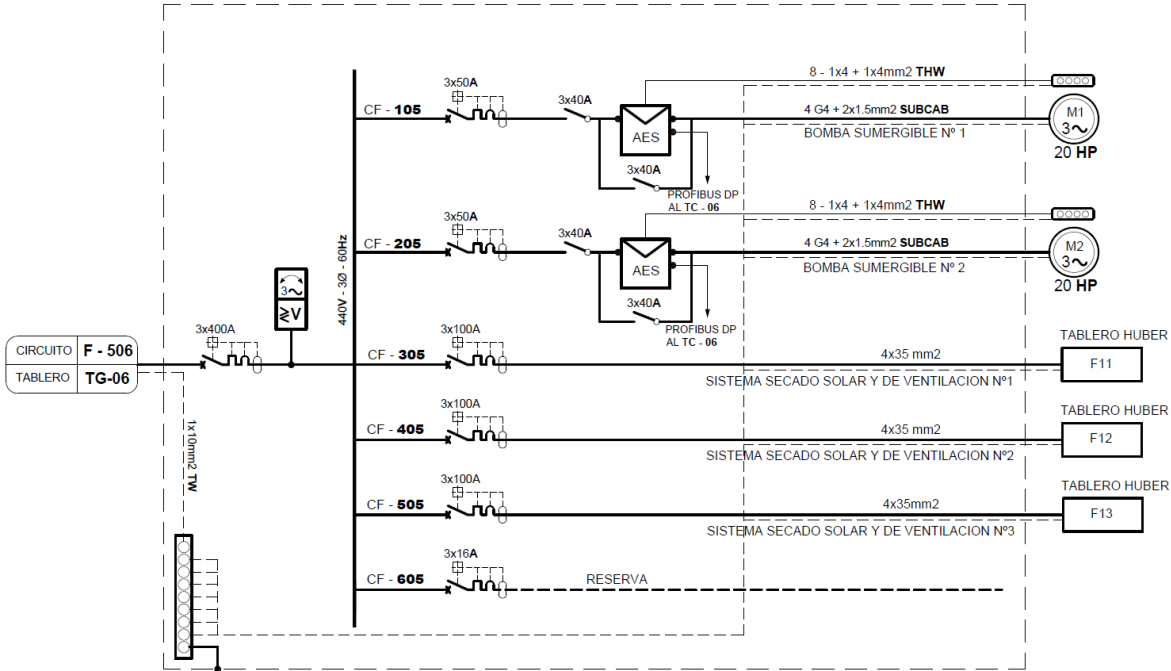
- De generarse una sobrecarga o falla en uno de los tonillos transportadores (TRT-02, TRT-03 y TRT-04) esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y el Scada.

3.2.4.9 Secadores solares SES-01, SES-02 y SES-03. El secador solar cuenta con una estructura de tipo invernadero y dentro de él se encuentra el volteador de lodos que se desplaza a lo largo del invernadero, su esquema se detalla en la figura 96. Para evitar los olores y concentración de gases cuenta con ventiladores distribuidos a lo largo del invernadero, estos se alimentan desde el tablero TF-506, el cual su diagrama unifilar es mostrado en la figura 98; así mismo para más detalle, a medida de ejemplo en la figura 99 se muestra el diagrama unifilar de los ventiladores del secador solar SES-01 (F11), este diagrama es similar para SES-02 (F12) y SES-03 (F13).

El funcionamiento en manual o automático del secador solar se puede elegir desde su HMI alojado en su tablero respectivo, cabe recalcar que mientras el operador realice operación y/o manipulación del equipo en modo manual, entonces estará sujeto estrictamente a su responsabilidad. El monitoreo de los estados, fallas y alarmas de su equipamiento también será visible en el HMI de su propio tablero y en el Scada.

Figura 98

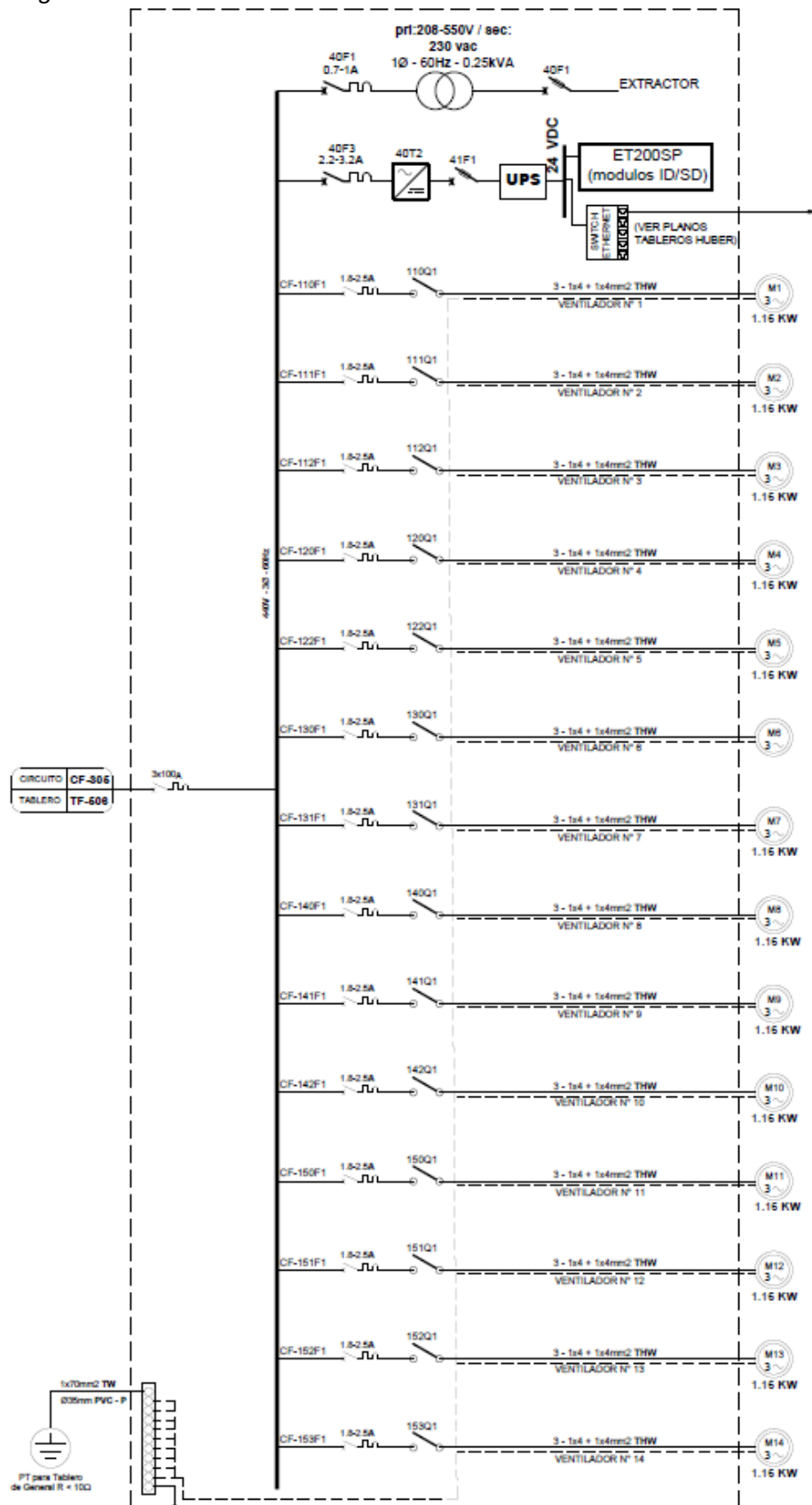
Diagrama unifilar de TF-506.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de fuerza

Figura 99

Diagrama unifilar de F11.



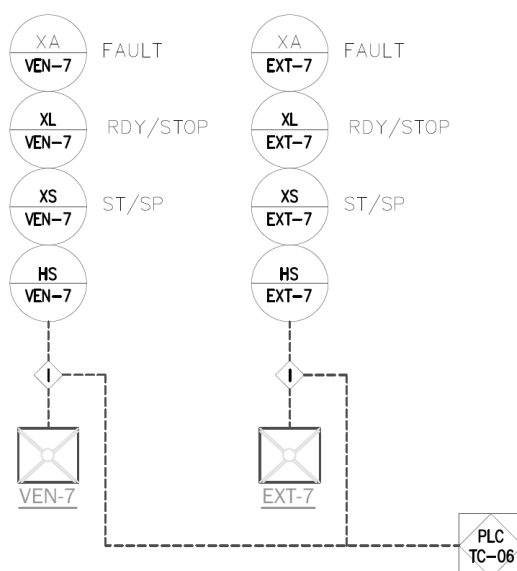
Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de fuerza

3.2.4.10 Cámara de bombeo CB-05 (BOS-2A y BOS-2B). Este apartado ya fue explicado en el ítem 3.2.1.20, solo faltaba mostrar el diagrama unifilar del tablero de fuerza TF-506 el cual es presentado en la figura 98.

3.2.4.11 Ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A. La función del ventilador es inyectar aire y el extractor es para quitar el aire concentrado al interior de la sala de deshidratación de lodos, su esquema se muestra en la figura 100.

Figura 100

Ventilador VEN-7A y Extractor EXT-7A.

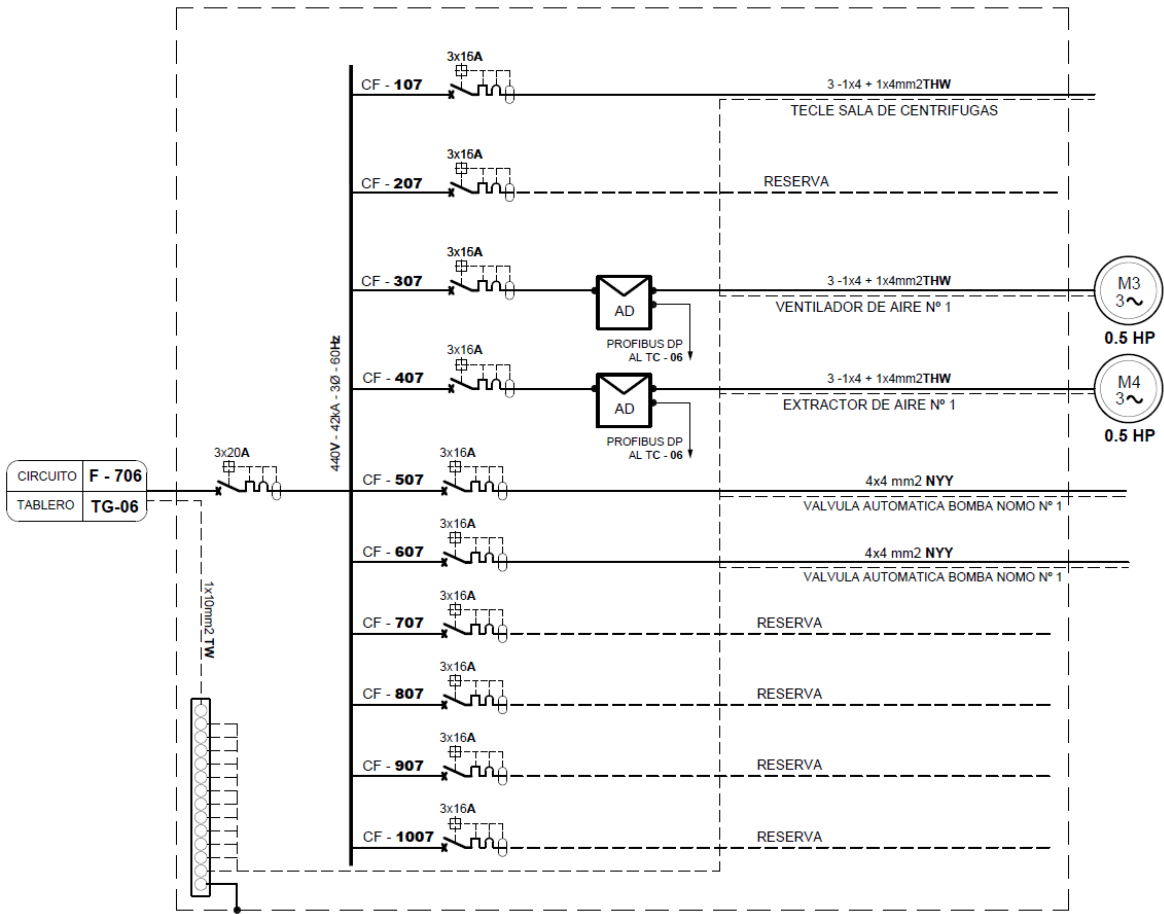


Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagrama P&D

El tablero de fuerza para el accionamiento del ventilador VEN-7A y el extractor EXT-7A tiene por rotulo “TF-706”. En la figura 101 se muestra el diagrama unifilar de TF-706; mientras que en la tabla 58 se detalla la jerarquía del modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-7A y EXT-7A:

Figura 101

Diagrama unifilar de TF-706.



Nota: tomado de planos PTAR – Deshidratación de lodos – Diagramas unifilares de fuerza

Tabla 58

Modo de arranque y tipo de funcionamiento de VEN-7A y EXT-7A.

TF-706 (Tablero de fuerza del Ventilador VEN- 7A y Extractor EXT- 7A)	LOCAL TF-706		
	MANUAL TF-706	Pulsadores de arranque y parada del TF-706	Enclavamiento por cableado duro
	AUTOMÁTICO TF-706	Tiempo de funcionamiento y reposo HMI del TC-06	Enclavamiento por cableado duro
	REMOTO TF-706	MANUAL Conmutador virtual del SCADA	Pulsadores virtuales de arranque y parada del SCADA
	REMOTO TF-706	AUTOMÁTICO Conmutador virtual del SCADA	Tiempo de funcionamiento y reposo Desde el SCADA
			Enclavamiento por Profibus

El arranque Local-Manual del ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A consiste en que en el tablero de fuerza TF-706 se debe posicionar, el conmutador LOR en local (L) y el conmutador MOA en manual (M); posterior a ello se puede arrancar el ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A con los pulsadores físicos de arranque parada.

El arranque Local-Automático del VEN-7A y EXT-7A consiste en que en TF-706 se debe posicionar, el conmutador LOR en local y el MOA en automático; el ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A, operará en función a la lógica almacenada en el PLC y es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el HMI del TC-06.

El arranque Remoto-Manual del ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A consiste en que en el tablero de fuerza TF-706 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el Scada se debe posicionar el conmutador MOA virtual en manual (M); posterior a ello se puede arrancar el ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A con los pulsadores virtuales de arranque parada; cuya señal de arranque será vía Profibus.

El arranque Remoto-Automático del ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A consiste en que en el tablero de fuerza TF-706 se debe posicionar, el conmutador LOR en remoto (R) y en el SCADA se debe posicionar el conmutador MOA virtual en automático (A); el ventilador VEN-7A y extractor EXT-7A operará en función a la lógica almacenada en el TC-06; es necesario que se edite los tiempos de funcionamiento y reposo en el Scada cuya señal de arranque será vía Profibus.

Sin embargo, mientras se realice la operación en automático en modo local o remoto, entonces los ventiladores trabajarán de la siguiente manera:

a) Funcionamiento de VEN-7A y EXT-7A

- Los selectores de VEN-7A y EXT-7A deberán estar en automáticos.
- El ventilador y el extractor trabajará por tiempos es decir en el HMI del TF-706, HMI del TC-06 y Scada, se deberá visualizar los tiempos de funcionamiento y de reposo, estos deberán ser editables; también deben de contar con la visualización del tiempo transcurrido.

b) Fallas y alarmas de VEN-7A y EXT-7A

- De generarse una sobrecarga en uno de los ventiladores VEN-7A, y EXT-7A, esta se debe de evidenciar en el HMI del TC-06 y Scada.

3.2.5 Acotaciones generales

Condiciones generales de operación y comportamiento de los sistemas.

- De existir una fluctuación constante de la red del suministro eléctrico ya se por perdida de fase, subtensión o sobre tensión entonces se debe detener el funcionamiento de los equipos de la planta; una vez estabilizada la red los equipos deben entrar en el Scada y no de golpe, iniciando siempre por la etapa de pretratamiento.
- Todas las bombas de la planta deben de detenerse y su boya de nivel bajo se encuentra en flaco negativo para evitar la succión en vacío y daños al equipo.
- En caso de un aumento de caudal el operado deberá hacer las configuraciones necesarias en los HMI de los tableros de pretratamiento; y si hubiese un rebose el operador deberá tomar la decisión de derivar el fluido por el bypass auxiliar o bypass general, esto se encuentra sujeto a las alarmas de caudal que muestre el caudal.
- Todo PLC de control debe tener la posibilidad de actualizar la fecha y hora en su respectivo HMI.
- Cada sala de tablero debe de contar con un detector de intrusos el cual debe reportar la señal directamente a su tablero control y este deberá generar una alarma, el cual debe ser visible en el Scada.
- El sistema Scada deberá permitirnos la conmutación manual y automático de forma virtual mientras el conmutador físico del tablero se encuentre en remoto y automático.

3.3 Variables involucradas de cada etapa de la PTAR

A continuación, se detallan las diversas variables que deben ser monitoreadas y controladas en cada una de las etapas del proceso operativo de la planta de tratamiento de aguas residuales. Estas variables son fundamentales para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, permitiendo no solo un control preciso de las operaciones, sino también el cumplimiento de los estándares de calidad y eficiencia establecidos. El seguimiento y ajuste adecuado de estos parámetros es esencial para asegurar un rendimiento óptimo de la PTAR.

3.3.1 Variables del tratamiento primario

Las variables que serán supervisadas y controladas en la etapa del tratamiento primario se encuentran detalladas en la tabla 59.

Tabla 59

Variables del tratamiento primario.

Pre - tratamiento				
Nombre	Atributo	Tipo de dato	Descripción	Señal
Local	Discrete	Booleano	Estado Local	Discreta
Remoto	Discrete	Booleano	Estado Remoto	Discreta
Automático	Discrete	Booleano	Estado Automático	Discreta
Manual	Discrete	Booleano	Estado Manual	Discreta
Arranque Local	Discrete	Booleano	Arranque Local	Discreta
Parada Local	Discrete	Booleano	Parada Local	Discreta
Arranque Remoto	Discrete	Booleano	Arranque Remoto	Discreta
Parada Remoto	Discrete	Booleano	Parada Remoto	Discreta
Total Tiempo	Analog	Float	Tiempo de Operación	4-20 ma
IA_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase A	4-20 ma
IB_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase B	4-20 ma
IC_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase C	4-20 ma
LIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Nivel	4-20 ma
LE	Analog	Float	Sensor de Nivel	4-20 ma
LSH	Discrete	Booleano	Switch de Nivel Alto	Discreta
LSL	Discrete	Booleano	Switch de Nivel Bajo	Discreta
ZE	Discrete	Booleano	Switch de posición o limitador de fin de carrera	Discreta
XV	Discrete	Booleano	Válvula Solenoide	Discreta
FIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Flujo	4-20 ma
FE	Analog	Float	Sensor de Flujo	4-20 ma
PIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Presión	4-20 ma
PE	Analog	Float	Sensor de Presión	4-20 ma
AIC	Analog	Float	Controlador de PH	4-20 ma
AE	Analog	Float	Sensor de PH	4-20 ma

3.3.2 Variables del Tratamiento Secundario

Las variables que serán supervisadas y controladas en el tratamiento secundario se detallan en las tablas 60 y 61.

Tabla 60

Variables del tratamiento secundario (aireadores)

Aireadores				
Nombre	Atributo	Tipo de dato	Descripción	Señal
Local	Discrete	Booleano	Estado Local	Discreta
Remoto	Discrete	Booleano	Estado Remoto	Discreta
Automático	Discrete	Booleano	Estado Automático	Discreta
Manual	Discrete	Booleano	Estado Manual	Discreta
Arranque Local	Discrete	Booleano	Arranque Local	Discreta
Parada Local	Discrete	Booleano	Parada Local	Discreta
Arranque Remoto	Discrete	Booleano	Arranque Remoto	Discreta
Parada Remoto	Discrete	Booleano	Parada Remoto	Discreta
Total Tiempo	Analog	Float	Tiempo de Operación	4-20 ma
IA_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase A	4-20 ma
IB_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase B	4-20 ma
IC_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase C	4-20 ma
AIC	Analog	Float	Controlador (Oxígeno, Líquidos Suspendidos, PH)	4-20 ma
AE	Analog	Float	Sensor (Oxígeno, Líquidos Suspendidos, PH)	4-20 ma
AFM	Analog	Float	Alphameter	4-20a

Tabla 61

Variables del tratamiento secundario (clarificadores)

Clarificadores				
Nombre	Atributo	Tipo de dato	Descripción	Señal
Local	Discrete	Booleano	Estado Local	Discreta
Remoto	Discrete	Booleano	Estado Remoto	Discreta
Automático	Discrete	Booleano	Estado Automático	Discreta
Manual	Discrete	Booleano	Estado Manual	Discreta
Arranque Local	Discrete	Booleano	Arranque Local	Discreta
Parada Local	Discrete	Booleano	Parada Local	Discreta
Arranque Remoto	Discrete	Booleano	Arranque Remoto	Discreta
Parada Remoto	Discrete	Booleano	Parada Remoto	Discreta
Total Tiempo	Analog	Float	Tiempo de Operación	4-20 ma
IA_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase A	4-20 ma
IB_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase B	4-20 ma
IC_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase C	4-20 ma
LIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Nivel	4-20 ma
LE	Analog	Float	Sensor de Nivel	4-20 ma

3.3.3 Variables del sistema de desinfección

Las variables que serán supervisadas y controladas en la unidad de desinfección se detallan en la tabla 62.

Tabla 62

Variables del sistema de desinfección.

Desinfección				
Nombre	Atributo	Tipo de dato	Descripción	Señal
Local	Discrete	Booleano	Estado Local	Discreta
Remoto	Discrete	Booleano	Estado Remoto	Discreta
Automático	Discrete	Booleano	Estado Automático	Discreta
Manual	Discrete	Booleano	Estado Manual	Discreta
Arranque Local	Discrete	Booleano	Arranque Local	Discreta
Parada Local	Discrete	Booleano	Parada Local	Discreta
Arranque Remoto	Discrete	Booleano	Arranque Remoto	Discreta
Parada Remoto	Discrete	Booleano	Parada Remoto	Discreta
Total Tiempo	Analog	Float	Tiempo de Operación	4-20 ma
IA_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase A	4-20 ma
IB_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase B	4-20 ma
IC_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase C	4-20 ma
AIT-30013	Analog	Float	Transmisor Analizador de Cloro Residual	4-20 ma
AIT-30016	Analog	Float	Controlador de Fuga de Cloro	4-20 ma
AE	Analog	Float	Sensor Detector de Cloro	4-20 ma
WIT	Analog	Float	Controlador de Peso	4-20 ma
WE	Analog	Float	Celda de carga	4-20 ma
LIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Nivel	4-20 ma
LE	Analog	Float	Sensor de Nivel	4-20 ma
LSL	Discrete	Booleano	Switch de Nivel Bajo	Discreta
PE	Analog	Float	Sensor de Presión	4-20 ma

3.3.4 Variables del tratamiento de lodos

Las variables que serán supervisadas y controladas en el tratamiento de lodos se detallan en las tablas 63 y 64.

Tabla 64

Variables del tratamiento de lodos (recirculación de lodos)

Recirculación de lodos				
Nombre	Atributo	Tipo de dato	Descripción	Señal
Local	Discrete	Booleano	Estado Local	Discreta
Remoto	Discrete	Booleano	Estado Remoto	Discreta
Automático	Discrete	Booleano	Estado Automático	Discreta
Manual	Discrete	Booleano	Estado Manual	Discreta
Arranque Local	Discrete	Booleano	Arranque Local	Discreta
Parada Local	Discrete	Booleano	Parada Local	Discreta
Arranque Remoto	Discrete	Booleano	Arranque Remoto	Discreta
Parada Remoto	Discrete	Booleano	Parada Remoto	Discreta
Total Tiempo	Analog	Float	Tiempo de Operación	4-20 ma
IA_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase A	4-20 ma
IB_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase B	4-20 ma
IC_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase C	4-20 ma
LIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Nivel	4-20 ma
LE	Analog	Float	Sensor de Nivel	4-20 ma
PIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Presión	4-20 ma
PE	Analog	Float	Sensor de Presión	4-20 ma
FIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Flujo	4-20 ma
FE	Analog	Float	Sensor de Flujo	4-20a

Tabla 65

Variables del tratamiento de lodos (deshidratación de lodos)

Deshidratación de lodos				
Nombre	Atributo	Tipo de dato	Descripción	Señal
Local	Discrete	Booleano	Estado Local	Discreta
Remoto	Discrete	Booleano	Estado Remoto	Discreta
Automático	Discrete	Booleano	Estado Automático	Discreta
Manual	Discrete	Booleano	Estado Manual	Discreta
Arranque Local	Discrete	Booleano	Arranque Local	Discreta
Parada Local	Discrete	Booleano	Parada Local	Discreta
Arranque Remoto	Discrete	Booleano	Arranque Remoto	Discreta
Parada Remoto	Discrete	Booleano	Parada Remoto	Discreta
Total Tiempo	Analog	Float	Tiempo de Operación	4-20 ma
IA_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase A	4-20 ma
IB_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase B	4-20 ma
IC_Mot	Analog	Float	Corriente del motor Fase C	4-20 ma
FIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Flujo	4-20 ma
FE	Analog	Float	Sensor de Flujo	4-20 ma
AIC	Analog	Float	Controlador de Solidos Suspendidos	4-20 ma
AE	Analog	Float	Sensor (Solidos Suspendidos, Vibracion)	4-20 ma
LIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Nivel	4-20 ma
LE	Analog	Float	Sensor de Nivel	4-20 ma
PIT	Analog	Float	Transmisor Indicador de Presión	4-20 ma
PE	Analog	Float	Sensor de Presión	4-20 ma

3.4 Diseño de la arquitectura del sistema de supervisión y control

Para el diseño de la arquitectura del sistema de supervisión y control de la planta de tratamiento de aguas residuales, nos hemos basado en los siguientes estándares:

- ANSI/ISA-101.01-2015 Human Machine Interfaces for Process Automation Systems.
- ANSI / ISA-18.2-2016 Management of Alarm Systems for the Process Industries.
- ANSI / ISA-84.00.01-2004 Part 1 (IEC 61511-1 Mod), Functional Safety: Instrumented Systems for the Process Industry Sector – Part 1: Framework, Definitions, Systems, Hardware and Software Requirements.
- ISA-95 Enterprise Control System Integration
- API 1164 “Pipeline SCADA Security”
- API RP 1165 “Recommended Practice for Pipeline SCADA Displays”
- API RP 1167 “Pipeline SCADA Alarm Management”

En función de los requerimientos de la planta, las variables a ser supervisadas y controladas y los estándares propuestos, se elaboró el diseño de la arquitectura del sistema de supervisión y control, teniendo en cuenta los diversas etapas y sistemas existentes en dicha planta. En la figura 102 se detalla esta arquitectura.

Figura 102

Arquitectura del sistema de supervisión y control.



3.5 Implementación del diseño propuesto

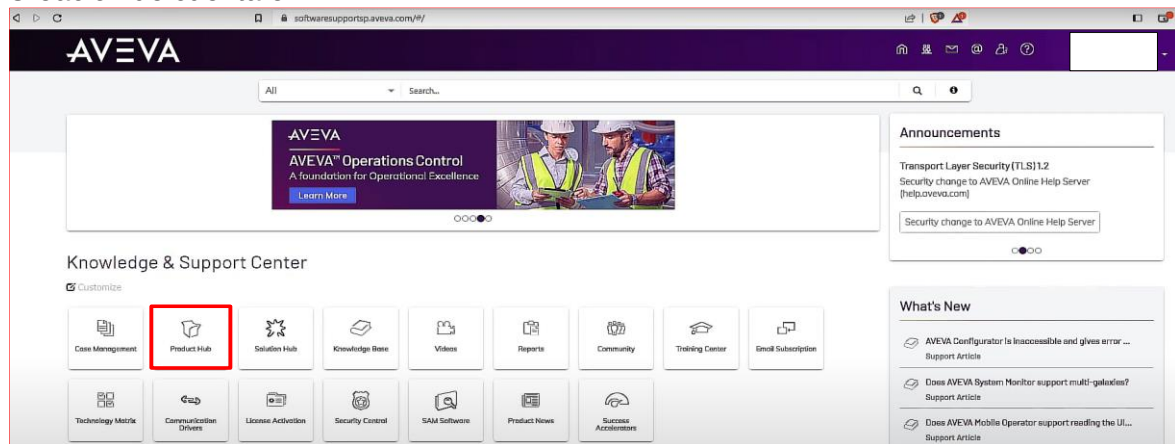
A continuación, describiremos el proceso de implementación del diseño propuesto en el subcapítulo 3.4.

3.5.1 Instalación y configuración del AVEVA Plant Scada

Ir a “<https://softwaresupport.aveva.com/>” y crear una cuenta, después de eso hacer login y dar click en “Product Hub”, tal como muestra la figura 103.

Figura 103

Creación de cuenta en AVEVA

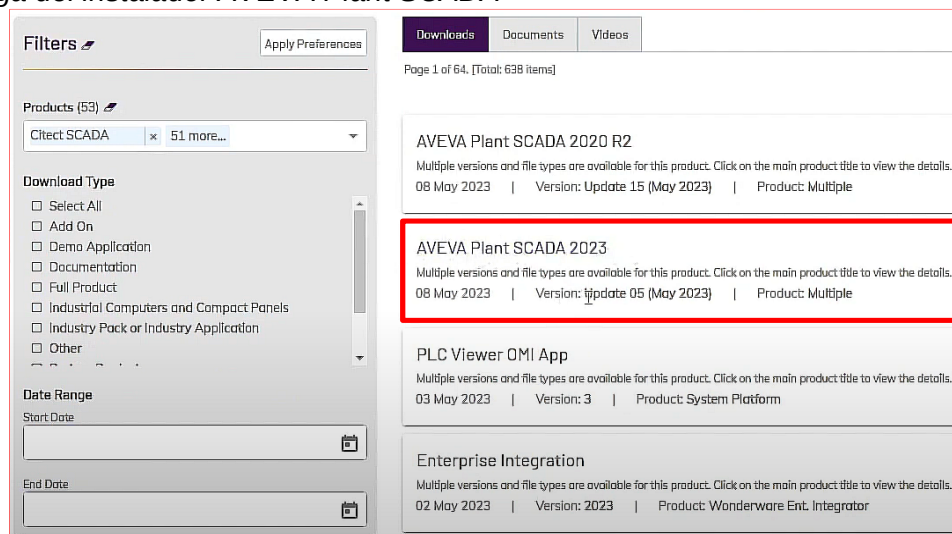


Nota: tomado de Manual AVEVA Plant SCADA

Luego procedemos a descargar el instalador más reciente del AVEVA Plant Scada.

Figura 104

Descarga del instalador AVEVA Plant SCADA

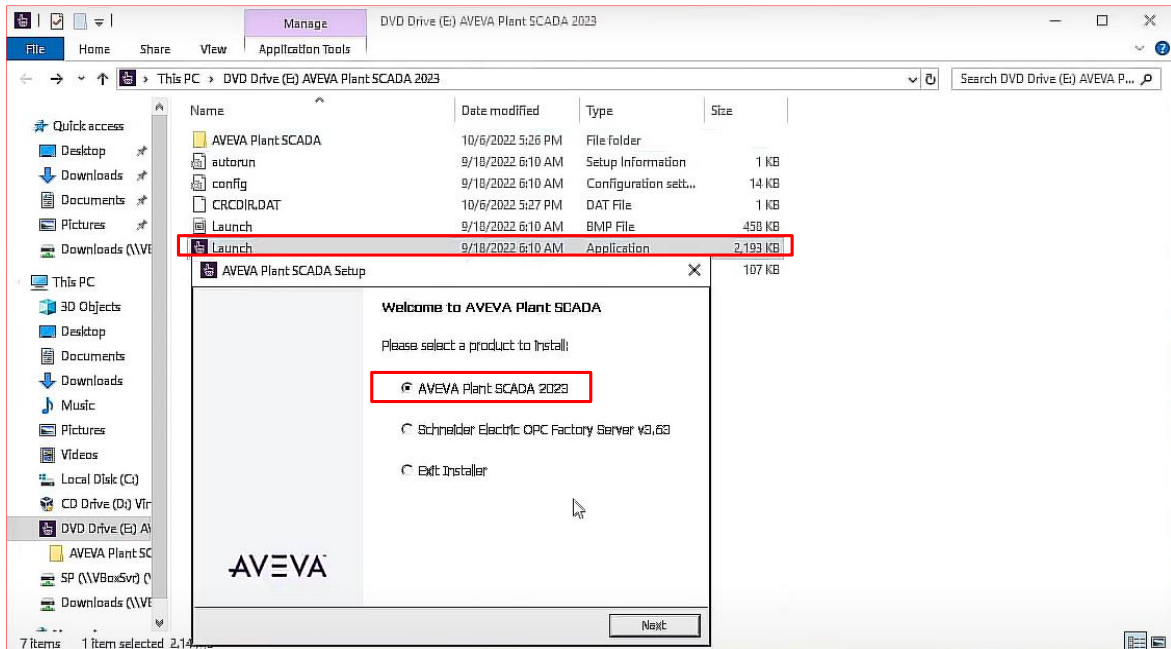


Nota: tomado de manual AVEVA Plant SCADA

Ejecutar el instalador Launch (Application), seleccionar “AVEVA Plant SCADA 2023” y proceder con la instalación del software.

Figura 105

Instalación del software AVEVA Plant SCADA

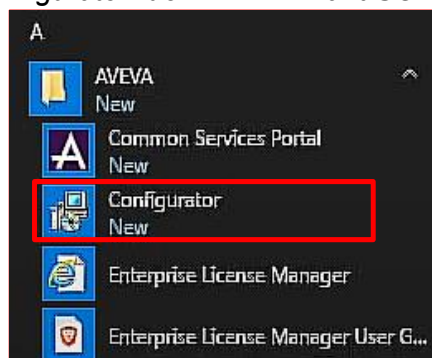


Nota: tomado de manual AVEVA Plant SCADA

Una vez instalado el programa es necesario configurarlo, para ello vamos al folder “AVEVA” y seleccionamos y damos click en “configurator”.

Figura 106

Ubicación de la consola “Configurator” del AVEVA Plant SCADA.

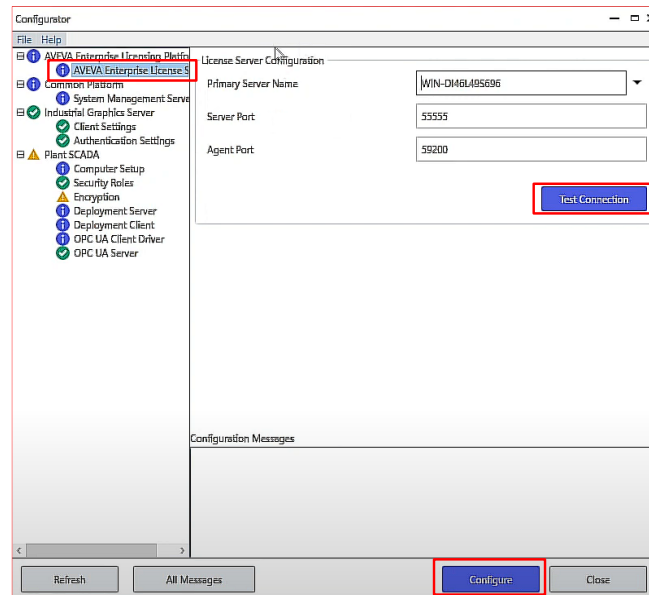


Nota: tomado de manual AVEVA Plant SCADA

Procedemos a configurar el “Server License” para ello colocamos la licencia en los cuadros, luego click en “Test Connection” y finalmente presionar “Configure”.

Figura 107

Configuración del “Server License”.

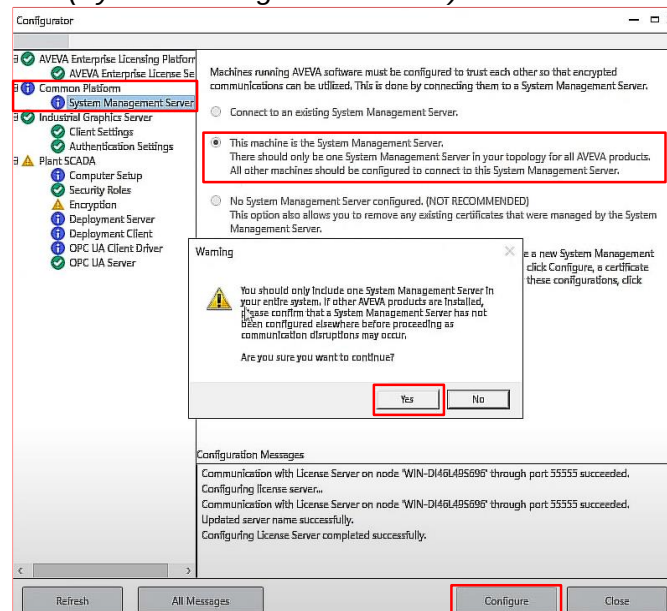


Nota: tomado de manual AVEVA Plant SCADA

Para la configuración del SMS (System Management Server) procedemos a clicar en las opciones como se muestra en la figura 108.

Figura 108

Configuración del SMS (System Management Server).

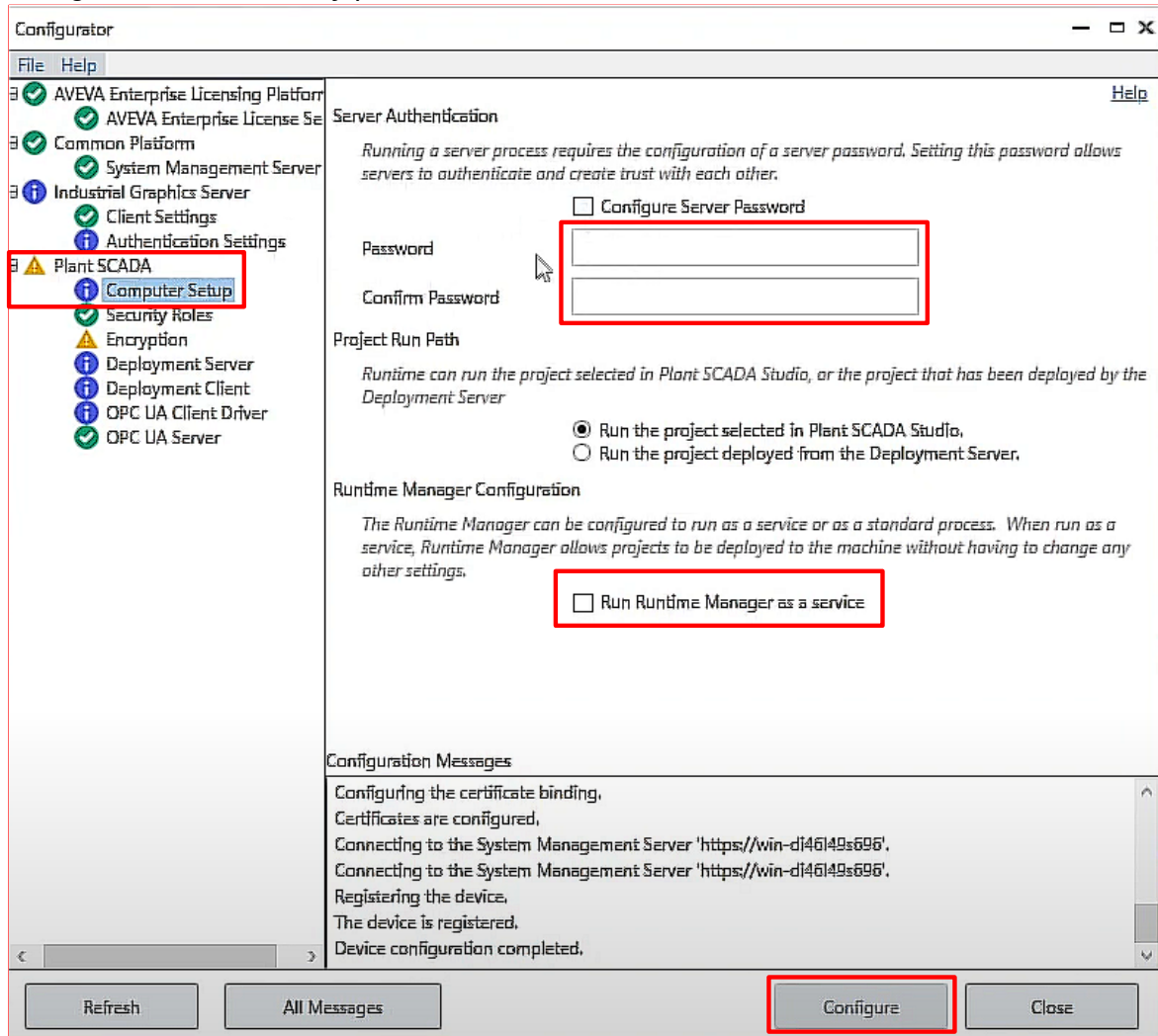


Nota: tomado de manual AVEVA Plant SCADA

Para configurar un usuario y password se va a “Computer Setup”, si se quiere que el proyecto empiece automáticamente se da click en “Run Runtime Manager as a service” y luego dar click en “Configure”, estos pasos se indican en la figura 109.

Figura 109

Configuración de usuario y password.



Nota: tomado de manual AVEVA Plant SCADA

Una vez configurado el AVEVA Plant Scada ya se puede empezar con a realizar los diagramas para las diferentes etapas de la PTAR Pachacutec-Ventanilla.

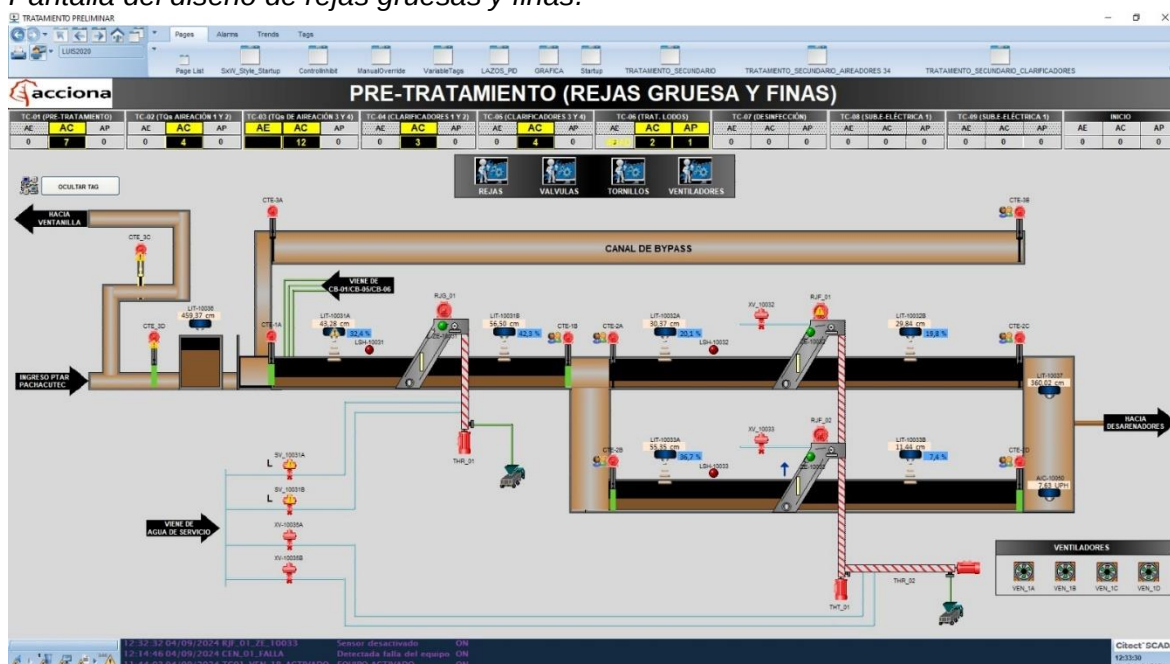
3.5.2 Diseño de diagramas de las pantallas de visualización

A continuación, desarrollamos el diseño de las pantallas para visualizar las distintas etapas del proceso. Para ello, identificamos las variables de cada fase y definimos la manera óptima de presentar esta información en el sistema Scada.

3.5.2.1 Tratamiento primario (sistema de pretratamiento). En la figura 110 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de la reja gruesa y rejas finas correspondientes al tratamiento primario (sistema de pretratamiento).

Figura 110

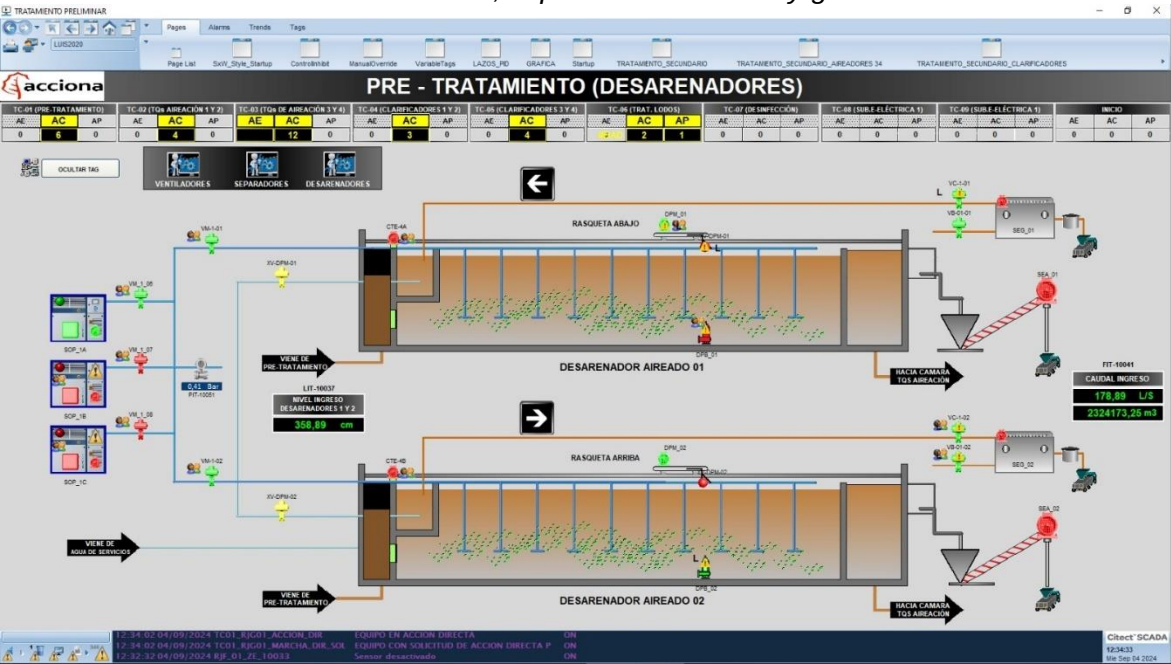
Pantalla del diseño de rejas gruesas y finas.



A continuación, en la figura 111 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de los desarenadores aireados, separador de arenas y grasas correspondientes al tratamiento primario (sistema de pretratamiento).

Figura 111

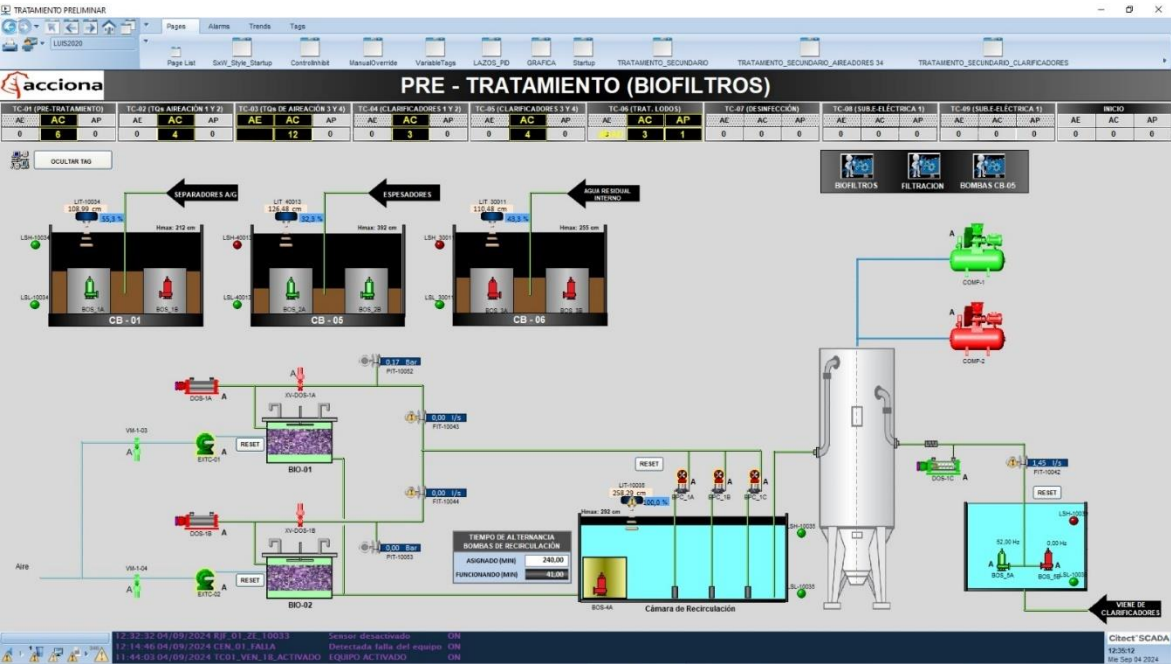
Pantalla del diseño de desarenadores, separador de arenas y grasas



A continuación, en la figura 112, se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de los biofiltros correspondientes al tratamiento primario (sistema de pretratamiento).

Figura 112

Pantalla del diseño de los biofiltros



3.5.2.2 Tratamiento secundario (sistema de aireadores y clarificadores). En

la figura 113 y figura 114 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de los tanques de aireación 01, 02, 03 y 04 correspondientes al tratamiento secundario (sistema de aireadores).

Figura 113

Pantalla del diseño de los tanques aireadores 01 y 02.

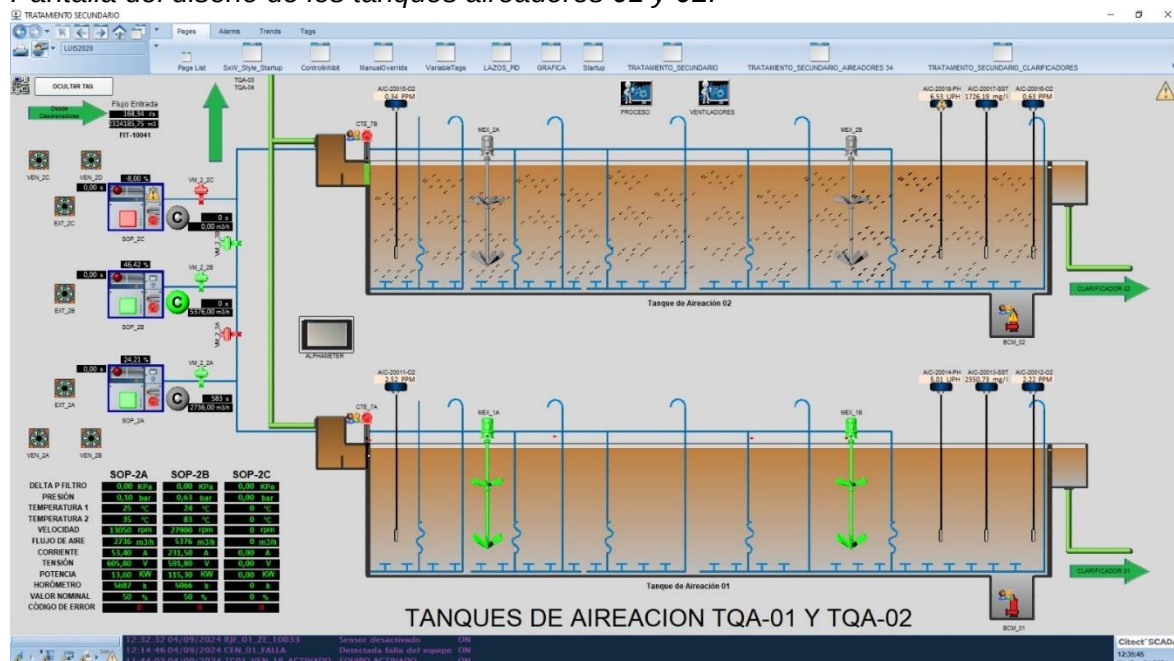
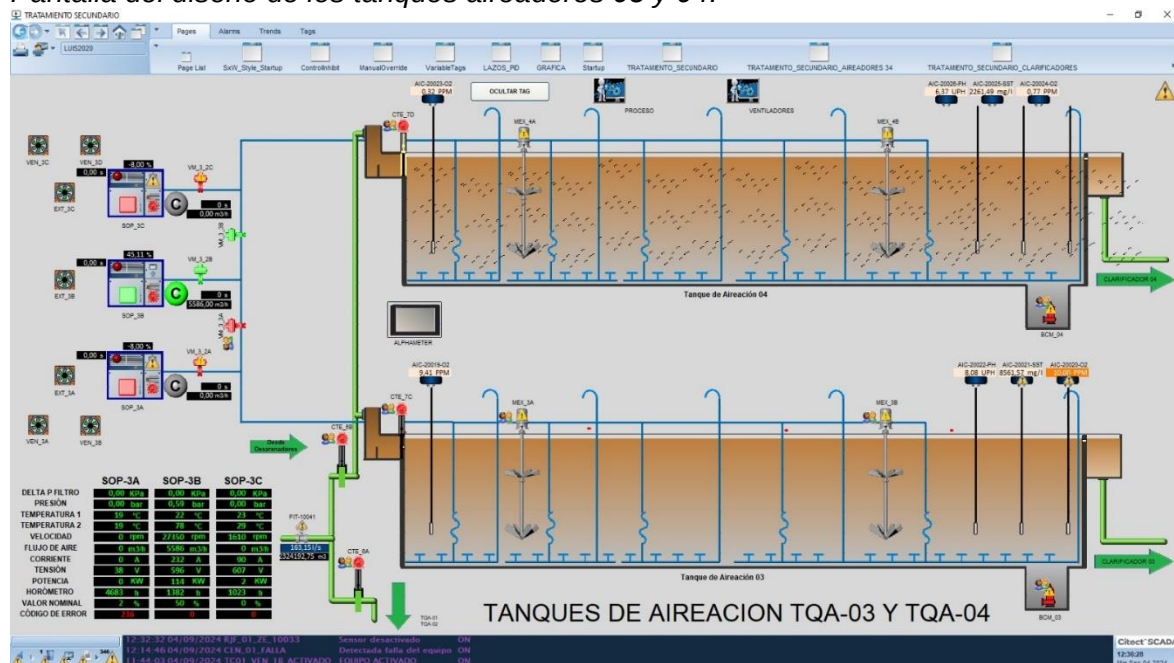


Figura 114

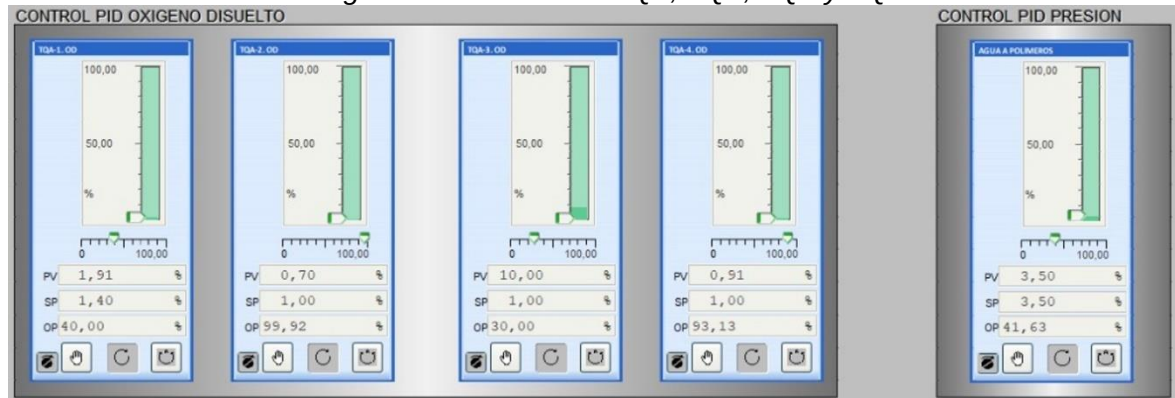
Pantalla del diseño de los tanques aireadores 03 y 04.



A continuación, en la figura 115, se muestra el diseño de la pantalla de visualización del oxígeno disuelto en los tanques de aireación 01, 02, 03 y 04 correspondientes al Tratamiento secundario (sistema de aireadores).

Figura 115

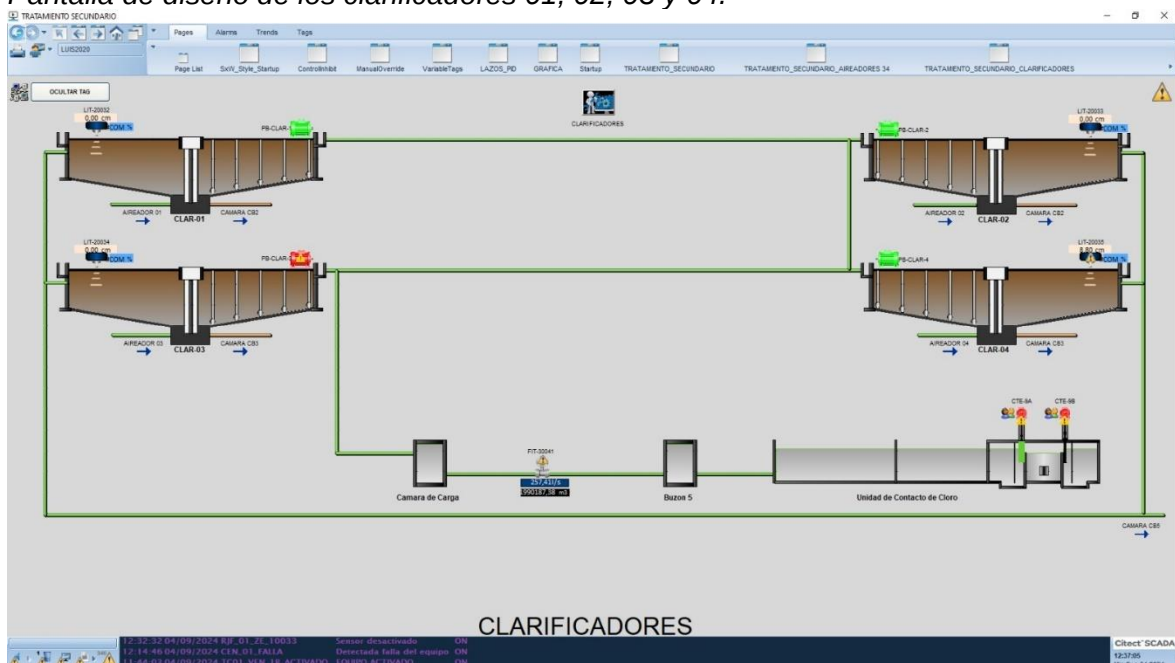
Pantalla de diseño del oxígeno disuelto en los TQ1, TQ2, TQ3 y TQ4.



En la figura 116 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de los clarificadores 01, 02, 03 y 04 correspondientes al tratamiento secundario (sistema de clarificadores).

Figura 116

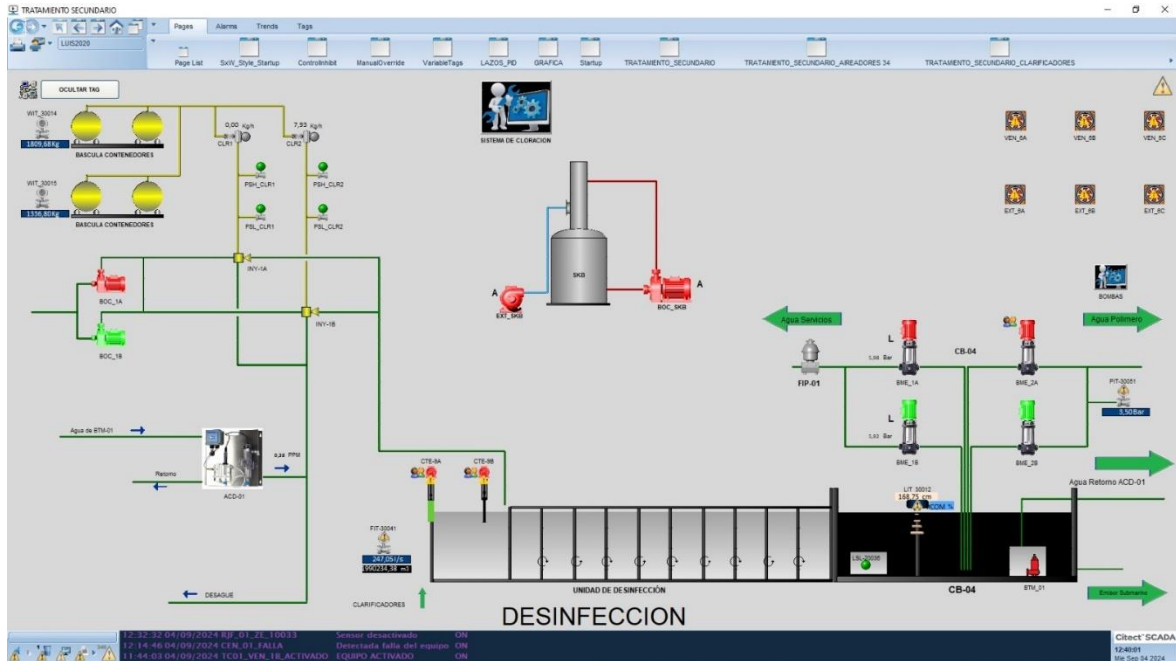
Pantalla de diseño de los clarificadores 01, 02, 03 y 04.



3.5.2.3 Sistema de desinfección. En la figura 117 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo del sistema de desinfección.

Figura 117

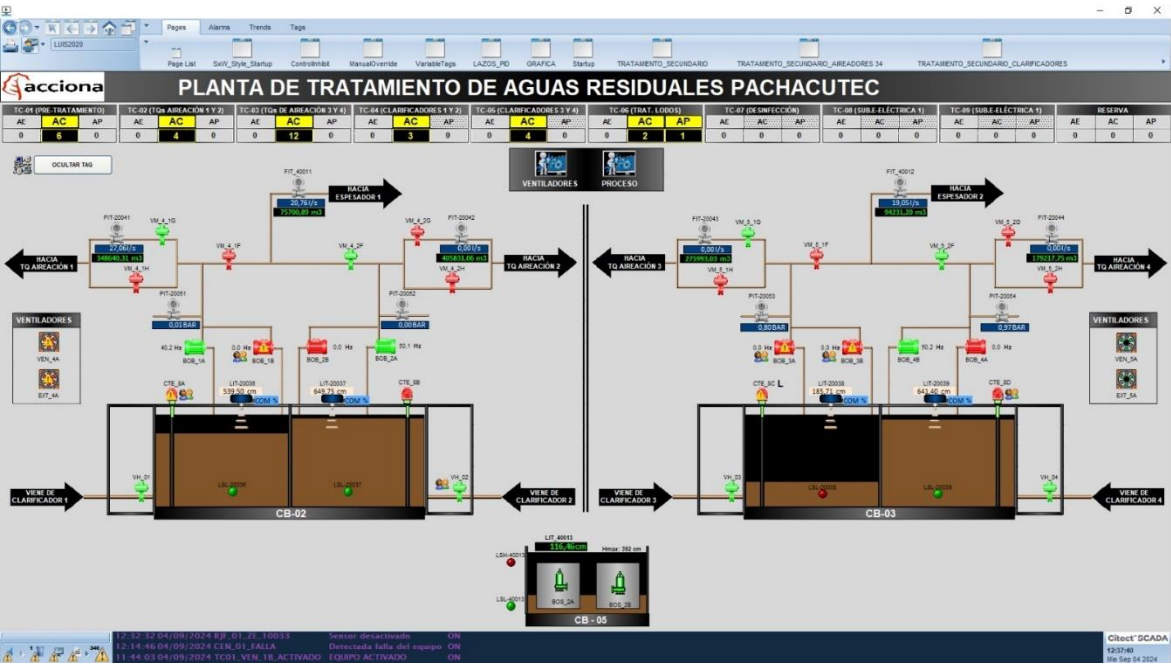
Pantalla de diseño del sistema de desinfección



3.5.2.4 Tratamiento de lodos. En la figura 118 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo del sistema de recirculación de lodos correspondientes al sistema de tratamiento de lodos.

Figura 118

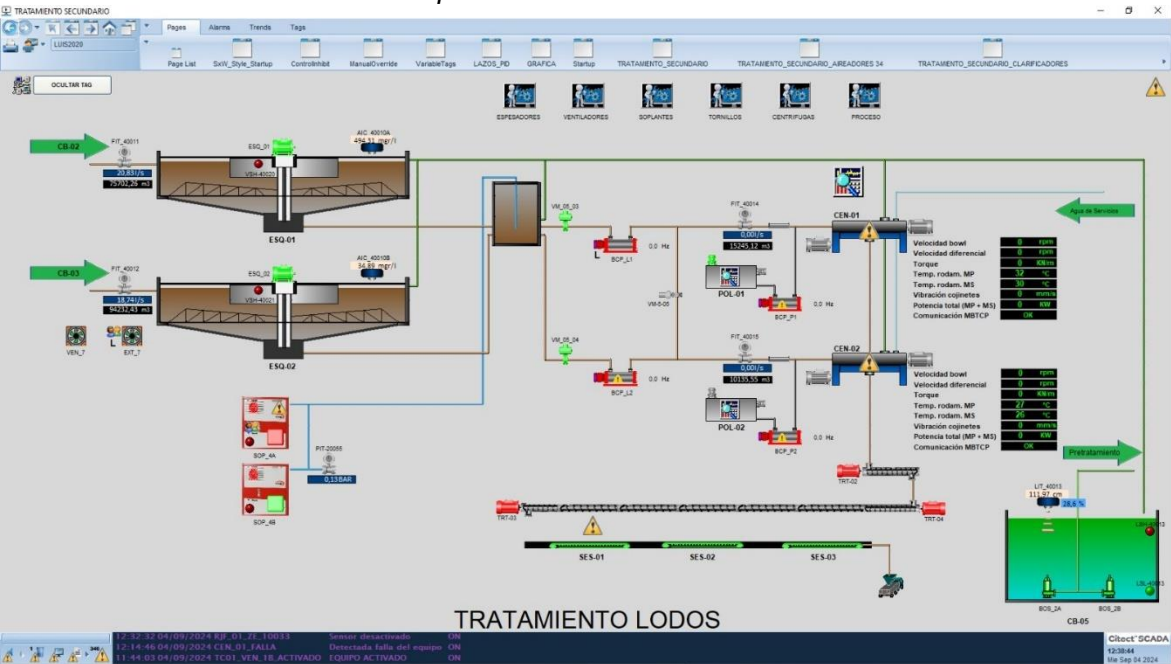
Pantalla de diseño del sistema recirculación de lodos.



A continuación, en la figura 119, se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo del sistema de espesador de lodos correspondientes al sistema de tratamiento de lodos.

Figura 119

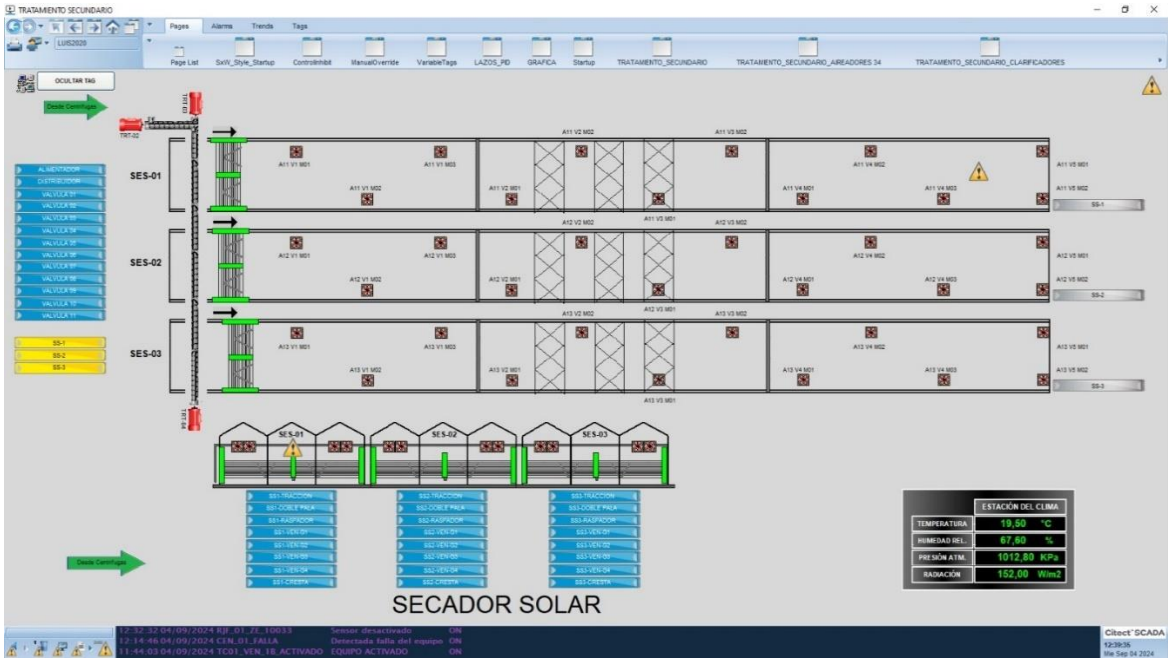
Pantalla de diseño del sistema espesador de lodos.



En la figura 120 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo del sistema de deshidratación de lodos correspondientes al sistema de tratamiento de lodos.

Figura 120

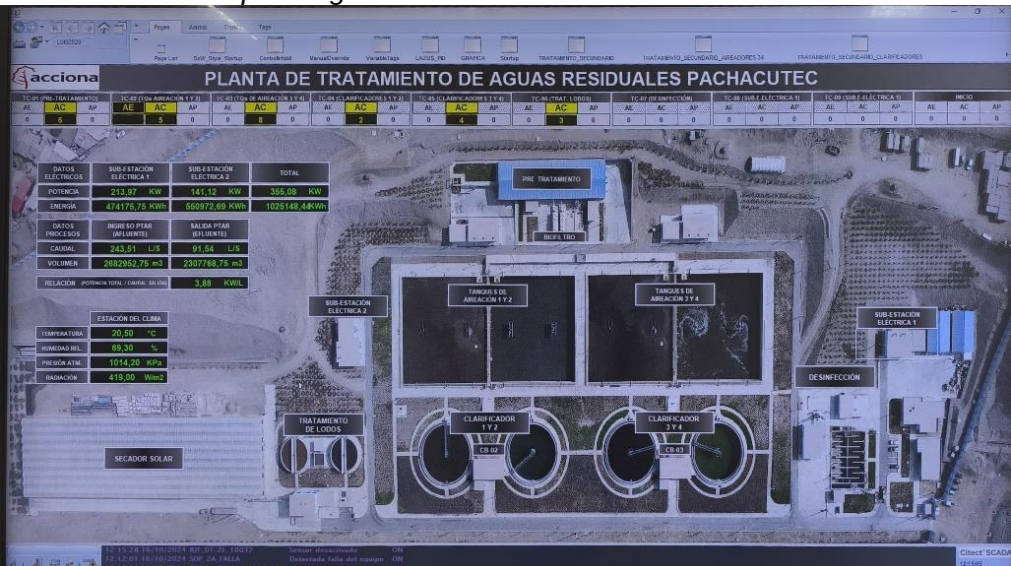
Pantalla de diseño del sistema deshidratación de lodos



3.5.2.5 Planta general. En la figura 121 se muestra el diseño de la pantalla de visualización de la planta general de la PTAR Pachacútec.

Figura 121

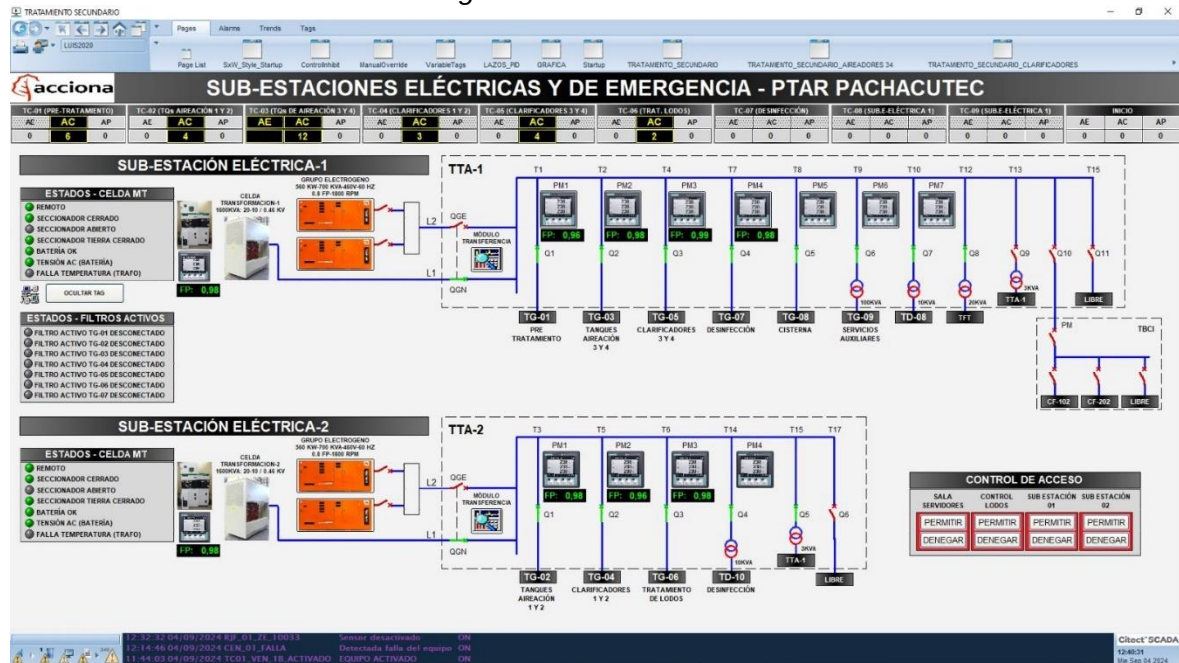
Pantalla de diseño de la planta general de la PTAR Pachacútec



3.5.2.6 Tableros generales de alimentación. En la figura 122 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de los tableros generales de alimentación correspondientes a la PTAR Pachacútec-Ventanilla.

Figura 122

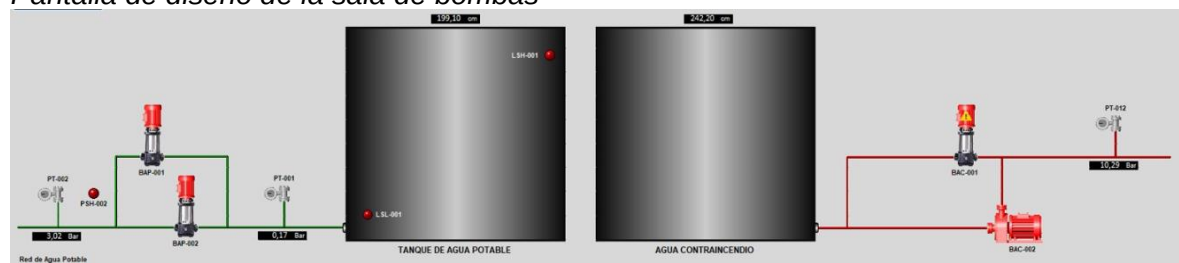
Pantalla de diseño de los tableros generales de alimentación



3.5.2.7 Sala de bombas. En la figura 123 se muestra el diseño de la pantalla de visualización y la comunicación de las señales de campo de la sala de bombas correspondientes a la PTAR Pachacútec-Ventanilla.

Figura 123

Pantalla de diseño de la sala de bombas



3.6 Registro histórico de tiempos de parada en el proceso de tratamiento de aguas residuales

A continuación, se muestran el registro histórico de tiempos de parada antes y después de la implementación del sistema Scada.

3.6.1 Registro histórico de tiempos de parada antes del Scada

El registro histórico de los tiempos de parada correspondiente a los tres últimos años antes de la implementación del Scada (2020, 2021 y 2022), fue extraída de la base de datos del área de planeamiento de Sedapal, estos datos se muestran en la tabla 65.

Tabla 66

Tiempos de parada antes de la implementación del sistema SCADA

	Antes de la implementación Scada	Año		
		2020	2021	2022
MES	Enero	947 min	1328 min	1036 min
	Febrero	732 min	781 min	1213 min
	Marzo	1105 min	986 min	888 min
	Abril	1179 min	1305 min	1195 min
	Mayo	845 min	1196 min	1424 min
	Junio	908 min	778 min	1312 min
	Julio	1054 min	1416 min	1116 min
	Agosto	1316 min	1122 min	--
	Setiembre	981 min	864 min	--
	Octubre	1095 min	903 min	--
	Noviembre	843 min	1064 min	--
	Diciembre	1184 min	1234 min	--

3.6.2 Registro histórico de tiempos de parada después del Scada

Luego de la implementación del sistema Scada, el registro de los tiempos de parada correspondiente a los años 2023 hasta agosto de 2024 son mostrados en la tabla 66.

Tabla 67

Tiempos de parada después de la implementación del sistema SCADA.

	DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN SCADA	AÑO	
		2023	2024
MES	Enero	--	742 min
	Febrero	--	585 min
	Marzo	--	309 min
	Abril	441 min	758 min
	Mayo	620 min	517 min
	Junio	496 min	372 min
	Julio	776 min	740 min
	Agosto	657 min	451 min
	Setiembre	302 min	--
	Octubre	719 min	--
	Noviembre	778 min	--
	Diciembre	638 min	--

Entre los últimos meses de 2022 (agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre) y los primeros meses de 2023 (enero, febrero, marzo) no hubo registros de parada de planta ya que estaba en implementación el sistema de control de todas las operaciones de la PTAR incluyendo el Scada como se detalla en las tablas 65 y 66; por otra parte, para la elaboración del presente trabajo de investigación el registro histórico de tiempos de parada se tomó hasta agosto de 2024.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se realiza un análisis del cumplimiento de los objetivos específicos, teniendo en cuenta los diversos indicadores de logro y las métricas correspondientes, los cuales han sido explicados con detalle en el capítulo I, que sirve de base para esta sección.

4.1 Resultados del primer objetivo específico

El primer objetivo específico planteado es "Diseñar un sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla", cuyo indicador de logro es elaborar el "Diagrama del diseño de la arquitectura del sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales".

En el presente trabajo se realizó un levantamiento de información respecto a los requerimientos del diseño para el sistema de supervisión y control para el tratamiento de aguas residuales. Se consideró las características geográficas de la planta, los requerimientos del usuario, una descripción detallada de cada una de las etapas de operación del proceso de tratamiento de aguas residuales y, finalmente, una identificación de las variables comprometidas en cada etapa del proceso. Con esa información, se procedió a elaborar el diseño de la arquitectura del sistema de supervisión y control tal como se muestra en el subcapítulo 3.4.

Por lo detallado, se diseñó el diagrama de la arquitectura del Scada, cumpliéndose el indicador de logro respectivo para el primer objetivo específico.

4.2 Resultados del segundo objetivo específico

El segundo objetivo específico planteado es "Implementar el sistema Scada diseñado del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla", cuyo indicador de logro es "Implementación del sistema Scada del proceso de tratamiento de aguas residuales".

En función del diseño de la arquitectura del sistema de supervisión y control y los requerimientos de la empresa, se procedió con la implementación del diseño propuesto, el cual consistió, en primer lugar, en la instalación y configuración del *software Aveva Plant Scada* (también llamado *Citect Scada*). Luego con el diseño y diagramado de las pantallas de visualización de cada una de las etapas de operación y planta general de la PTAR. Finalmente, con las pruebas de conectividad y activación de alarmas del sistema. Todo este proceso de implementación se detalló en el subcapítulo 3.5.

Por lo descrito, se implementó el diseño propuesto, cumpliendo así con el indicador respectivo para el segundo objetivo específico.

4.3 Resultados del tercer objetivo específico

El tercer objetivo específico planteado es “Reducir los tiempos de inactividad en el proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Pachacútec-Ventanilla a través de la rápida identificación de fallos mediante el sistema Scada”, cuyo indicador de logro es “Reducir los tiempos de parada del proceso de tratamiento de aguas residuales en 35%”.

En el subcapítulo 3.6, se detalló el registro histórico de los tiempos de parada del proceso de tratamiento de aguas residuales de la PTAR. En la tabla 65 se muestran los tiempos de parada correspondientes a los años 2020, 2021 y 2022 antes de la implementación del Scada; mientras que en la tabla 66 se muestra los tiempos de parada con el nuevo sistema Scada funcionando, correspondientes a los años 2023 y 2024. Uniendo los registros históricos de parada antes y después de la implementación del sistema Scada se obtiene la tabla 67.

Tabla 68

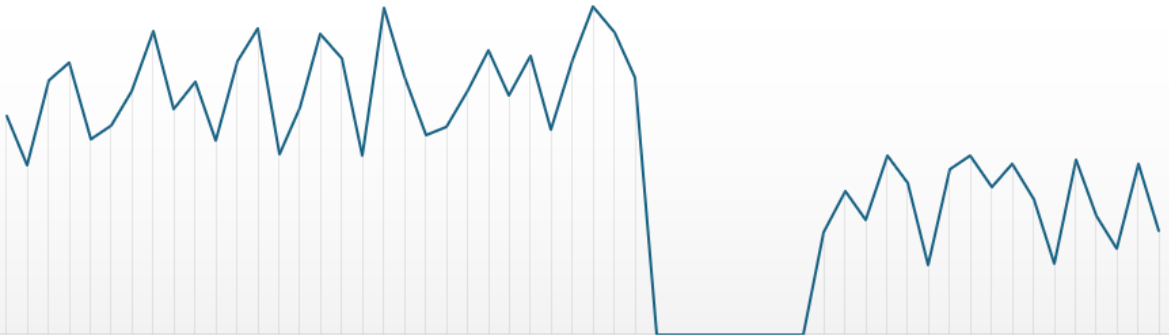
Resumen de los tiempos de parada de año 2020 al 2024.

TIEMPOS DE PARADA		AÑO				
		2020	2021	2022	2023	2024
		ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN SCADA			DESPUES DE LA IMPLEMENTACIÓN SCADA	
MES	Enero	947 min	1328 min	1036 min	--	742 min
	Febrero	732 min	781 min	1213 min	--	585 min
	Marzo	1105 min	986 min	888 min	--	309 min
	Abril	1179 min	1305 min	1195 min	441 min	758 min
	Mayo	845 min	1196 min	1424 min	620 min	517 min
	Junio	908 min	778 min	1312 min	496 min	372 min
	Julio	1054 min	1416 min	1116 min	776 min	740 min
	Agosto	1316 min	1122 min	--	657 min	451 min
	Setiembre	981 min	864 min	--	302 min	--
	Octubre	1095 min	903 min	--	719 min	--
	Noviembre	843 min	1064 min	--	778 min	--
	Diciembre	1184 min	1234 min	--	638 min	--

En la figura 126, se muestra un gráfico de líneas de los registros históricos de parada antes y después de la implementación del sistema Scada.

Figura 126

Gráfico de líneas de los registros históricos de parada.



Se realiza el cálculo del promedio de tiempo de parada por mes antes y después de la implementación Scada, para luego hacer una comparación entre estas y calcular el porcentaje de reducción.

Tabla 69*Cálculo de la reducción de los tiempos de parada*

Promedio de tiempo de parada por mes antes de la implementación Scada	Promedio de tiempo de parada por mes después de la implementación Scada	Porcentaje de reducción de tiempos de parada
1075.80 min	582.41 min	45.86 %

Se puede observar, de la tabla 68, que la reducción de tiempos de parada es 45.86%, lo cual supera a los 35% que era el indicador de este tercer objetivo específico. Por lo tanto, se concluye que se ha cumplido con este indicador de logro.

Conclusiones

Tomando como base los marcos teórico y conceptual que fueron expuestos al inicio del presente trabajo y, luego de culminar la implementación del sistema Scada de la planta de tratamiento de aguas residuales, se formulan las siguientes conclusiones:

- Con la implementación del sistema Scada se ha logrado aumentar la confiabilidad de cada uno de los procesos de la PTAR Pachacútec, debido a que ahora se cuenta con un adecuado sistema de supervisión y control que registra a mayor detalle todos los eventos ocurridos en el proceso, que ayudan al mantenimiento preventivo de los equipos de producción.
- Se ha conseguido reducir los tiempos de parada de la PTAR Pachacútec, considerando que, con la operación del proyecto, no es necesario parar el equipo de campo y saber qué parte ha fallado, lo que reduce el tiempo de inactividad de la planta.
- Se ha reducido el tiempo empleado en la supervisión y monitoreo de cada uno de los procesos por el personal de producción. Debido a que se cuenta con un sistema Scada que registra el estado de todos los sensores de cada uno de los procesos.
- Con la implementación del diseño y programación del funcionamiento de los equipos integrados al sistema de control, se facilita la manipulación y operación de los equipos
- La implementación de un sistema Scada permite verificar todos los estados y valores de las señales (presión, corriente, flujo, etc.), que se almacenan en la base de datos del sistema Scada, la cual permite visualizar el histórico de tendencias de cada una de las variables del proceso, permite mejorar el mantenimiento predictivo y preventivo.

Recomendaciones

El presente trabajo nos permite brindar las siguientes recomendaciones:

- Instalar circuitos cerrados de televisión (CCTV) para mejorar la eficiencia de la operación de la PTAR-Pachacútec, así disminuir el número de operadores y mejorar la seguridad en la planta.
- Se recomienda que el área de planeamiento desarrolle un plan de mantenimiento del equipamiento instalado para asegurar su normal funcionamiento.
- Capacitar al personal constantemente en el área de operaciones y de mantenimiento en los *software* de automatización.

Referencias bibliográficas

- Baley, D. y Wright, E. (2003). *Practical SCADA for Industry*. Newnes
- Barrientos, A. (2014). *Sistemas de Producción Automatizados*. Dextra
- Brunete, A. (2020). *Introducción a la Automatización Industrial*. Universidad Politécnica de Madrid
- Chica, E. A., Matute O. P. y Solis, R. (2021). *Implementación de un sistema SCADA en el proceso de termoformado de la empresa POLIGRUP S.A. para medir la eficiencia productiva y el diseño de un control de temperatura de molde aplicando control difuso* [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica del Litoral
- Colomer, J. (2000). *Introducción a la monitorización y supervisión experta de procesos, Métodos y herramientas*. Cetisa Boixareu
- Creus, A. (2010). *Instrumentación industrial*. Alfaomega
- Escaño, J. y Nuevo, A. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*. Paraninfo
- Garcia, E. (1999). *Automatización de Procesos Industriales*. Universidad Politécnica de Valencia
- Garcia, E. (2001). *Automatización de Procesos Industriales*. Alfaomega
- Guerrero, V. (2001). *Comunicaciones Industriales*. Alfaomega
- Hurtado, J. (2003). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*. Marcombo
- Kissell, T. (2015). *Industrial Electronics: Applications for Programmable Controllers, Instrumentation and Process Control, and Electrical Machines and Motor Controls*. Prentice Hall
- Medrano, O. V. y Cobos, M. T. (2023). *Diseño e implementación de sistema de monitoreo SCADA para subestación eléctrica principal Contecon* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana

- Morales, A. (2007). *Instrumentación Básica de Procesos Industriales*. Brigham Young University
- Ogata, K. (2019). *Ingeniería de control moderna*. Pearsons
- Pérez, E. (2006). *Los Sistemas SCADA en la Automatización Industrial*. Marcombo
- Piedralita, R. (2016). *Ingeniería de la automatización*. RA-MA
- Radvanovsky, R. (2013). *Handbook of SCADA/Control Systems Security*. Huawei Co
- Rodríguez, A. (2010). *Sistemas SCADA*. Marcombo
- Salazar, C. (2013). *Buses de campo y protocolos en redes industriales*. Universidad de Manizales
- Salvatierra, J. (2022). *Diseño e implementación de un sistema SCADA para la producción de petróleo en una empresa privada* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI
- Sanchis, R. (2010). *Automatización Industrial*. Universitat Jaume I.
- Silva, O. L. (2021). *Integración del sistema de automatización de una planta de tratamiento de aguas residuales aplicando el sistema SCADA para un proceso aeróbico* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI
- Trejo, C. I. (2019). *Automatización de una planta de tratamiento de aguas ácidas provenientes de una mina a tajo abierto* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI