

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



## **MONITOREO Y CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR) MEDIANTE REDES INDUSTRIALES**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:  
NOÉ RONCAL CASTRO**

**PROMOCIÓN  
2007-I**

**LIMA-PERÚ  
2011**

**MONITOREO Y CONTROL DE UNA PLANTA  
DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (PTAR)  
MEDIANTE REDES INDUSTRIALES**

A mis padres que siempre  
están a mi lado y me brindan todo su apoyo.  
A mi hermana Esther por todo el sacrificio,  
apoyo incondicional, la confianza brindada  
y siempre ser un ejemplo a seguir.

## SUMARIO

El presente trabajo describe la ingeniería del subsistema de monitoreo y control de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) del sistema de alcantarillado de la urbanización San Antonio de Carapongo, bajo los criterios establecidos por SEDAPAL.

Mediante este proyecto se busca mejorar las condiciones ambientales y sanitarias de la población del Esquema Ñaña, ubicados en la margen derecha del río Rímac entre la Urb. Girasoles de Huampaní y la Urb. San Antonio de Carapongo, minimizando el impacto ambiental en el entorno del área de influencia.

La PTAR cuenta con elementos electromecánicos (cámara de rejas, cámara de tamices, desarenadores, piscinas de aireación, zona de sedimentado del lodo y zona de cloración, tableros eléctricos, bancos de condensadores, etc.), que deben ser eficientemente controlados y monitoreados.

Para el sistema de supervisión y control de la PTAR se ha utilizado instrumentos con señales discretas y analógicas que se encuentran dentro de unos paneles de medición (PM) distribuidas por toda la planta; los PM poseen módulos POINT I/O que captan las señales discretas y analógicas y por medio de una red Ethernet/IP se enlaza a un PLC CompactLogix L23 que se encuentra en la sala de tableros.

Para la operación del proceso se ha integrado todos los accionamientos al sistema SCADA FactoryTalk de Allen Bradley, haciendo uso de la red Ethernet existente.

Se usa la red ModBus para los medidores de energía y los arrancadores.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA</b>	
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Objetivos del trabajo.....	3
1.3. Evaluación del problema .....	3
1.4 Alcance del trabajo .....	6
1.5 Síntesis del trabajo .....	6
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL</b>	
2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) .....	8
2.1.1 Tratamiento de aguas residuales.....	8
2.1.2 Planta de tratamiento de aguas residuales San Antonio de Carapongo .....	9
2.2 Niveles de automatización .....	15
2.3 Sistema de control y adquisición de datos (SCADA) .....	15
2.3.1 Funciones .....	16
2.3.2 Elementos .....	16
2.4 Tecnología de red de datos (comunicación industrial) .....	17
2.4.1 Modelo OSI .....	18
2.4.2 Redes de automatización y control.....	18
2.4.3 Redes de información.....	21
<b>CAPITULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA</b>	
3.1 Análisis de la solución .....	22
3.1.1 Dimensionamiento de la solución .....	22
3.1.2 Especificaciones de la solución .....	28
3.1.3 Trabajos previos .....	32
3.2 Descripción de la implementación .....	33
3.2.1 Funciones del control de automatización.....	34
3.2.2 Desarrollo en el SCADA.....	37
3.3 Tableros .....	47

**CAPITULO IV****CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA**

4.1	Configuración automática de los sopladores.....	52
4.2	Configuración automática de los tornillos .....	52
4.3	Configuración automática del mezclador y sopladores.....	54
4.4	Configuración por nivel de oxígeno disuelto (automático2) .....	54
4.5	Configuración automático1 (por horas).....	58
4.6	Tendencias .....	58
4.7	Configuración en pretratamiento.....	58
4.7.1	Configuración automática de los sopladores.....	58
4.7.2	Configuración automática de los tornillos .....	58
4.8	Configuración modo SCADA.....	58

**CAPITULO V****GESTIÓN DE TIEMPOS Y DE COSTOS**

5.1	Presupuesto.....	60
5.2	Cronograma.....	62

<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>63</b>
---	-----------

**ANEXO A**

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPAMIENTO ...</b>	<b>64</b>
---	-----------

**ANEXO B**

<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>70</b>
-----------------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>71</b>
--------------------------	-----------

## INTRODUCCIÓN

El proyecto fue desarrollado para eliminar las deficiencias de los procesos de tratamiento de aguas residuales del sistema de alcantarillado de la urbanización San Antonio de Carapongo, distrito de Ate-Vitarte, provincia y departamento de Lima. Dado el continuo crecimiento de la población de la zona se tuvo que ampliar la planta existente, por lo tanto el control y monitoreo tradicional (manual) ya no era posible por el aumento de caudal tratado y desechado.

Para dar solución a ello se diseña e implementa un sistema de control y monitoreo para automatizar los procesos de la PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales) en la zona de influencia (San Antonio de Carapongo). En este sistema se utilizan instrumentos con señales discretas y analógicas, PLC (Controlador lógico programable), SCADA (Sistema de adquisición y control de datos) y redes de comunicación industriales

Para el proyecto de automatización se realizó trabajos previos, principalmente la fabricación e instalación de tableros eléctricos de tres tipos:

- Generales: los cuales se encuentran los arrancadores, interruptores y contactores de línea y de bypass;
- De automatización y control: en los cuales se encuentran los PLC y UPS;
- Pedestal de instrumentación (paneles de medición).- para contener la instrumentación analógica y digital.

Se instaló el cableado de la red de comunicación industrial, además de los motores y bombas respectivos a cada etapa del PTAR.

En resumen el sistema de control y monitoreo implementado hace uso de la instrumentación de campo integrando todas estas señales al PLC; este dispositivo es controlado y monitoreado por el SCADA, haciendo uso de la red de datos industrial.

El informe de suficiencia está constituido por cuatro capítulos principales. En el capítulo 1 se describe el problema, precisando el objetivo del proyecto. En este capítulo se hace la evaluación y justificación del proyecto realizado y se establecen los alcances del proyecto.

En el capítulo 2, Marco Teórico se tratan tres aspectos principales: PTAR (Planta de Tratamiento de aguas residuales), en donde se describe el tratamiento de aguas residuales así como los detalles de la PTAR de San Antonio de Carapongo; SCADA en

donde se explican las funciones y elementos de este sistema; tecnología de red de datos (comunicación industrial) desarrollando una descripción simplificada de las redes de automatización y control (ModBus, Profibus), y de la Ethernet industrial

En el capítulo 3, Metodología de la Solución, consta de tres partes: El análisis de la solución, en donde se dimensiona y se establecen las especificaciones de la solución y se determinan los trabajos a realizar; la descripción de la solución, en donde se explica la funcionalidad del control de automatización y se describe el desarrollo en el SCADA; el equipamiento utilizado, en donde se muestra parte de la relación de equipamiento utilizado en el proyecto, dado la gran cantidad de elementos

En el capítulo 4, Configuración de la Planta, describe los aspectos relacionados con la configuración de la planta y su funcionamiento.

En el capítulo 5, Análisis Económico, se presenta el presupuesto y cronograma de trabajos.



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA**

Para el definir las alternativas de solución, es imprescindible un planteamiento claro del problema de ingeniería. En este capítulo se describe el problema para luego precisar el objetivo del trabajo. En este capítulo también se hace la evaluación y justificación del proyecto realizado y se establecen los alcances del proyecto.

#### **1.1 Descripción del problema**

Deficiencias de los procesos de tratamiento de aguas residuales del sistema de alcantarillado de la urbanización San Antonio de Carapongo.

El crecimiento de la población ameritó la ampliación de la planta existente. El control y monitoreo de manera manual ya no era una alternativa por el aumento de caudal tratado y desechado.

#### **1.2 Objetivos del trabajo**

Diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo para automatizar los procesos de la PTAR (Planta de tratamiento de aguas residuales) en la zona de influencia (San Antonio de Carapongo, distrito de Ate-Vitarte del departamento de Lima).

Este sistema de monitoreo y control se desarrolla mediante la utilización de instrumentos con señales discretas y analógicas, PLC (Controlador lógico programable), SCADA (Sistema de adquisición y control de datos) y redes de comunicación industriales

#### **1.3 Evaluación del problema**

Comúnmente todos los desechos líquidos del tipo doméstico y las aguas residuales<sup>1</sup> producidas son vertidas al río trayendo como consecuencia una gran contaminación al medio ambiente. Es por ello que se vio la necesidad de crear una planta de tratamiento para ayudar en la limpieza de los desechos al río.

La planta de tratamiento San Antonio de Carapongo no estaba en la capacidad de poder recibir la totalidad de las aguas residuales tanto de la Urbanización San Antonio como de la Urbanización Las Terrazas de Caraponguillo, que cuentan con 3640 y 1700 lotes respectivamente y en el futuro albergarán un total de 37.380 personas, según los estudios realizados por SEDAPAL.

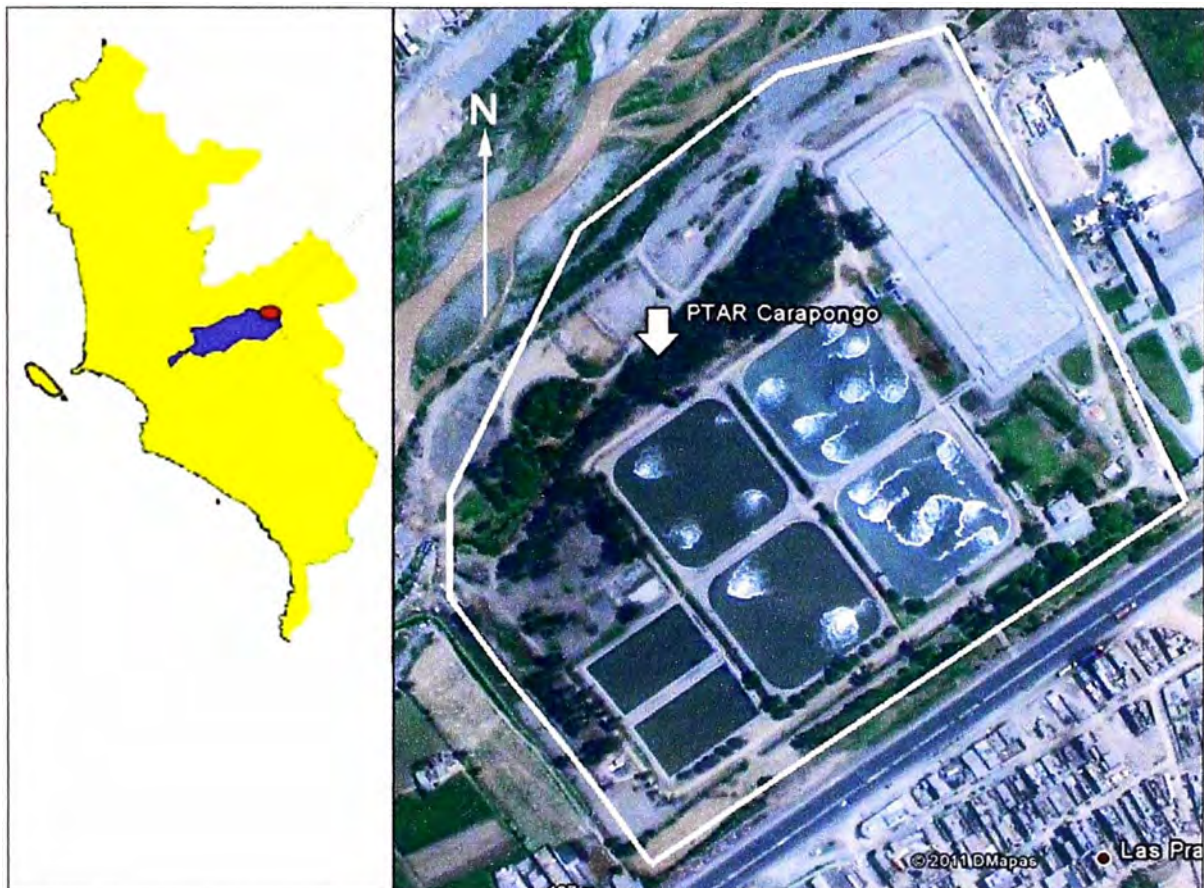
El agua residual cruda del río es conducida a la planta de tratamiento del tipo

---

<sup>1</sup> Agua residual: tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina.

aeración prolongada pasando por cada una de las etapas del proceso de tratamiento para luego ser vertida nuevamente al río más limpia y menos contaminada, preservando el medio ambiente y la biodiversidad. Las aguas ya tratadas también pueden servir para regadillo de tallo alto.

La PTAR del caso de estudio se encuentra ubicada en el Km. 17 ½ de la Carretera Central, en el distrito de Ate-Vitarte (Figura 1.1). La PTAR tiene las siguientes coordenadas UTM: N: 8673308 al 8673206; E: 299820 al 300011. Se encuentra sobre los 535 m.s.n.m.



**Figura 1.1** Ubicación de la PTAR Carapongo (Fuente: Google Earth)

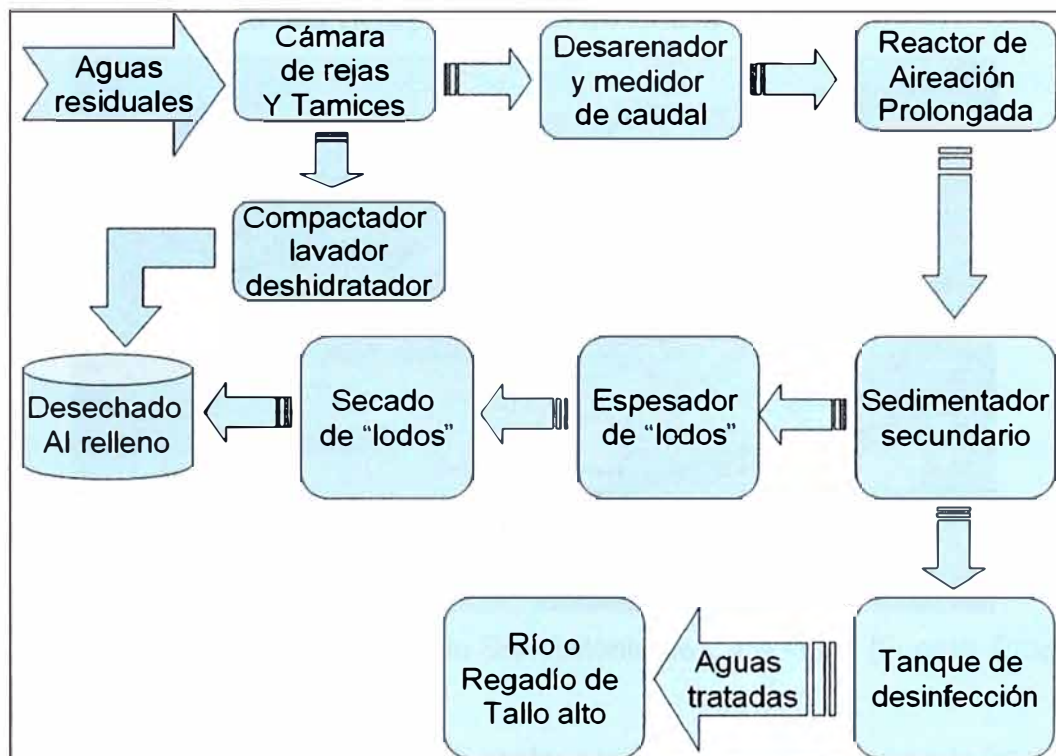
Esta planta de tratamiento es parte de los proyectos de mejora de Sedapal de los servicios de agua y desagüe. Los criterios definidos en el diseño del sistema de alcantarillado realizados por SEDAPAL han determinado en la primera etapa del diseño (definido para el año 2021), que el caudal promedio será de 153 l/s con un máximo de 306 l/s. Sin embargo, las obras de cabecera<sup>2</sup> de la planta de tratamiento de aguas residuales han sido dimensionadas para el máximo horario<sup>3</sup> del año 2028 y establecido en 358 l/s.

<sup>2</sup> Obra de cabecera: estructura de medición, distribución, conducción y dispositivos de ingreso a cada uno de los procesos de tratamiento.

<sup>3</sup> Máximo horario: caudal utilizado para diseñar la red de distribución.

La ampliación de la planta podría haber conducido a un incremento de las jornadas laborables o la contratación de personal, sin embargo siempre habría mayor riesgo de contaminación por sobreexposición a los elementos tóxicos o a los reactivos utilizados en el proceso de tratamiento de agua, además el control e identificación de fallas no sería óptima. Esta situación justificó la automatización de la PTAR buscando la optimización de los procesos, reducir al mínimo la sobreexposición de contaminación del personal.

El diagrama de la Figura 1.2 describe los procesos del tratamiento de aguas residuales a ser automatizados y monitoreados.



**Figura 1.2** Procesos de PTAR (Fuente: Propia)

En la PTAR las aguas residuales ingresan a la Cámara de rejas y a los tamices (elementos integrados), de allí pasan a los desarenadores en donde se añaden reactivos para decantar metales pesados y contienen medidores de caudal, posteriormente pasa al Reactor de Aireación Prolongada (uso de bacterias).

Luego de realizarse el proceso de aeración prolongada, se pasa a una etapa de discriminación llamada Sedimentador Secundario. Este envía los desechos al Espesador de lodos, y luego al Secado de lodos<sup>4</sup>. Por otro lado, el Sedimentador Secundario envía el agua pretratada a un tanque de desinfección (se agrega cloro), las aguas tratadas son luego usadas para regadío de tallo alto o enviadas al río.

Para optimizar los procesos mostrados en la Figura 1.2, se vio la necesidad de contar con un sistema de control y monitoreo.

<sup>4</sup> Lodo: todo aquel desecho sólido existente en la planta de tratamiento

Este proyecto es parte de varios proyectos presentados por Sedapal, a los cuales grandes consorcios postulan para brindar las soluciones de ingeniería a través de proveedores de servicios que cumplan con lo establecido en la buena pro, entre ello estar debidamente registrados en el Registro Nacional de Proveedores del Estado (RNP) y estar habilitados como participante, postor y contratista. El ganador de la buena pro, Consorcio Saneamiento Ñaña, es quien subcontrata a empresas especializadas para la realización de cada proyecto. La empresa encargada de desarrollar el sistema de monitoreo y control de la PTAR fue Electro Control Industrial S.A.C.

La Figura 1.3 muestra una vista panorámica de toda la PTAR.



**Figura 1.3** La planta de tratamiento San Antonio de Carapongo (Fuente: Propia)

#### **1.4 Alcance del trabajo**

El proyecto de automatización debía contar con trabajos previos como la fabricación e instalación de tableros eléctricos:

- 1) Tableros generales los cuales se encuentran los arrancadores, interruptores y contactores de línea y de bypass;
- 2) Tableros de automatización y control, en los cuales se encuentran los PLC y UPS;
- 3) Tableros pedestal de instrumentación (PM o paneles de medición) que contiene la instrumentación analógica y digital.

También debía contar con el tendido de cableado para la red de comunicación industrial, además de los motores y bombas respectivos a cada etapa del PTAR.

El sistema de control y monitoreo hace uso de la instrumentación de campo integrando todas estas señales al PLC; este dispositivo es controlado y monitoreado por el SCADA, haciendo uso de la red de datos industrial.

#### **1.5 Síntesis del trabajo**

Cada etapa de PTAR tiene una serie de elementos electromecánicos que deberán ser

controlados y monitoreados por el sistema desarrollado. Para ello se hace la recopilación de la información de estos elementos (Características técnicas de bombas, motores, etc.)

El estudio también contempla las variables físicas medidas, y la respectiva instrumentación de campo a usar.

El análisis de los procesos permite definir la filosofía de control de los PLC. En el SCADA finalmente se integra toda las señales y alarmas completándose el sistema de monitoreo y control de la PTAR.

En resumen, para la parte eléctrica se ha tenido que implementar tableros de media tensión, tableros de transferencia automática, bancos de condensadores, tablero general de aireadores, tableros generales de bombas de lodo, tableros generales de desarenadores, todos estos con arrancadores suaves SMC/Flex comunicados por medio de una red ModBus, todo esto como referencia a los equipos de fuerza electromotriz.

Para el sistema de supervisión y control se han utilizado instrumentos con señales discretas y analógicas que se encuentran dentro de unos paneles de medición PM distribuidas por toda la planta, estos PM llevan uno módulos POINT I/O que captan las señales discretas y analógicas y por medio de una red Ethernet/IP se enlaza a un PLC CompactLogix L23 que se encuentra en la sala de tableros. Para la operación del proceso se lo ha virtualizado usando el sistema SCADA FactoryTalk de Allen Bradley.

## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

Los temas a tratar en este capítulo son: PTAR (Planta de Tratamiento de aguas residuales), SCADA y tecnología de red de datos (comunicación industrial).

### **2.1 Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)**

En esta sección se describe el tratamiento de aguas residuales así como los detalles de la PTAR de San Antonio de Carapongo.

#### **2.1.1 Tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reuso.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales es el siguiente:

1. Separación física: Esto corresponde al filtrado de los sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas (también llamadas mallas).
2. Desarenado y sedimentación primaria: El desarenado es la separación de sólidos pequeños muy densos como la arena; la sedimentación primaria separa los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos (plomo y fósforo principalmente) se utilizan reacciones de precipitación.
3. Conversión progresiva de la materia biológica disuelta: Para la obtención de una masa biológica sólida se usa bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas.
4. Sedimentación secundaria: Corresponde a la separación o remoción de la masa biológica sólida, la cual fue obtenida en el proceso previo.
5. Tratamiento terciario: El agua tratada puede experimentar procesos adicionales como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural (corriente del río) u otro ambiente (terreno superficial,

subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

### 2.1.2 Planta de tratamiento de aguas residuales San Antonio de Carapongo

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Antonio de Carapongo se ubica en la zona de Carapongo en la margen derecha del río Rímac en los terrenos que ocupa la Urbanización San Antonio de Carapongo y acondiciona los desechos líquidos del tipo doméstico de la referida urbanización conjuntamente con los de Las Terrazas de Caraponguillo

El agua residual cruda es conducida a la planta de tratamiento del tipo aeración prolongada por medio de una estación elevadora que se ubica en la parte más baja del sistema de alcantarillado de la Urbanización San Antonio de Carapongo, la misma que recibe las aguas residuales tanto de la Urbanización San Antonio como de la Urbanización Las Terrazas de Caraponguillo, las cuales cuentan con 3640 y 1700 lotes respectivamente y en el futuro albergaran un total de 37.380 personas

#### a. Cámara de rejillas

Para la alternativa de planta integrada, la estructura debería estar en capacidad de dar tratamiento a un caudal máximo 360 litros por segundo (l/s), lo que equivale a un caudal promedio de 200 l/s.

La cámara rejillas está compuesta por dos canales paralelos, de 1.10 m. de ancho, trabajando uno de ellos como canal aliviadero.

El canal de llegada tiene un ancho de 0,80 m. En el canal principal está instalada una reja de limpieza mecánica conformada por platinas de acero inoxidable de 1 ½" x 3/8" espaciados 20 mm. La Figura 2.1, muestra dos imágenes de la cámara de rejillas.

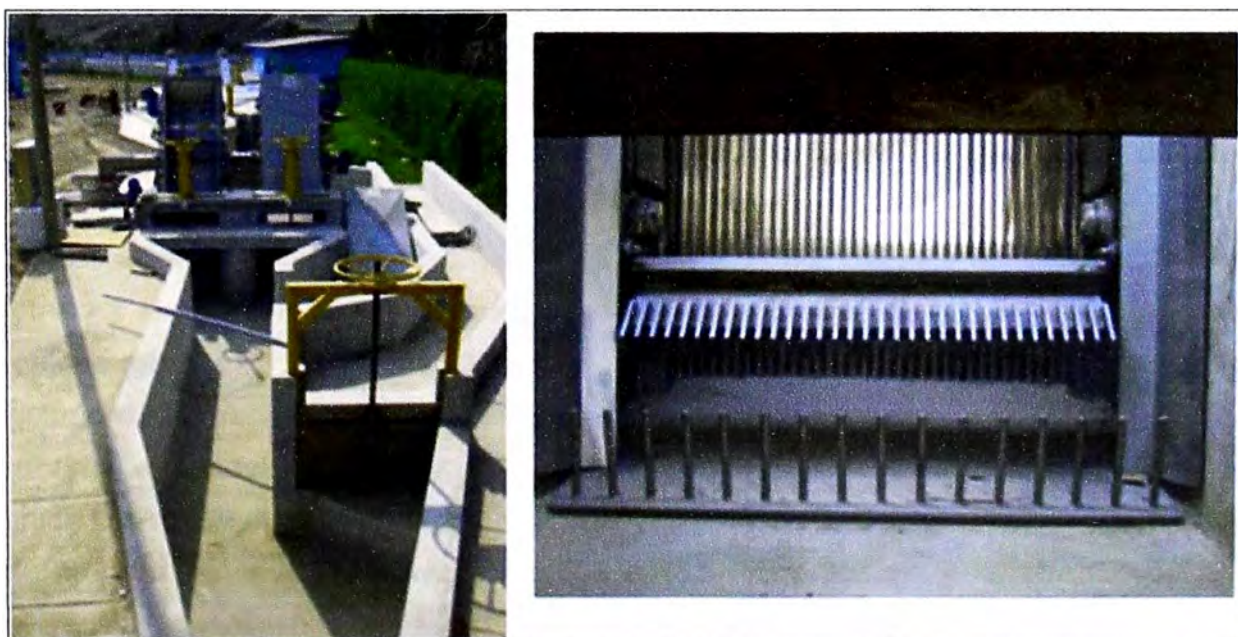


Figura 2.1 Cámara de rejillas-mallas (Fuente: Propia)

## b. Tamices

Existen tres tamices de 1000 mm de ancho y de 5 o 6 mm de espaciado o abertura del tipo tambor circular o semicircular con limpieza mecánica automática ubicado en un ángulo de  $35^\circ$  con respecto a la horizontal, debiendo dos de las unidades estar en condiciones de atender el caudal máximo de 360 l/s.

El material recogido por los tamices es extraído por medio de tornillos sinfín de 273 mm de diámetro y conducido a un compactador-lavador para eliminar la mayor cantidad posible de materia orgánica fecal.

La Figura 2.2 muestra dos imágenes de las rejas-tamices.



**Figura 2.2** Rejas-tamices (Fuente: Propia)

Para el proceso de lavado se cuenta con agua limpia con una presión de 3 a 5 bares y un caudal de 0,8 l/s por equipo. Así mismo, el conjunto rejas-tamices cuenta con canales aliviaderos con la finalidad de minimizar el riesgo de inundación de la planta de tratamiento por efecto de obstrucción de las rejas.

## c. Desarenador

Inmediatamente después de la cámara de rejas, las aguas cribadas son conducidas por medio de un canal abierto hasta tres desarenadores, de los cuales dos de ellos deberán estar en condiciones de atender el caudal máximo.

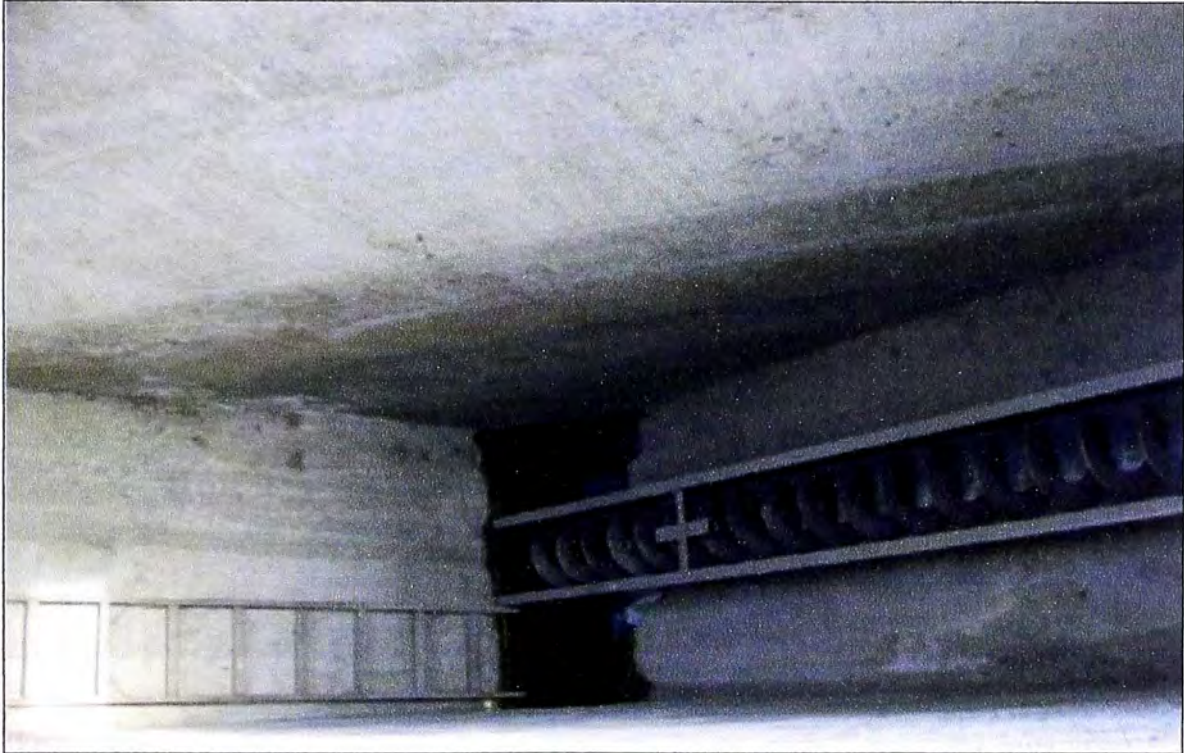
Los desarenadores (Figura 2.3) están compuestos por unidades en paralelo del tipo tornillo y aireado de forma triangular en su sección longitudinal y con capacidad para remover granos de arena de 0,2 mm de diámetro. Las arenas extraídas por el tornillo sinfín son evacuadas hacia un contenedor metálico para su disposición final.

Para el caudal de tratamiento comprendido entre 50 y 180 l/s, el ancho de cada unidad es de 2.0 m, la profundidad máxima de 4.4 m y el largo total de 9.6 m. La cantidad de arena a ser retirada fluctúa entre 500 a 1500 litros por día y la cantidad de aire necesaria se encuentra entre 150 a 360 m<sup>3</sup>/h. El período de retención será de 180 segundos para el caudal máximo.



Al igual que para las rejas, aguas arriba y aguas abajo de cada desarenador, se han proyectado compuertas deslizantes con actuador eléctrico a fin de aislar a la unidad y brindar mantenimiento a las partes móviles del desarenador.

Adicionalmente, en cada desarenador existen pantallas desnatadoras para retener y retirar el material flotante fino y las grasas que puedan pasar la reja o generarse en el desarenador, y una barra o estribo para facilitar la instalación o retiro de la bomba sumergible destinada a desaguar el agua del interior del desarenador con fines de mantenimiento.



**Figura 2.3** Desarenador (Fuente: Propia)

#### **d. Medidor de caudal**

Inmediatamente después de los desarenadores existe un medidor de caudal del tipo régimen crítico<sup>5</sup>, el palmer owles que tiene la ventaja de ser muy simple de construir, este fue seleccionado en reemplazo del tradicional parshall,

Las mediciones se realizan directamente aguas arriba de la garganta o en la poza de medición situada a un lado del medidor. En la poza se instala un limnógrafo (registra el nivel de agua) o un sensor electrónico para el registro continuo de caudales.

#### **e. Repartidor de caudales**

Las aguas cribadas y desarenadas son conducidas por medio de un canal abierto hasta un repartidor de caudal que divide el flujo en partes proporcionales a la capacidad de cada uno de los reactores de tratamiento.

<sup>5</sup> Régimen crítico: estado en el cual la energía específica es mínima para un caudal dado

### f. Reactor de aireación prolongada

Cada uno de los reactores<sup>6</sup> (Figura 2.4) ha sido calculado para un caudal de 11.7 l/s y tienen en promedio de 19.50 m. de largo, 16.00 m. de ancho y 3.50 m de profundidad. El período de retención promedio es de 25 horas y se calculó que la eficiencia remocional de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) llegue al 90 por ciento con una DBO soluble en el efluente de 22 mg/l.



**Figura 2.4** Reactor (laguna) de aireación prolongada (Fuente: Propia)

Los criterios aplicados en el dimensionamiento de este reactor se muestran en la Tabla 2.1

**Tabla 2.1** Características y unidades para el reactor de aireación.

Características del reactor	Unidades
Coefficiente de producción via síntesis:	0.6 mgXv/mgSS
Coefficiente de respiración endógena:	0.025 1/día
Requerimiento de oxígeno para síntesis:	0.55 kgO <sub>2</sub> /kgDBOr
Requerimiento de oxígeno respiración endógena	0.036 kgO <sub>2</sub> /kgXv.día
Sólidos suspendidos totales en el reactor	5000 mg/l
Concentración en el lodo de retorno	10000 mg/l
Edad del lodo	29 días
Carga de lodos	0.11 kg DBO/kgSSVLM
Carga volumétrica	0.33 kg DBO/m <sup>3</sup>

<sup>6</sup> Reactor: piscina para conversión progresiva de la materia biológica disuelta.

La cantidad de oxígeno necesario por día y por reactor es de 510 Kg/día. Esta cantidad de oxígeno está siendo suministrada por dos equipos de aeración vertical de 20 hp con una densidad energética de 27.5 vatios/m<sup>3</sup>.

#### g. Sedimentador secundario

La remoción de los sólidos que salen del reactor es ejecutada en un sedimentador adjunto al reactor. El período de retención de esta unidad está comprendido entre 2.0 y 5.2 horas. La tasa promedio de aplicación es de 16 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>-día y la máxima de 32.5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>-día. Las dimensiones del sedimentador son 16.00 m de largo, 4.50 m de ancho y 3.00 m de profundidad promedio, sin considerar los depósitos de lodo (Figura 2.5).



**Figura 2.5** Sedimentador secundario (Fuente: Propia)

#### h. Desinfección

El proceso de desinfección se aplicará, antes de su descarga al río Rímac, al agua residual tratada y sedimentada. La desinfección se realizará en un tanque (Figura 2.6) con 20 minutos de periodo de retención para el caudal promedio.



**Figura 2.6** Tanque de desinfección (Fuente: Propia.)

### i. Secado de lodos

Por la consideración anterior, es decir el manejo de lodos en una sola unidad, la cantidad total de lodos está en el orden de los  $275 \text{ m}^3/\text{día}$  o el equivalente a  $2100 \text{ kg/día}$  de sólidos secos. Para ello se dispone de dos unidades de espesamiento (Figura 2.7) de  $7.5 \text{ m}$  de diámetro y  $4.0 \text{ m}$  de profundidad. Esta unidad produce  $205 \text{ m}^3/\text{día}$  de excedentes y  $70 \text{ m}^3/\text{día}$  de lodo al 3% de sólidos.

Los lodos espesados pasan a una planta de deshidratado o secado (Figura 2.8) de lodos para manejar  $2.100 \text{ kg}$  de materia seca y  $70 \text{ m}^3/\text{día}$  de lodo al 3% de sólidos (97% de humedad). El deshidratador mecánico usado es centrífugo.



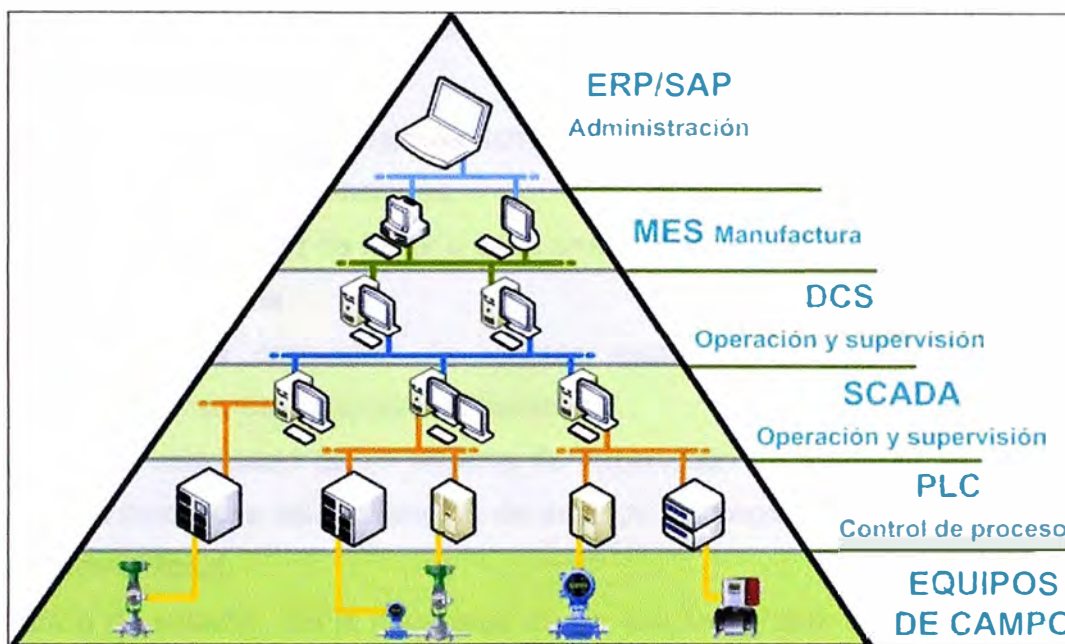
**Figura 2.7** Espesador de lodos (Fuente: Propia)



**Figura 2.8** Lecho secado de lodo (Fuente: Propia)

## 2.2 Niveles de automatización.

El concepto de sistemas automatizados puede ser aplicado a distintos niveles de las operaciones de una fábrica. Normalmente se asocia el concepto de automatización con la producción de máquinas individuales. Sin embargo la producción de máquinas por sí misma está creada por subsistemas que por ellos mismos pueden ser automatizados. Se puede identificar cinco niveles posibles de automatización en una planta productiva y se explican con la Figura 2.9.



**Figura 2.9** Arquitectura General de automatización (Fuente: [www.sige.es](http://www.sige.es))

- **Nivel de empresa - administración.**- Es el sistema de información corporativo. Se usa por ejemplo el ERP (Enterprise Resource Planning) fabricado por SAP AG.
- **Nivel de planta - manufactura.**-Es el sistema de producción. Se puede usar el MES (Manufacturing Execution Systems).
- **Nivel de sistema - operación y supervisión.**- Es el sistema de manufactura-grupos de máquinas. Se aplica el DCS (Distributed Control System), así como el SCADA
- **Nivel de maquinaria - control de proceso.**- Para el control de máquinas individuales, en esta se ubican los PLC.
- **Nivel de dispositivo.**- En esta se encuentran los sensores, actuadores y otros elementos de hardware

## 2.3 Sistema de control y adquisición de datos (SCADA)

Un sistema de control y adquisición de datos SCADA incluye un hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre-máquina (HMI), redes, sistema de comunicaciones, base de datos y software, todo ello se extiende sobre grandes distancias (kilómetros).

El SCADA reside en salas de control desde donde se monitorea el proceso

generalmente alejado de la planta o zona de máquinas. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) permitiendo no solo controlar sino supervisar el funcionamiento de los equipos que intervienen en el proceso, además cuenta con una base de datos y desarrolla pantallas de alarmas, tendencias y con capacidad de almacenar información para generar reportes, históricos y poder ser evaluadas por el personal de supervisión.

### 2.3.1 Funciones

Un sistema SCADA (compuesto de software y hardware), debe ser capaz de realizar una o más de las siguientes funciones.

- **Alarmas.**-Es la capacidad de llevar a cabo una acción predeterminada como respuesta a una condición de alarma
- **Analógicas.**- Es la capacidad de aceptar, mostrar y grabar señales analógicas provenientes de sensores o dispositivos externos.
- **Control.**-Es la capacidad de un sistema de supervisión de llevar a cabo operaciones manuales o automáticas selectivamente de equipos externos. El control puede ser tanto analógico como digital.
- **Indicación de estado.**- Es la capacidad de de aceptar, grabar o mostrar el estado de un equipo.
- **Acumulador.**- Es la capacidad de aceptar y totalizar pulsos digitales y tenerlos disponibles para mostrarlos o grabarlos.
- **Secuencia de eventos.**- Es la capacidad de reconocer cada evento predefinido, asociar un tiempo de ocurrencia a cada evento, y presentar estos eventos con sus tiempos asociados en orden de ocurrencia.

### 2.3.2 Elementos

Un sistema SCADA cuenta con cuatro elementos principales.

#### a. Unidad terminal maestra (MTU)

Es el dispositivo que se encarga de manejar todos los comandos, recolecta todos los datos del RTU y almacena la información. Se encarga también de llevar información a sistemas asociados como una red LAN, y a la interfase con la gente que opera el proceso.

#### b. Unidad terminal remota (RTU)

Se encarga de recolectar la información de los equipos de campo, sea ésta digital, análoga, de alarmas. El RTU retiene toda esta información disponible en su memoria hasta que el MTU se la solicita. Adicionalmente, recibe información del MTU que le

indicará si debe actuar sobre algún equipo del proceso.

### **c. Sistema de comunicación**

Es el medio por el cual viaja toda la información intercambiada entre el MTU y el RTU, pudiendo ser un medio físico como inalámbrico. Incluye además los equipos necesarios para codificar las señales para su transmisión y recepción como son los módems y radios.

### **d. Interfaz hombre-máquina (HMI)**

La sigla HMI es la abreviación en inglés de Interfaz Hombre Máquina. Los sistemas HMI pueden ser conceptualizados como la ventana de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI o de monitoreo y control de supervisión. Las señales de procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC Controladores lógicos programables, Unidades remotas de E/S o Variadores de velocidad de motores. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI

Las funciones del software HMI son

- Monitoreo. Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Alarmas. Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.
- Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va mas haya del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- Históricos. Es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

## **2.4 Tecnología de red de datos (comunicación industrial)**

Las redes industriales son utilizadas para comunicar las distintas jerarquías de comunicaciones existentes en una industria a través de un medio, sea éste físico o inalámbrico. Un modelo simple se basa en cuatro jerarquías: autómatas, interfaces

hombre-máquina, PCs y dispositivos de E/S (entrada/salida) conectados de forma conjunta por enlaces de comunicación como cables eléctricos, fibras ópticas, enlaces de radio y elementos de interfaz física como tarjetas de red y pasarelas.

La tecnología de comunicación industrial se agrupa en dos tipos: 1) aquellas denominadas redes de automatización y control y 2) las utilizadas comúnmente para la información

### 2.4.1 Modelo OSI

El modelo OSI fue diseñado en los años 70 por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). El modelo describe las funciones de comunicación entre aplicaciones por medio de siete capas de funciones estructuradas jerárquicamente.

**Tabla 2.2** Modelo OSI (Fuente: [www.pchardware.org/redes/redes\\_osi.php](http://www.pchardware.org/redes/redes_osi.php).)

Nº	Capa OSI	Descripción
7	Aplicación	Es la interfaz con el usuario; hace llegar las peticiones a la capa presentación
6	Presentación	Define como se representará la información, de tal manera que cualquier sistema lo interprete
5	Sesión	Garantiza las correctas comunicaciones y conexiones entre los sistemas. Define la apertura de las sesiones sobre los equipamientos de red
4	Transporte	Permite establecer una comunicación de un extremo a otro, segmentar y montar datos, controlar el flujo, detectar errores y repararlos.
3	Red	Se ocupa del transporte de paquetes (datagramas) a través de la red
2	Conexión	Permite establecer, a través de un soporte físico, una conexión libre de errores
1	Física	Define los protocolos para el intercambio de bits y los aspectos eléctricos, mecánicos y funcionales del acceso a la red

### 2.4.2 Redes de automatización y control

Existen tres variantes: ModBus, ModBus TCP/IP y el Profibus.

#### a. ModBus

ModBus [1] es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI. Está basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor. Fue diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLC).

ModBus se ha convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Es superior a otros protocolos de comunicaciones debido a:

- es público
- su implementación es fácil y requiere poco desarrollo
- maneja bloques de datos sin suponer restricciones

ModBus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de



medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. ModBus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo ModBus para puerto serie y Ethernet (ModBus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales:

- ModBus RTU es una representación binaria compacta de los datos.
- ModBus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente.

Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con un control de errores de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza un control de errores de redundancia longitudinal (LRC).

Cada dispositivo de la red ModBus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes ModBus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando ModBus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos ModBus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

#### **b. ModBus TCP/IP**

La versión ModBus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP. ModBus TCP/IP es simplemente el protocolo ModBus RTU con una interfaz TCP que corre sobre Ethernet. La estructura de mensajería de ModBus es el protocolo de la aplicación que define las reglas para organizar e interpretar la data independientemente del medio de transmisión.

El TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) proporciona el medio de la transmisión para la mensajería del TCP/IP de ModBus. Dicho de manera más simple, el TCP/IP permite que los bloques de datos binarios sean intercambiados entre las computadoras. TCP/IP es también un estándar mundial que sirve como la fundación para el World Wide Web.

La función primaria del TCP es asegurarse de que todos los paquetes de datos son recibidos correctamente, mientras que el IP se cerciora de que los mensajes estén tratados y encaminados correctamente.

La combinación TCP/IP es simplemente un protocolo de transporte, y no define lo que significan los datos o cómo los datos deben ser interpretados (este es el trabajo del protocolo de la aplicación, ModBus en este caso).

En resumen, el TCP/IP de ModBus utiliza el TCP/IP y Ethernet para llevar los datos de la estructura del mensaje ModBus entre los dispositivos compatibles. Es decir TCP/IP de ModBus combina una red física (Ethernet), con un estándar del establecimiento de una red (TCP/IP), y un método estándar de representar los datos (ModBus como el protocolo de la aplicación). Esencialmente, el mensaje del TCP/IP de ModBus es simplemente una comunicación de ModBus encapsulada en un TCP/IP de envoltura Ethernet.

### **c. Profibus**

Profibus [2] fue establecido primero en Alemania según el estándar DIN 19245 en el año 1989. En 1996 fue ratificado por el estándar europeo EN 50170, y de allí en el año 2000 por el IEC con el estándar IEC 61158, estándar finalizado en el año 2003 junto con el estándar IEC 61784.

Es tal vez el estándar más desarrollado en lo que respecta a redes industriales, dando lugar a las arquitecturas descentralizadas. Es un sistema abierto de comunicaciones digitales con un amplio espectro de aplicaciones, particularmente en los campos de automatización de fábricas y procesos, teniendo cada una de ellas distintas necesidades. En la automatización de fábricas se necesitan equipos de alta velocidad y desempeño, muestreo síncrono (maestro – esclavo), respuesta determinística (longitud de trama fija), fuente de alimentación remota, control distribuido utilizando generalmente PLC; mientras que en la automatización de procesos se necesita un control distribuido asíncrono, sensores inteligentes con fuente de alimentación sobre el bus, grandes cantidades de datos a bajas velocidades, equipos a prueba de explosiones.

Profibus cuenta con un diseño modular y ofrece una variedad de tecnologías de transmisión, tecnologías de comunicación y aplicaciones específicas. Según el modelo de referencia OSI de la ISO, Profibus cubre las capas 1, 2 y 7; capa física, capa de enlace de datos y capa de aplicación respectivamente.

Desde el punto de vista del usuario, Profibus presenta diversos perfiles de aplicación como resultado de las opciones que se presentan en las tres capas del modelo OSI que cubre Profibus.

El Profibus DP está centrado en la automatización de fábricas, como tecnología de transmisión utiliza RS 485 sobre un par trenzado apantallado de cobre que posibilita transmisiones de hasta 12Mbps sobre una distancia de 100m y la máxima distancia por la que se puede extender un segmento es 1200m transmitiendo mínimo a 9.6Kbps. Actualmente también se puede transmitir sobre fibra óptica y hasta por infrarrojo. Existen tres protocolos de comunicación aplicables a PROFIBUS DP: DP-V0, DP-V1 y DP-V2.

### 2.4.3 Redes de información

En este caso es el EtherNet/IP [3] [4], que es el protocolo industrial (IP) de Ethernet. Este es un estándar de red industrial abierto, creado por la necesidad de la utilización de Ethernet en aplicaciones de control.

Ethernet/IP se basa en el mismo estándar que la capa física y de enlace de datos de Ethernet (IEEE 802.3), utiliza los mismos protocolos TCP/IP que la capa de transporte, pero además utiliza otro grupo de protocolos de aplicación llamado Control and Information Protocol (CIP), con lo cual además de coexistir con los protocolos existentes para Ethernet, proporciona las capacidades de control, configuración y recolección de datos.

La especificación de CIP posee tres componentes.

- La capa de aplicación CIP o CIP Messaging Protocol, la cual otorga un identificador de conexión o Connection ID (CID) cada vez que se establece una conexión para el intercambio de datos.
- La librería de objetos donde se definen los módulos que están definidos para CIP junto con una serie de características que definen cada objeto de manera particular.
- Los perfiles, los cuáles aseguran la similitud entre dispositivos del mismo tipo y poseen características similares como el mismo comportamiento, producen y utilizan las mismas cantidades de entradas/salidas, contienen básicamente el mismo juego de comandos para configurarlos. Esto permite la interoperabilidad y cambio de dispositivos entre distintos fabricantes.

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

En el presente capítulo se describe la ingeniería del proyecto del sistema desarrollado. Se describe la situación previa a la solución, se precisan los requerimientos para el dimensionamiento y se establecen las especificaciones técnicas para la implementación del sistema. Su diseño es expuesto esquemática y funcionalmente.

### **3.1 Análisis de la solución**

Para el dimensionamiento del sistema desarrollado, se debe evaluar la situación actual versus los requerimientos futuros. En esta sección se analiza la planta sujeto del estudio.

#### **3.1.1 Dimensionamiento de la solución**

En el anterior capítulo se ha descrito los procesos y características (de manera general) las etapas con la que cuenta la PTAR de San Antonio de Carapongo. Para la automatización del PTAR es necesario establecer los elementos eléctricos y electromecánicos a controlar, así como los aspectos a medir (analógicos o digitales), estos relacionados directamente con los requerimientos [5].

##### **a. Rejas, tamices y compactador-lavador-deshidratador**

Se describe en esta sección a tres elementos que trabajan en conjunto en la primera etapa del proceso. Todos ellos poseen motores de distinta capacidad que deben ser controlados.

Para posibilitar la automatización, esta etapa debe poseer un tablero que cuente con un control por PLC con señalización de pantalla, operación e indicaciones para fallas de servicio, botonera de reseteo, relee de protección de motor, fusibles y relees, cables de aislamiento, timer, horómetro, unidades de control. A continuación se explica el dimensionamiento de esta etapa.

##### **a.1 Rejas**

La reja debe tener un sistema de protección de sobrecarga, el cual está basado en una especie de embrague montado entre el motor y el engranaje de transmisión a la cadena. Por lo tanto, el acople y desacople no es comandado por el tablero de control, esto depende de la presión entre los discos de embrague: la presión entre los discos del embrague se regula a través de un mecanismo de resortes del plato.

Cuando un obstáculo grande (palos o botellas) entra a la reja, provoca que el rastrillo quede en su primer intento trabado, los discos de embrague comienzan a deslizarse entre sí, evitando con ello que se ejerza una sobrepresión/esfuerzo sobre la cadena y la estructura en general. Este mecanismo (meramente mecánico) permite proteger la cadena y la estructura de la reja, independientemente del control eléctrico.

Al lado opuesto del motor (visto desde el embrague), se encuentra un disco dentado, que gira junto a los discos del embrague. Los dientes pasan por encima de un interruptor de proximidad (proximity switch), ya provisto con el mecanismo. Este interruptor, en caso que la velocidad de giro del disco dentado disminuya o pare (lo que significa que se está actuando el embrague debido a una obstrucción en la reja), envía una señal de parada de motor al tablero. Por lo tanto es necesario implementar un sistema de control que haga al mecanismo trabajar en reversa (contramarcha) para que los rastrillos liberen a la reja del obstáculo.

Después de un cierto recorrido en reversa, debe volverse a poner marcha adelante. Si continuara la obstrucción, este proceso de liberación automática se puede repetir. La cantidad de repeticiones debe ser regulable, por ejemplo 2 o 3 veces.

Si superado el número de repeticiones no se hubiese logrado eliminar el obstáculo, el tablero debería emitir una señal de alarma y parada para que el inconveniente sea revisado personalmente por un operador para que proceda a eliminar manualmente el obstáculo. El objetivo de esta automatización es proteger a la reja de cualquier daño estructural debido al obstáculo de materiales grandes.

## **a.2 Tamiz fino**

El tamiz fino, es un equipo instalado en un contenedor combinado en un solo equipo con las funciones de desbaste o cribado, lavado, extracción, deshidratación y compactado de sólidos domésticos.

Las aguas servidas ingresan en el tambor frontalmente y pasa entre las varillas circulares hacia la zona aguas abajo del tamiz. Las varillas retienen los sólidos, produciéndose un efecto adicional de filtrado gracias a la formación de un manto de residuos.

La automatización de esta etapa tiene como objetivo sensor una determinada diferencia de niveles de agua (arriba y abajo del tamiz) y poner en funcionamiento un peine que está sujetado al eje del tambor. Las púas del peine así penetran por completo entre los anillos, van limpiando el tamiz, transportando los sólidos a la parte superior del tambor y dejándolos caer a una tolva situada en el centro del tambor.

El material de cribado es transportado hacia fuera del canal por la rotación de un tornillo dispuesto en el eje del tambor. Para asegurar la limpieza completa de las púas, el

peine debe volver a situarse a 15° de la vertical, efectuándose una limpieza adicional de las púas mediante un peine en sentido contrario. Durante el transporte, el material cribado es lavado, compactado y deshidratado hasta un grado de sequedad entre el 35 % al 40% (MS).

### **a.3 Compactador-lavador-deshidratador**

Es un equipo para el lavado de componentes solubles (material fecal), material cribado o sólidos retenidos en la reja mecánica. Así mismo dicho equipo deshidrata, compacta y transporta mediante una tubería de descarga, hacia un contenedor para su eliminación final al relleno sanitario.

El equipo es para el lavado, deshidratado, prensado y transporte de residuos de desbaste en una sola unidad compacta. Los residuos de desbaste se introducen en la prensa directamente desde la reja; los residuos de desbaste son descargados al interior de la tolva de la prensa de lavado del compactador.

Debe detectarse una cierta cantidad de sólidos para que el tornillo compactador transporte los residuos hacia el tubo ascendente. Al mismo tiempo se debe comenzar un ciclo de lavado, añadiendo con un cierto desfase agua a la tolva y al tubo ascendente. Para optimizar el proceso de lavado, el tornillo debe funcionar en periodos intermitentes.

Gracias al diseño del tornillo (Figura 3.1) la zona de contacto de los componentes solubles se incrementa proporcionando un alto grado de lavado. El agua de lavado atraviesa la zona perforada junto con los componentes solubles y se devuelve al canal de aguas residuales de la planta. Simultáneamente los residuos lavados son deshidratados, compactados y dirigidos al interior del contenedor por medio de un tubo cónico de descarga.



**Figura 3.1** Tornillo compactador (Fuente: Propia)

### **b. Desarenador y medidor de caudal**

Se trata en esta sección por separado a dos elementos que trabajan en la misma etapa.

#### **b.1 Tornillo desarenador**

Para el desarenado se utiliza un mecanismo especial llamado tornillo desarenador o

transportadores de tornillo.

Cada transportador debe una unidad de detección movimiento positivo; éste debe consistir de una sonda y un monitor. La localización y montaje de la sonda estará acorde a la recomendación del fabricante del transportador.

El transportador posee un motor de 1,800 rpm, trifásico TEFC (Totally Enclosed, Fan-Cooled), tasado para la aplicación de servicio de químico continuo, y de tamaño para operar sin sobrecargas cuando el tornillo transportador está completamente lleno. Este motor puede arrancar en la condición de carga llena.

Por ello se debe suministrar e instalar todo el mando y circuitos de la alarma, instalación eléctrica de poder, canalización y conexiones integrales al tornillo transportador.

### **b.2 Medidor de caudal**

Para que las unidades de tratamiento y los procesos que ocurren en ellas funcionen satisfactoriamente, de acuerdo con los parámetros con los que fueron proyectadas, es necesario ajustar la operación de la planta al caudal de proyecto. Por lo tanto, el comportamiento de esta unidad es importantísimo en la operación de la planta.

Cómo se mencionó líneas arriba, el medidor de caudal seleccionado es de régimen crítico. Su señal ira al panel PM (de medición).

### **c. Reactor de aireación prolongada**

Es donde se realiza la biodegradación de la materia orgánica presente en el agua cruda, con la ayuda de sopladores acoplados a su motor eléctrico (Figura 3.2), que suministra el aire necesario para cumplir los requerimientos de mezcla completa y de la actividad bacteriana en la unidad.

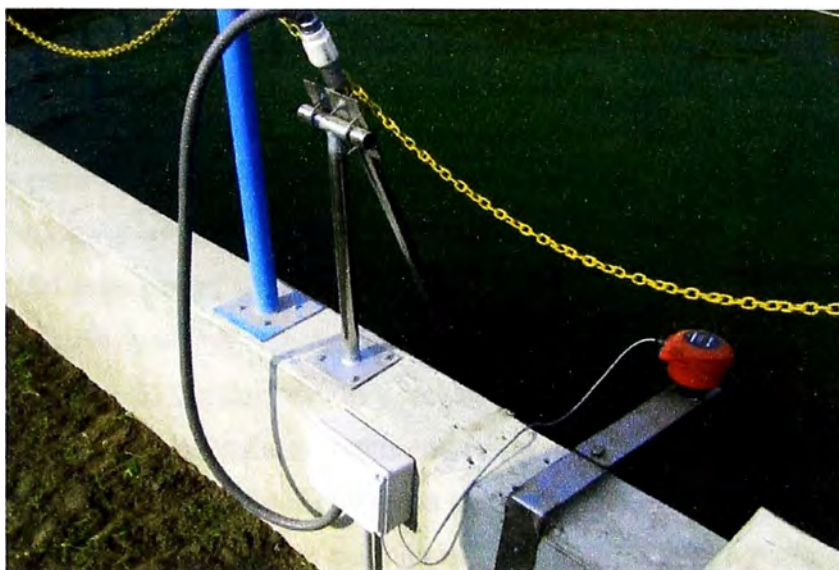


**Figura 3.2 Soplador (Fuente: Propia)**

Debido al contenido de detergentes presentes en el efluente residual de origen doméstico, la agitación o turbulencia en el tanque de aireación generan espumas, las cuales son controladas utilizando un sistema de rociado de aguas blancas sobre las mismas.

Para cumplir el fin expuesto, el reactor de aireación prolongada posee sopladores rotatorios (dos por laguna, cuatro lagunas), cada uno con un motor de 40 HP, de 1800 rpm, trifásico (factor de servicio 1.15).

La automatización consiste en el sensado del nivel de oxígeno disuelto (Figura 3.3), para cuando se alcance cierto valor, el motor del soplador entre en funcionamiento.



**Figura 3.3** Sensor de nivel de oxígeno disuelto (Fuente: Propia)

### **c. Sedimentador secundario**

El sedimentador secundario es una estructura cilíndrica que posee una enorme paleta cuyo eje se encuentra en el centro de la misma. Esta paleta gira lentamente de modo regular para remover el lodo decantado hacia el fondo y enviándolo al espesador de lodos.

El grado de automatización es mínimo ya que sólo se captan señales de alarma debido al posible atascamiento o calentamiento del motor.

### **d. Espesador de lodos**

Para ello se cuenta con un decantador centrífugo, compuesto de un rotor que gira entre dos cojinetes soportados por un bastidor. Este tipo de rotor está compuesto de un cuenco de decantación, un tornillo transportador y un reductor de velocidad. Está instalado en una caseta cerrada con el espacio suficiente para la manipulación del lodo.

El rotor debe girar mediante un sistema de mando eléctrico. El tornillo transportador, accionado por el reductor de velocidad, debe girar a una velocidad ligeramente más alta que el cuenco.



La mezcla a decantarse (previamente desbastada y desarenada) es introducida dentro del rotor. La mezcla es distribuida entre el cuenco de la decantación y el tornillo transportador, donde se somete a la fuerza centrífuga.

El líquido clarificado debe ser conducido hacia orificios de evacuación, mientras que el material sólido decantado sigue el cuenco a una velocidad regulada mediante el diferencial de rotación del tornillo de extracción en relación con el cuenco, para que al final el material sólido sea evacuado en forma continua en el extremo cónico del cuenco.

El material pasa finalmente al lecho de secado de lodos (Figura 2.8) el cual no requiere ningún grado de automatización.

El decantador centrífugo debe funcionar totalmente en automático y en forma continua sin vigilancia. Para ello se debe implementar un sistema de control.

La conformación de los rotores debe permitir velocidades de ejecución muy altas, especialmente para la sequedad del producto sólido y para el rendimiento de la separación del efluente líquido evacuado.

La concepción polivalente y progresiva de estos rotores debe dar gran flexibilidad y facilidad de utilización, así como la posibilidad de tratar productos cambiantes y difíciles, incluso en condiciones de concentración y rendimientos variables

El sistema de transmisión está constituido por un motor principal y un generador, cada uno con un variador de frecuencia. El sistema debe permitir controlar independientemente el cuenco y la velocidad. Además, de permitir ahorrar energía consumida.

#### **e. Tanque de desinfección**

La desinfección del agua es realizada mediante la incorporación de cloro. Este sistema comprende de cilindros con el gas cloro (Figura 3.4), un intercambiador automático, un regulador de vacío con un rotámetro (indicador de tasas de alimentación) y un eyector.



**Figura 3.4** Tanque de gas cloro (Fuente: Propia)

El sistema trabaja debido al vacío que se genera en el eyector tipo Venturi accionado

por un flujo de agua, el cual inyecta una mezcla de agua y de gas en el punto de aplicación, donde el gas se difunde y disuelve.

El sistema está provisto de válvulas antirretorno para impedir el ingreso del agua a la tubería de transporte de cloro, con el objeto de prevenir la corrosión del equipo en los casos en que por algún motivo se interrumpa su funcionamiento.

El gas pasa a través de un regulador de vacío, que limita el flujo y la presión en función del agua que pasa a través del Venturi, este Venturi está asociado a una línea que tiene una bomba para este flujo y por vacío succiona el cloro, la corriente se reincorpora o inyecta al tanque de contacto. La energía eléctrica para operar el clorador de funcionamiento al vacío es relativamente pequeña, pues solo se requiere la energía necesaria para introducir el flujo de agua a través del eyector (Venturi).

El flujo de agua y la presión diferencial que se requieren se produce por medios eléctricos o hidráulicos con ayuda de una pequeña bomba booster. En la selección del equipo operado eléctricamente, la fiabilidad y estabilidad de la fuente de energía es una consideración importante.

### **3.1.2 Especificaciones de la solución**

Luego de analizada la información del sistema, en esta sección se establece las especificaciones que debe cumplir la solución [6]. Estas especificaciones se explican en los ítems a) Instrumentación y control, b) Automatización y c) Comunicación Local. De las especificaciones se llega a la conclusión que el sistema debe ser desarrollado con los siguientes elementos (Las especificaciones técnicas en detalle que se deben cumplir son descritos en el Anexo A).

- Instrumentación y control.- Sensor ultrasónico de nivel; medidor de flujo en canal abierto; medidor de oxígeno disuelto, pH y temperatura; sistema de cloración automático; sensor de intrusos; sonda control de nivel; relé control de nivel; válvula solenoide de control eléctrico; relé temporizador; equipos auxiliares en general para los tableros de control, analizador de redes eléctricas.

- Automatización.- Controlador Lógico Programable; fuente de alimentación UPS para PLC secundarios; Pantalla terminal de diálogo y visualización local HMI y PC (SCADA).

- Comunicación local.- Tablero de control principal TCP, centro de control.

Los elementos mostrados deben cumplir las especificaciones técnicas de SEDAPAL. A continuación se detallan los aspectos funcionales de los dispositivos, equipos e instrumentos que deben ser utilizados en la implementación de la solución.

#### **a. Instrumentación y control**

La siguiente es la descripción de las funcionalidades y requerimientos mínimos de los diversos componentes del área de instrumentación y control.

### **a.1 Sensor ultrasónico de nivel**

A ser usado en el control de nivel de la cámara de bombeo de desagüe. Debe estar diseñado para la medición de nivel en tanques de agua residuales y fluidos de agresividad media donde el sensor no está en contacto con el medio.

El sensor debe enviar una señal de 4-20mA al PLC del tablero correspondiente, el que a su vez se comunica en ModBus con el PLC Principal del Centro de Control de la Planta de Tratamiento.

El equipo debe incorporar dos relés programables para utilización de señalización, alarma o control automático.

### **a.2 Medidor de flujo en canal abierto**

Se usa para la medición del caudal de ingreso a los reactores de aireación prolongada y para la medición del caudal de ingreso al tanque de contacto de cloro. Debe estar diseñado para medición de caudal en canal abierto y fluidos de agresividad media donde el sensor no está en contacto con el medio.

Este equipo debe enviar una señal de 4-20mA al PLC del Tablero correspondiente; el PLC se comunica en ModBus RS 485 con el PLC Principal del Centro de Control de la PTAR. El equipo además incorpora dos relés programables para utilización de señalización, alarma o control automático.

### **a.3 Medidor de oxígeno disuelto, pH y temperatura**

A ser usado para el control de la inyección de oxígeno necesario al proceso y para determinar el grado de pH y temperatura con que ingresa el desagüe afluente.

El equipo debe comprender de dos sondas de medición de oxígeno disuelto, pH y temperatura y un transmisor de señal, el que a su vez se debe comunicar en ModBus RS485 con el PLC del Tablero de Control Principal de la PTAR para la medición continua de los tres parámetros en los reactores de aireación prolongada.

### **a.4 Sistema de cloración automático**

El sistema de la sala de cloro debe estar instalado con.

- Clorador automático con actuador eléctrico y unidad de control de procesos
- Analizador de cloro residual, para medir continuamente el cloro residual en aplicaciones de agua
- Medidor de caudal al ingreso del tanque de contacto de cloro, para controlar el flujo del desagüe tratado que está llegando al tanque contacto de cloro y de esta manera poder regular la dosificación de cloro con el clorador automático con actuador automático.
- Analizador de fuga de cloro, el sensor servirá para enviar una señal local al panel detector de fuga de cloro, que a su vez transmite una señal 4–20 mA al PLC del tablero correspondiente.

- Analizador de balanza del tanque de cloro, para controlar el peso del tanque de cloro a través de una señal de 4-20 mA y mantener informado al PLC del tablero correspondiente

#### **a.5 Sensor de Intrusos**

Deben actuar ante la presencia de alguna persona que no cuente con autorización ya que el modo de desactivación será desde el centro de control.

Deben estar instalados en los ambientes principales de la planta de tratamiento, sala de tableros, sala de la cámara de bombeo de desagüe, sala de cloro y centro de control.

Su conexión con el PLC del tablero respectivo debe efectuarse a través del contactor auxiliar con alimentación de control estabilizada proveniente del UPS del mismo tablero.

#### **a.6 Sonda control de nivel**

Serán electrodos de acero inoxidable que permiten cerrar el circuito cuando el agua hace contacto con dos de ellos dispuestos en niveles diferentes.

#### **a.7 Relé control de nivel**

Para recibir la señal generada por las sondas de control de nivel al cerrarse el circuito y controlar el arranque y parada de las bombas de desagüe de servicios auxiliares (a través de los contactos internos del equipo).

#### **a.8 Relé temporizador**

Para realizar la conexión y desconexión de diversos contactos NA/NC, en intervalos de tiempo con posibilidad de regularse.

#### **a.10 Equipos auxiliares en general para los tableros de control**

Se deben utilizar equipos que protejan contra los cortocircuitos y sobreintensidades.

#### **a.11 Analizador de redes eléctricas**

Los analizadores de redes deberán estar enlazados a los PLC correspondientes de cada tablero mediante su puerto RS-485 respectivo y comunicación ModBus.

### **b. Automatización**

La siguiente es la descripción de las funcionalidades del PLC, UPS y el visualizador.

#### **b.1 Controlador Lógico Programable (PLC)**

Las unidades de PLC serán parte de la red de comunicación ModBus local destinada a supervisión, control y mando de las instalaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales. También debe contar con interfaz de red Ethernet.

Las entradas analógicas serán derivadas de transductores de corriente de tipo 4-20 mA, proveniente de la instrumentación. Las entradas digitales deben ser alimentadas por contactos libres de potencial y deberán ser programables para intercambiar las asignaciones de las entradas a estos circuitos.

Los equipos PLC deberán tener puertos RS-485 adicionales que les permita conectar una pantalla de despliegue HMI, para diálogo hombre-máquina. Se considera también la

utilización de un SCADA para la centralización del control y monitoreo.

Se considera un total de 5 PLC (Compact Logic L23) distribuidos en toda la planta.

### b.2 Fuente de alimentación UPS para PLC secundarios

Es imprescindible que todos los PLC previstos en el proyecto cuenten para su alimentación de fuente de alimentación ininterrumpible UPS.

### b.3 Pantalla terminal de diálogo y visualización local HMI y PC

Todas las entradas analógicas y/o digitales (datos, eventos, alarmas) al PLC de los tableros TGBL, TGS, TGR, TCBD de la planta de tratamiento, tendrán posibilidad de ser visualizados localmente en la misma cámara o sala mediante un terminal de diálogo hombre - máquina HMI local y/o a través de la PC ubicada en el centro de control; mediante la lectura de una línea de servicio (barra de estados y alarmas) con la hora actual.

Adicionalmente se debe contar con un SCADA. Para la solución se opta por el sistema SCADA FactoryTalk de Allen/Bradley, haciendo uso de la red Ethernet existente (Figura 3.13).

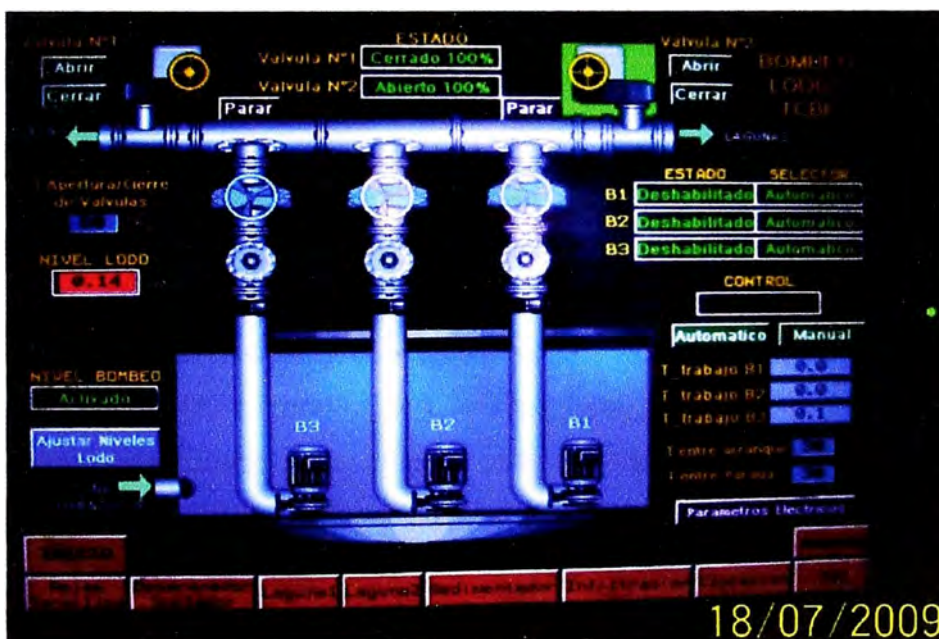


Figura 3.13 Pantalla de Inspección (Fuente: Propia)

### c. Comunicación local

Los enlaces de comunicaciones están destinados a facilitar el monitoreo y control local del funcionamiento de los diversos equipos a instarse en la Planta de Tratamiento, facilitando el enlace entre ellos y el Centro de Control al interior de la Planta.

En general el sistema de control y monitoreo local de la planta de tratamiento, está configurado como un conjunto de PLC enlazados con la PLC principal de la sala de control de la planta mediante cables apantallados doble par trenzados (STP), y desde aquí se enlazará a las PC.

Se hará una diferenciación en el tipo de red a usar: Los medidores de energía y arrancadores están comunicados por medio de una red ModBus; la comunicación entre PLC, paneles de medición, y entre PLC y PC es por medio de la red Ethernet

### **c.1 Tablero de control principal (TCP)**

El propósito del tablero de control principal es contener en su interior todo el equipamiento de recepción de datos, comunicaciones, alimentación eléctrica, de operación local y material eléctrico auxiliar, necesario para el funcionamiento del sistema automatización local previsto en el proyecto. Es decir, debe contener en su interior el PLC, además de otros equipos y dispositivos menores complementarios.

### **c.2 Centro de Control**

El centro de control previsto en la planta de tratamiento de aguas residuales, estará constituida por dos redes de control (Ethernet TCP/IP y RS 485 en protocolo ModBus), para soportar el tráfico de información entre los diversos tableros de control de los equipos.

### **3.1.3 Trabajos previos**

Con la relación de componentes y funcionalidades en cada etapa, se plantea las obras a realizar para la implementación del Sistema de Monitoreo y Control de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

En la caseta de tableros de pretratamiento existente, se debe instalar un tablero de control con PLC maestro, que integre a todos los PLC y medidores de energía ya existentes, a través de una red RS-485.

En la caseta de tableros de la sala eléctrica principal se debe realizar el cambio del tablero de fuerza y control existente para 16 aireadores por un tablero de fuerza y control para 22 aireadores controlados por un PLC maestro, éste PLC además debe obtener los datos del medidor de energía que se instala en la celda.

En la caseta de tableros de la laguna anaerobia se debe instalar 3 tableros de fuerza y control para el control de Mezcladora, Soplador1 y Soplador2.

Todos los PLC (05) se deben integrar con los servidores del sistema SCADA, a través de una Red-Ethernet con fibra óptica.

La información que se debe enviarse es: las horas de funcionamiento de los equipos, consumos de energía ordenadas por zonas (energía activa, energía reactiva, potencia activa, potencia reactiva, amperaje, voltaje), así como las variables de procesos (oxígeno disuelto, caudal, turbiedad).

Las rutinas de comunicación, de envío y recepción de datos desde la PTAR Carapongo, deben ser automáticas y en intervalos de tiempo configurables desde el SCADA implementado, también deben ser enviados a solicitud (refresco de información).

La automatización debe comprender, el control automático de los Aireadores, reja mecánica, tornillos desarenadores, bombas de limpieza, bombas de suministro de agua, compuertas motorizadas, mezclador y sopladores. Debe incluirse alarmas según eventos configurados.

### **3.2 Descripción de la implementación**

En resumen el sistema de control y monitoreo de la PTAR cuenta con un centro de control que permite la operación centralizada de toda la planta de tratamiento de aguas residuales.

El mando del Tornillo Compactador, Lavador y Deshidratador de las rejas mecánicas es manual y automático por configuración de tiempos en secuencia con el funcionamiento de las Rejas según la programación y funcionamiento del PLC del tablero de control de las rejas mecánicas.

Se instalaron los siguientes sensores:

- Sensores ultrasónicos de nivel para la reja mecánica automática, dos por la reja, colocadas una delante y una detrás de la reja para medir la diferencia del nivel de agua y en base a ella transmitir al PLC del tablero de control de las rejas mecánicas la orden de arranque o parada del motorreductor del peine de limpieza de la reja.
- Sensor ultrasónico de nivel para medir el nivel y volumen existente en la cámara de bombeo de desagüe, controlar el arranque y parada de las bombas y controlar la alarma por nivel mínimo y nivel de rebose de la cámara.
- Sensor ultrasónico para medición de caudal en el canal ingreso a los reactores de aireación del afluente a la Planta de Tratamiento, reportándolos mediante señal continua hacia el PLC en el Centro de Control de la Planta.
- Sensores para medición de oxígeno disuelto, pH y temperatura para medición de oxígeno disuelto, pH y temperatura en los reactores de aireación de la Planta de Tratamiento, reportándolos mediante señal continua hacia el PLC en los paneles de medición.

Con los datos anteriores recolectados por los PLC, es posible una supervisión y manejo centralizado de los procesos de la planta de tratamiento, apoyados en el SCADA

Se instalaron las siguientes alarmas en el centro de control:

- Estado de funcionamiento de las bombas, motorreductores, aireadores, extractores y válvulas de control eléctrico.
- Disponibilidad de las tensiones eléctricas tanto en corriente alterna del Concesionario como del grupo electrógeno,
- Presencia de personas no autorizadas.

### 3.2.1 Funciones del control de automatización

La PTAR Carapongo consta de varios subsistemas: una unidad de pretratamiento, una laguna anaerobia, cuatro lagunas aireadoras, y dos sedimentadores; cada zona posee unidades de proceso y equipamiento eléctrico (ver Tabla 3.1)

**Tabla 3.1** Elementos de los subsistemas de la PTAR

SISTEMA DE PRETRATAMIENTO	SISTEMA DE LAGUNA ANAEROBIA	SISTEMA DE AIREADORES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 reja mecanizada.</li> <li>- 1 transportador / compactador.</li> <li>- 10 compuertas mecanizadas.</li> <li>- 2 bombas de limpieza.</li> <li>- 2 sopladores.</li> <li>- 3 tornillos desarenadores.</li> <li>- 2 bombas de suministro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 mezcladora.</li> <li>- 2 sopladores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8 aireadores LP1.</li> <li>- 8 aireadores - LP3.</li> <li>- 4 aireadores- LS2.</li> <li>- 4 aireadores - LS4.</li> </ul>

#### a. Funcionamiento y desarrollo del sistema SCADA

El sistema SCADA [7] está instalado en dos servidores ubicados en la sala de control. La estación de operación SCADA, tiene configurada pantallas de visualización del proceso, así como el despliegue de variables del proceso al operador, y cuenta con una impresora de reportes e informes de alarmas y otras variables. El sistema SCADA tiene las siguientes funciones:

- Actualización periódica de la base de datos con las variables del sistema, efectuando un polling a todas las unidades remotas conectadas directamente a las unidades maestras de los subsistemas (aireadores, pretratamiento, laguna anaerobia).
- Despliegue de pantallas configuradas que permiten visualizar el proceso y todas las variables involucradas.
- Ejecución de comandos sobre bombas, aireadores y otros equipos. Al efectuar una instrucción de comando, el SCADA interrumpe su ciclo de polling y da prioridad a que se propague el comando hasta llegar a la unidad destino, asimismo interroga el estado de activación del comando a manera de retroalimentación al operador del sistema.
- Despliegue de alarmas e impresión de reportes e informes de las mismas.
- Registro histórico de datos que muestren la evolución de variables de proceso para su futuro análisis.

#### b. Control de reja mecánica

El sistema de control permite operar la reja mecánica en dos modalidades básicas de funcionamiento: manual y automático. Estas modalidades se subdividen en cuatro (4) modos de operación:

- Modo manual TFC: el control de la reja se hace desde las botoneras instaladas en el



frontis del tablero de fuerza y control (TFC).

- Modo manual local: es aquel en donde el arranque y parada de la reja se hace desde las botoneras instaladas en el desarenador.
- Modo manual SCADA: el cual se realiza desde las dos computadoras instaladas en el centro de control.
- Modo automático: en este modo la reja trabajará según la secuencia cargada en el PLC, y dependerá del nivel medido por el sensor aguas arriba de la reja.

#### **c. Control de transportador/compactador de material cribado**

El sistema de control permite operar el transportador/compactador de material cribado en dos modalidades básicas de funcionamiento: Manual y Automático. Estas modalidades se subdividen en tres modos de operación:

- Modo manual TFC: el control del transportador se hace desde las botoneras instaladas en el frontis del tablero de fuerza y control (TFC).
- Modo manual local: es aquel en donde el arranque y parada del transportador se hace desde las botoneras instaladas en el desarenador.
- Modo automático: en este modo el funcionamiento del transportador consiste en que el sistema de control programado en el PLC permite controlar el ON/OFF del transportador/compactador de acuerdo al estado de funcionamiento de la reja mecánica.

#### **d. Control de bombas de limpieza**

El sistema de control permite controlar las bombas de limpieza en tres modos de operación:

- Modo manual TFC: el control de cada bomba de limpieza se hace desde las botoneras instaladas en el frontis del tablero de fuerza y control (TFC).
- Modo manual SCADA: el cual se realiza desde las dos computadoras instaladas en el centro de control.
- Modo automático: en este modo cada bomba de limpieza trabajará según la secuencia cargada en el PLC.

Normalmente, las bombas de limpieza operan en modo manual, desde 2 ubicaciones: TFC ó SCADA. Dos señales detendrán a la bomba, o inhibirán su partida, por medio de un enclavamiento alambrado en los circuitos de control TFC y cuyas señales se encuentran disponibles en el PLC

- Una de sobrecalentamiento y
- Otra de motor húmedo, provenientes ambas desde el motor de la bomba.

#### **e. Control de tornillos desarenadores**

El sistema de control permite controlar los tornillos desarenadores en tres (3) modos de operación:

- Modo manual TFC: el control de cada tornillo desarenador se hace desde botoneras instaladas en el frontis del tablero de fuerza y control.
- Modo manual SCADA: el cual se realiza desde las dos computadoras instaladas en el centro de control.
- Modo Automático: en este modo cada tornillo desarenador trabajará según la secuencia cargada en el PLC.

Normalmente, los tornillos desarenadores operan en modo manual TFC. El modo automático consiste en que el sistema de control programado en el PLC controle la partida/parada de los tornillos desarenadores por intervalos de tiempo programables.

Una señal de rotura de eje proveniente desde la proximidad instalada en la carcasa, detiene al tornillo desarenador, o inhibe su partida en cualquier modo de operación, por medio de un enclavamiento alambrado en los circuitos de control en TFC, y cuya señal se encuentra disponible en el PLC.

#### **f. Control de sopladores**

El sistema de control permite controlar los sopladores en tres (3) modos de operación:

- Modo manual TFC: el control de cada soplador se hace desde botoneras instaladas en el frontis del tablero de fuerza y control.
- Modo manual SCADA: el cual se realiza desde las 2 computadoras instaladas en el centro de control.
- Modo Automático: en este modo cada soplador trabaja según la secuencia cargada en el PLC.

Normalmente, los sopladores operan en modo manual TFC. El modo automático consiste en que el sistema de control programado en el PLC permitirá controlar la partida/parada de los sopladores por intervalos de tiempo programables.

#### **g. Control de aireadores**

El sistema de control permite controlar los aireadores en cuatro modos de operación:

- Modo manual TFC: el control de cada aireador se hace desde botoneras instaladas en el frontis del tablero de fuerza y control.
- Modo manual SCADA: el cual se realiza desde las 2 computadoras instaladas en el centro de control.
- Modo automatico2: controla la partida / parada de aireadores en cada grupo de lagunas a partir de la medición de oxígeno disuelto, esto es controlando la partida/parada de Aireadores según las necesidades de oxígeno de las aguas tratadas. La medición de oxígeno disuelto se efectúa por medio de sensores ubicados en la salida de las cuatro lagunas: LP1, LP3, LS2, LS4.
- Modo Automático1: controla la partida / parada de aireadores en cada grupo de lagunas

de acuerdo a un criterio horario, esto es un TIMER que indica en que hora dicho aireador debe partir o parar.

Todos los aireadores normalmente operan en modo automático2.

### **3.2.2 Desarrollo en el SCADA**

En el SCADA se implementa toda la funcionalidad de control de los PLC, los elementos eléctricos, mecánicos, la instrumentación de campo, etc...

El SCADA FactoryTalk de Allen Bradley ([8], [9]) facilita la inspección de las etapas de una manera panorámica, identificando el estado de cada elemento de la misma. Si se realizara alguna modificación o ampliación en la PTAR, esta podría ser fácilmente reflejada en el SCADA en la brevedad.

#### **a. Interfaz principal**

La Figura 3.14 es la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) elaborada con HMI de la PTAR Carapongo, en la que se puede apreciar el esquema completo del tratamiento que se le da a las aguas residuales. Desde esta interfaz, haciendo un clic en su figura representativa, se puede acceder a las otras interfaces: pretratamiento, laguna anaerobia y detalle de cada laguna aireadora.

Además de contar con los accesos a otros procesos de la planta, esta muestra: 1) el nivel de caudal de ingreso a la planta, 2) el nivel de turbiedad y 3) el nivel de oxígeno disuelto a la salida de cada laguna.

En esta interfaz se visualiza el estado de funcionamiento de cada aireador en su laguna respectiva mediante un LED indicador (verde: si se encuentra funcionando y rojo si se encuentra detenido).

#### **b. Pretratamiento**

La Figura 3.15 muestra en resumen el proceso de pretratamiento (desarenador). En esta pantalla se visualiza los parámetros generales de cada equipo, como son el estado de funcionamiento en el que se encuentran; si es que ocurriera alguna falla de equipo aparece un LED indicador de color amarillo intermitente que representa el símbolo de falla; en el caso de los tornillos desarenadores, reja y transportador muestran además el consumo de corriente.

Desde este resumen, haciendo un clic en su figura representativa, se puede acceder al detalle de los diversos equipos pertenecientes al pretratamiento: reja mecánica y transportadora, compuertas, bombas de limpieza, sopladores, y tornillos desarenadores.

Al ingresar al detalle de cada equipo se tendrá la opción de ejecutar los mandos SCADA de cada uno de los equipos mencionados, con la condición de que el selector ubicado en el frontis del tablero se encuentre en automático. La Figura 3.16 muestra cómo ejemplo de esta capacidad a una segunda ventana, en este caso para el tornillo.

En esta interfaz se muestra el nivel de caudal de ingreso a la planta, así como la animación del flujo de agua a través de todo el proceso. En la parte inferior izquierda, se encuentra un botón con el que se puede acceder a la configuración automática de los sopladores y tornillos.

### **c. Laguna anaerobia**

La figura 3.17 muestra el detalle del funcionamiento de la mezcladora, así como de los dos sopladores difusores. Desde esta pantalla de control se puede ejecutar los mandos SCADA de cada uno de los equipos mencionados. Se puede visualizar el estado de funcionamiento de cada equipo mediante su animación y a través del LED indicador. En la parte inferior izquierda, se encuentra un botón con el que se puede acceder a la configuración automática del mezclador y de los 2 sopladores.

### **d. Lagunas aireadoras**

La Figura 3.18 muestra las cuatro lagunas aireadoras. Desde esta pantalla se puede acceder al detalle de cada laguna haciéndole un clic a la laguna que se quiera acceder. Muestra el nivel de oxígeno disuelto a la salida de cada laguna, como el modo en el que se encuentra el selector automático (automático1, automático2) de cada laguna.

La Figura 3.19 muestra una pantalla de detalle de cada laguna. Al ingresar al detalle de cada laguna se tendrá la opción de ejecutar los mandos SCADA de cada uno de los aireadores pertenecientes a dicha laguna. En el lado izquierdo de la pantalla hay una columna de color azul que en la parte superior muestra el modo automático en el que se encuentra la laguna, en la parte inferior hay un selector que conmuta entre los dos modos Automático (automático1 y automático2). En la parte central hay dos botones de acceso a la configuración de arranque de los aireadores en modo automático (por nivel de oxígeno disuelto y por horas).

### **e. Diagrama unifilar de suministro de energía**

La Figura 3.20 muestra el monitoreo de las variables eléctricas de cada tablero del sistema: celda de llegada, media tensión, tablero general aireadores, tablero general pretratamiento, tablero general, laguna anaerobia. Todas las líneas que estén automatizadas se representarán de color verde cuando se encuentren energizadas y de color rojo cuando no se encuentran energizadas. Al hacer un clic en el medidor correspondiente a cada tablero aparecerá una tabla con los valores de las variables eléctricas: corriente (promedio de las 3 líneas), voltaje (promedio de las 3 fases), potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, energía activa, energía reactiva.

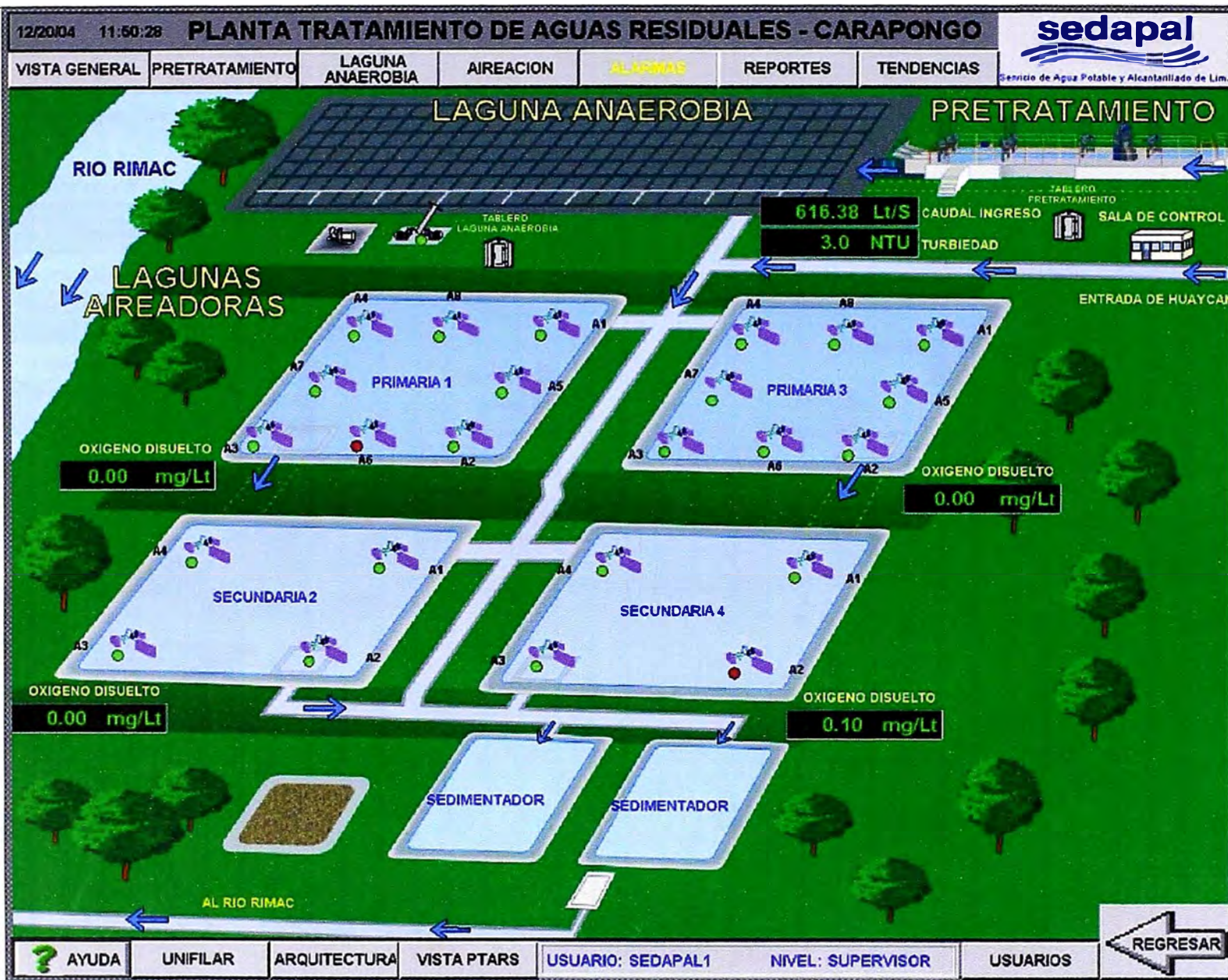


Figura 3.14 Interfaz principal Carapongo (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

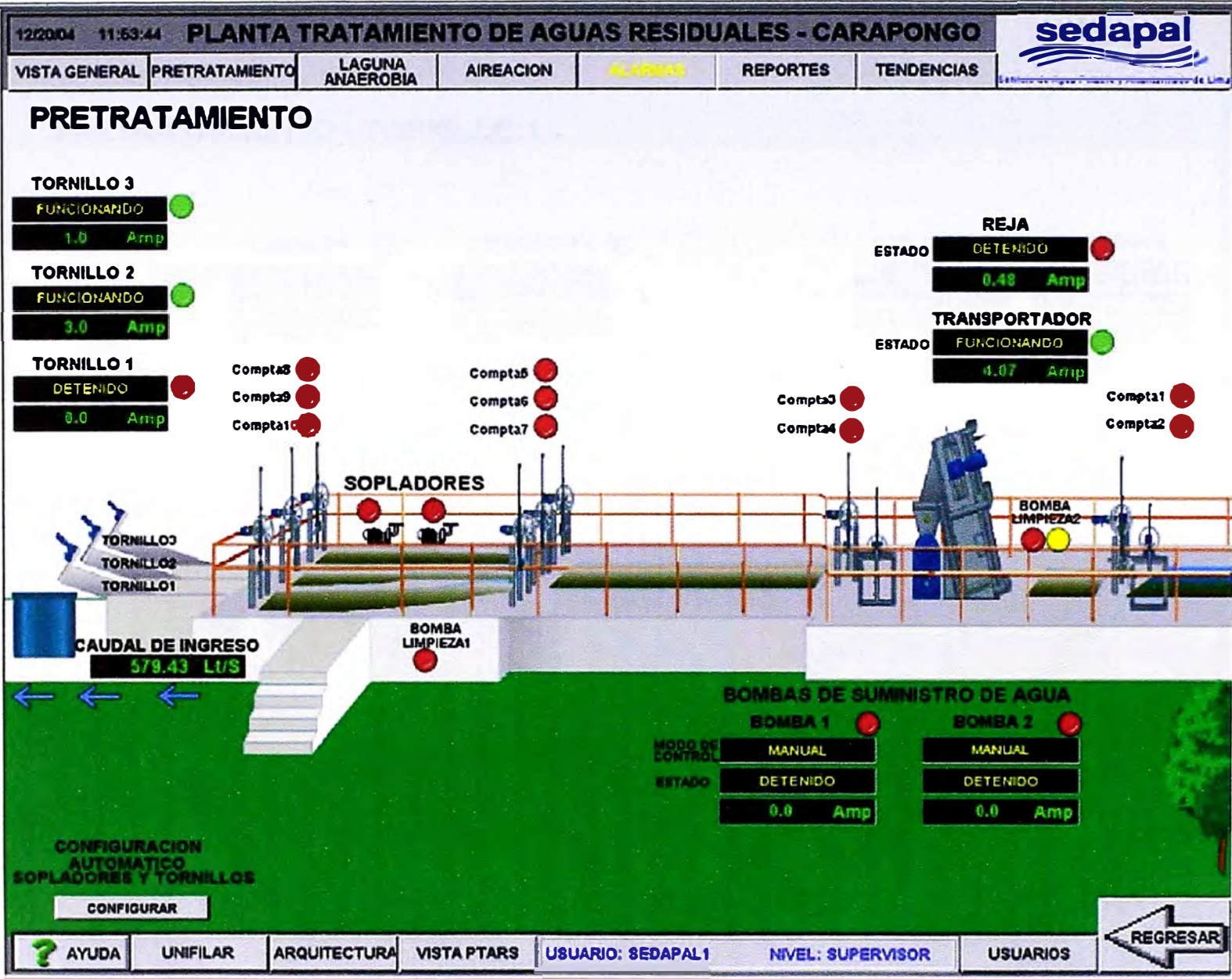


Figura 3.15 Pretratamiento (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

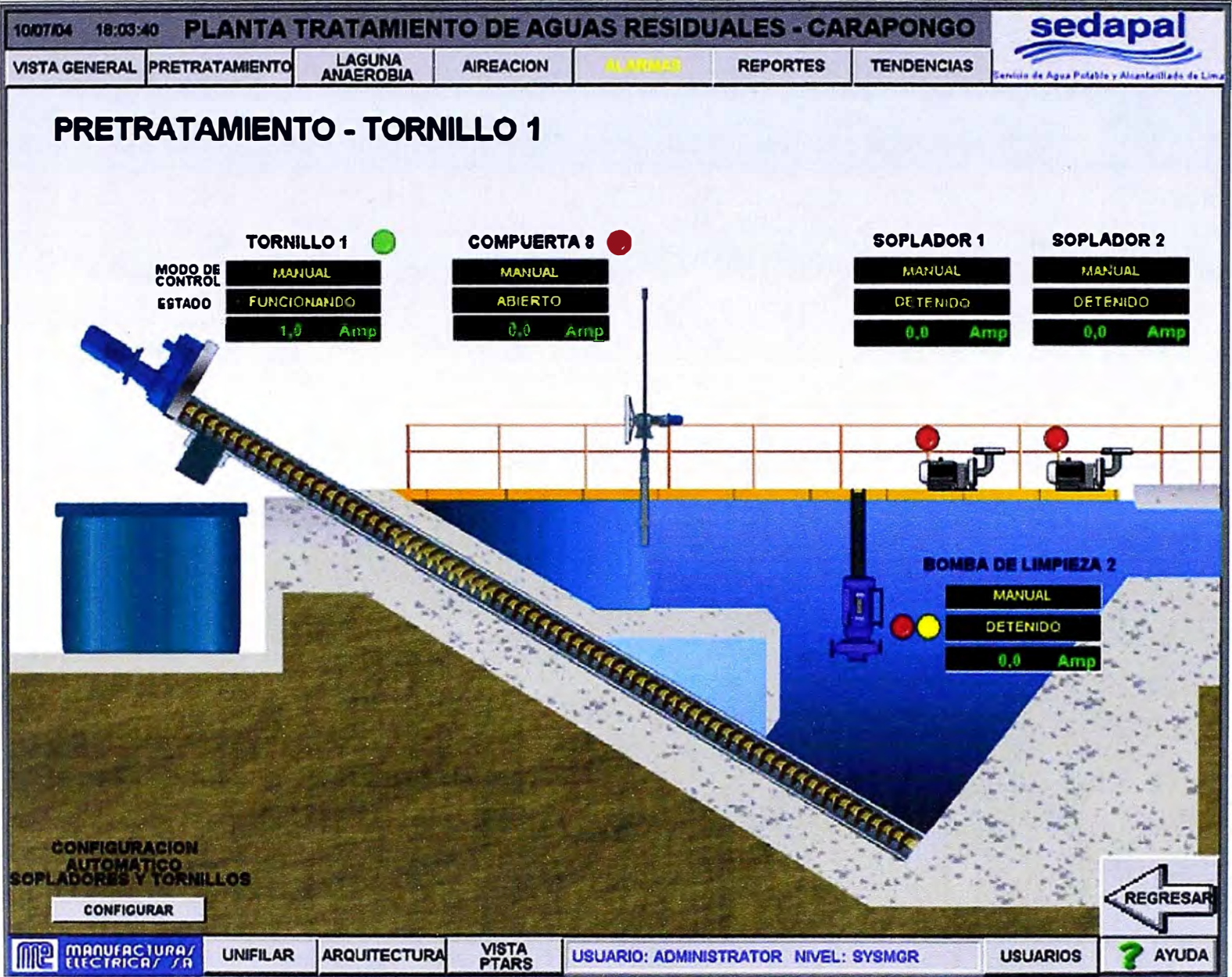


Figura 3.16 Pretratamiento-Tornillo (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

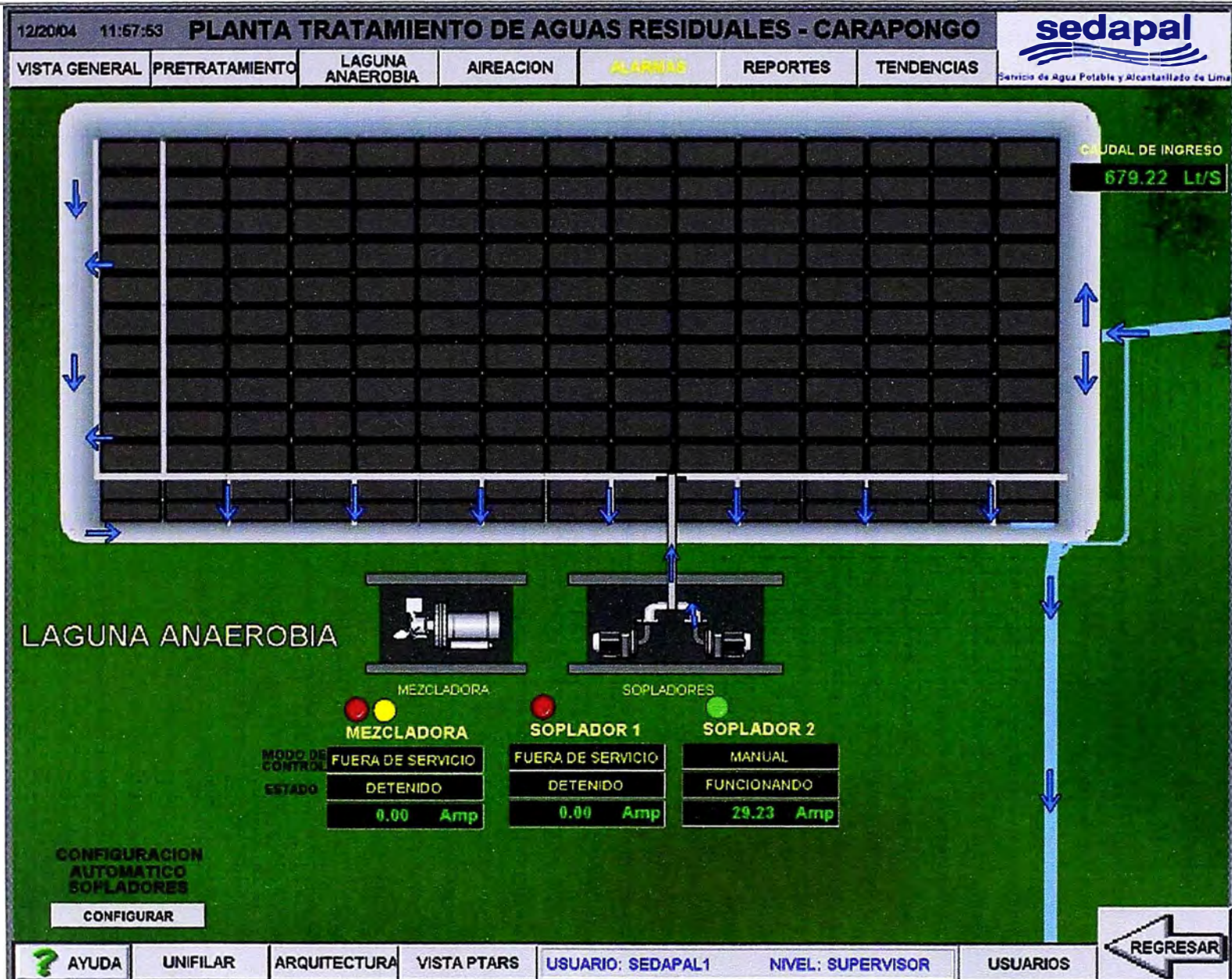


Figura 3.17 Laguna anaerobia (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)



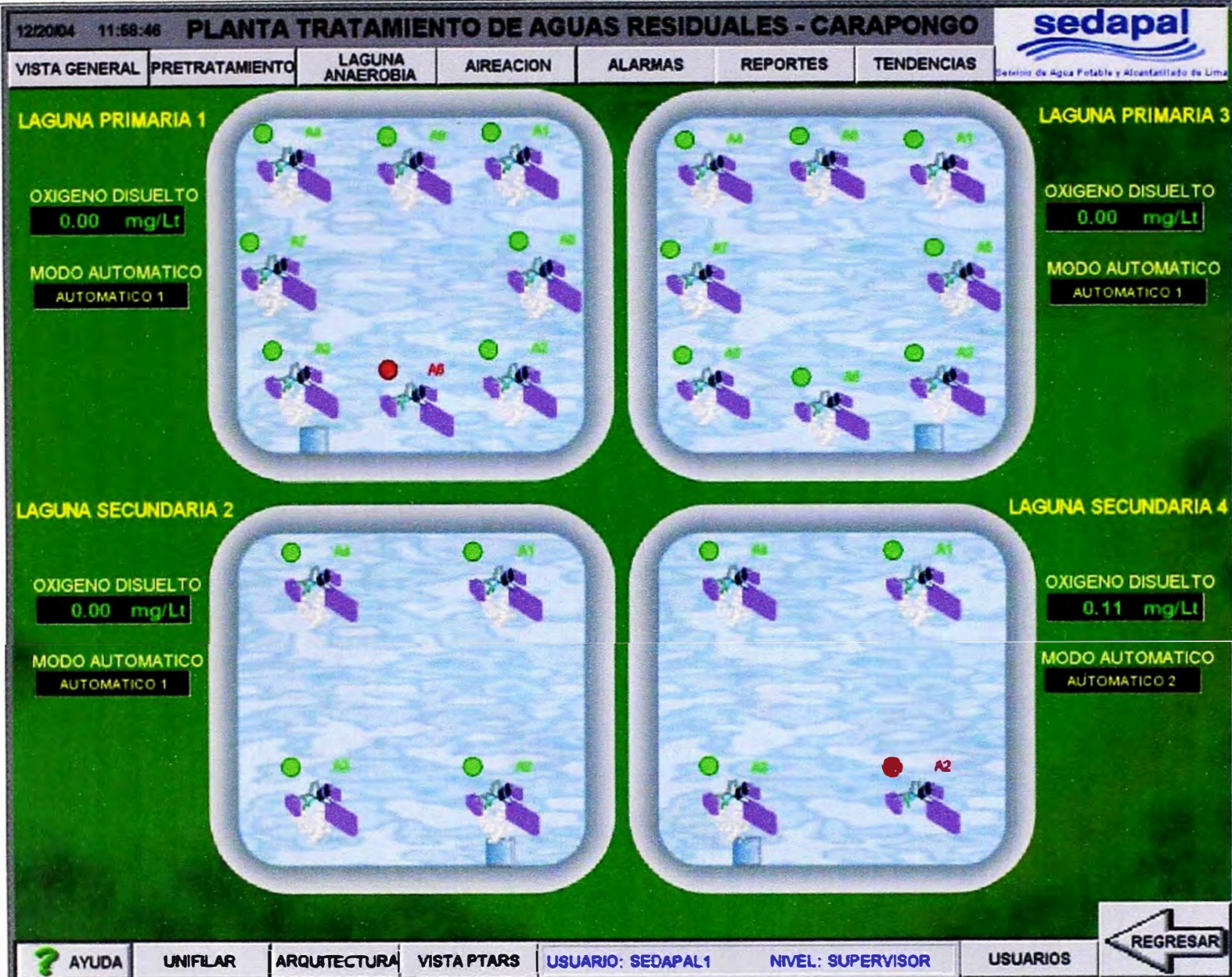


Figura 3.18 Lagunas aireadoras (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

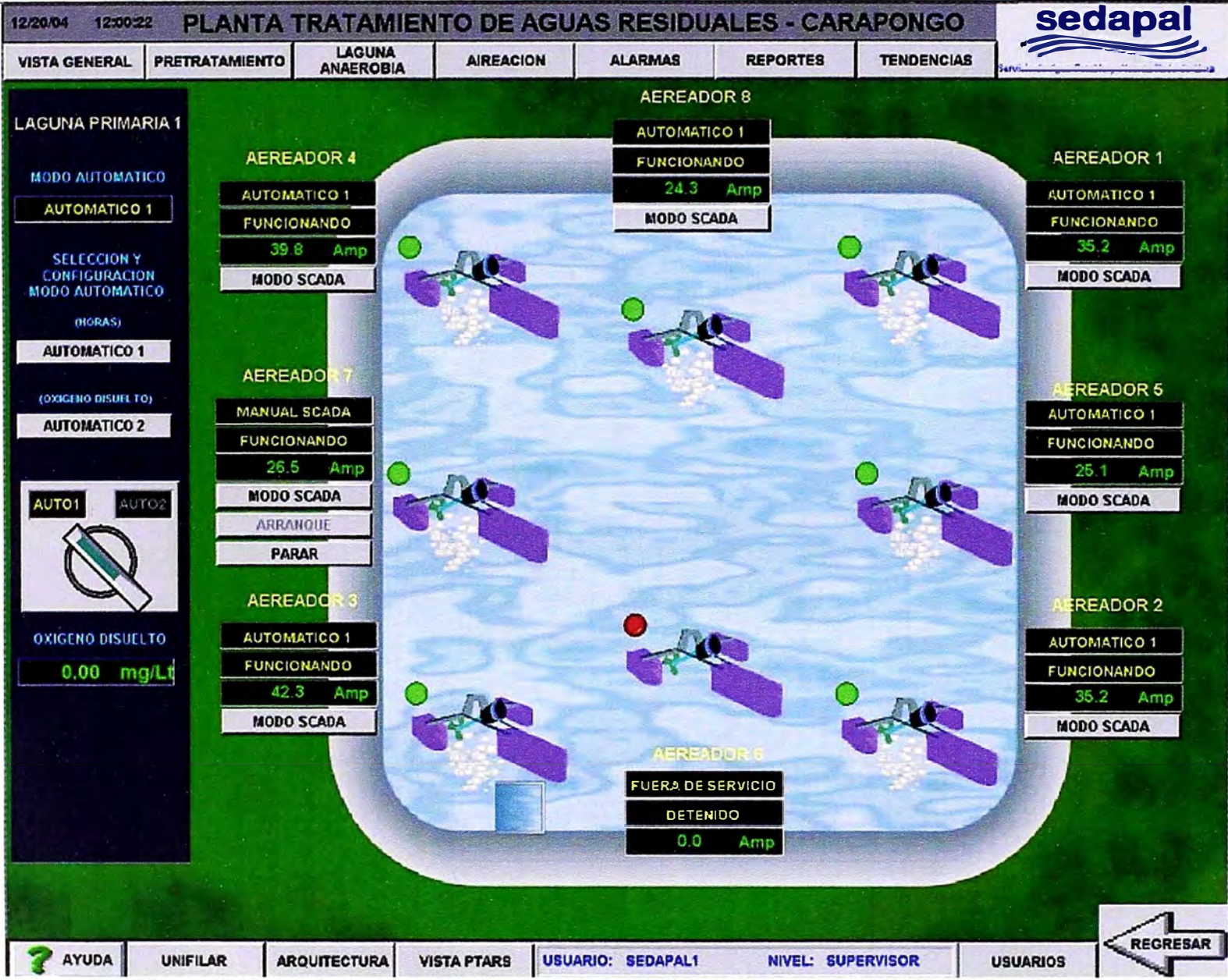


Figura 3.19 Detalle laguna de aireación (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

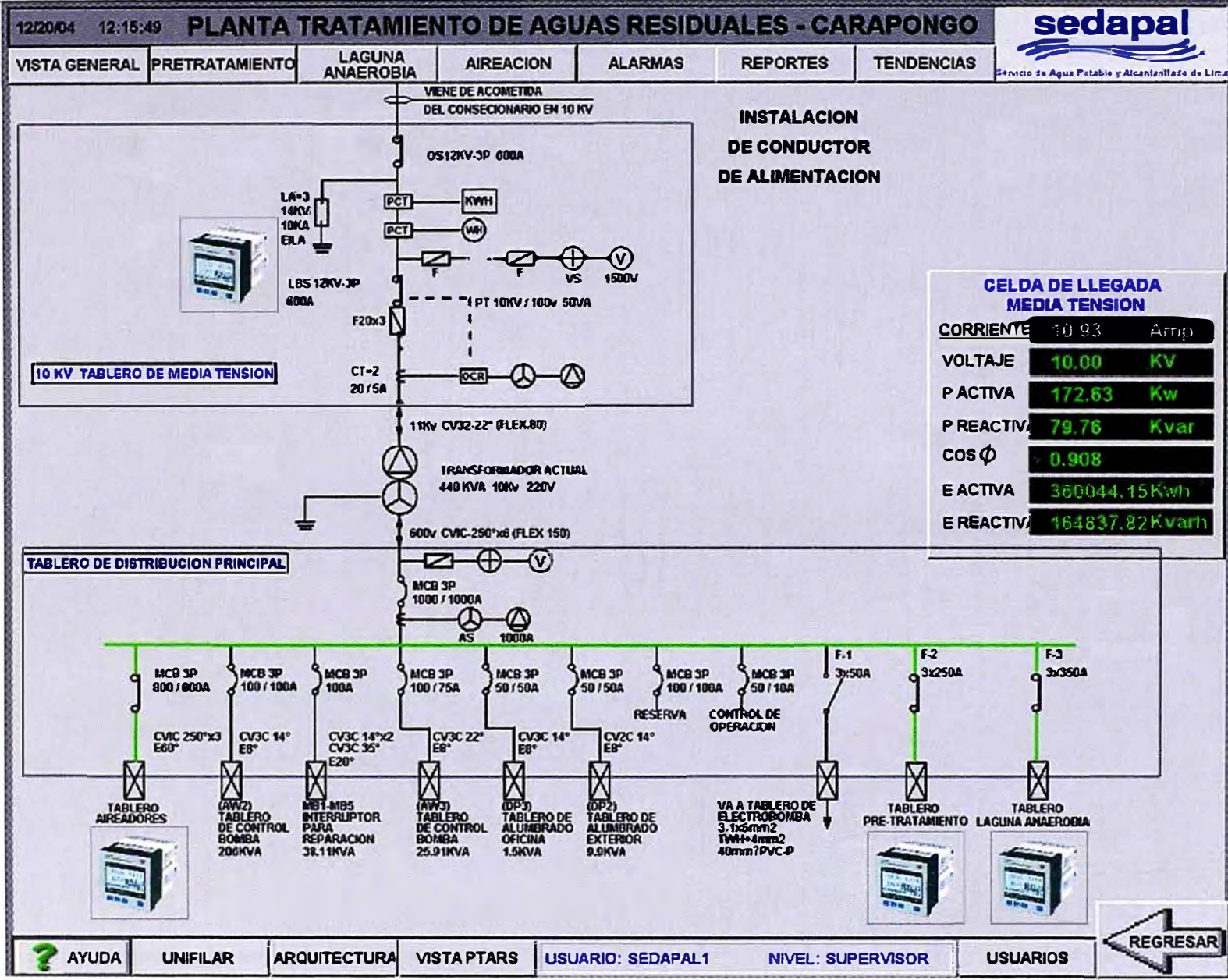


Figura 3.20 Diagrama unifilar (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

12/20/04 12:16:29

# PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES - CARAPONGO



VISTA GENERAL PRETRATAMIENTO LAGUNA ANAEROBIA AIREACION ALARMAS REPORTES TENDENCIAS

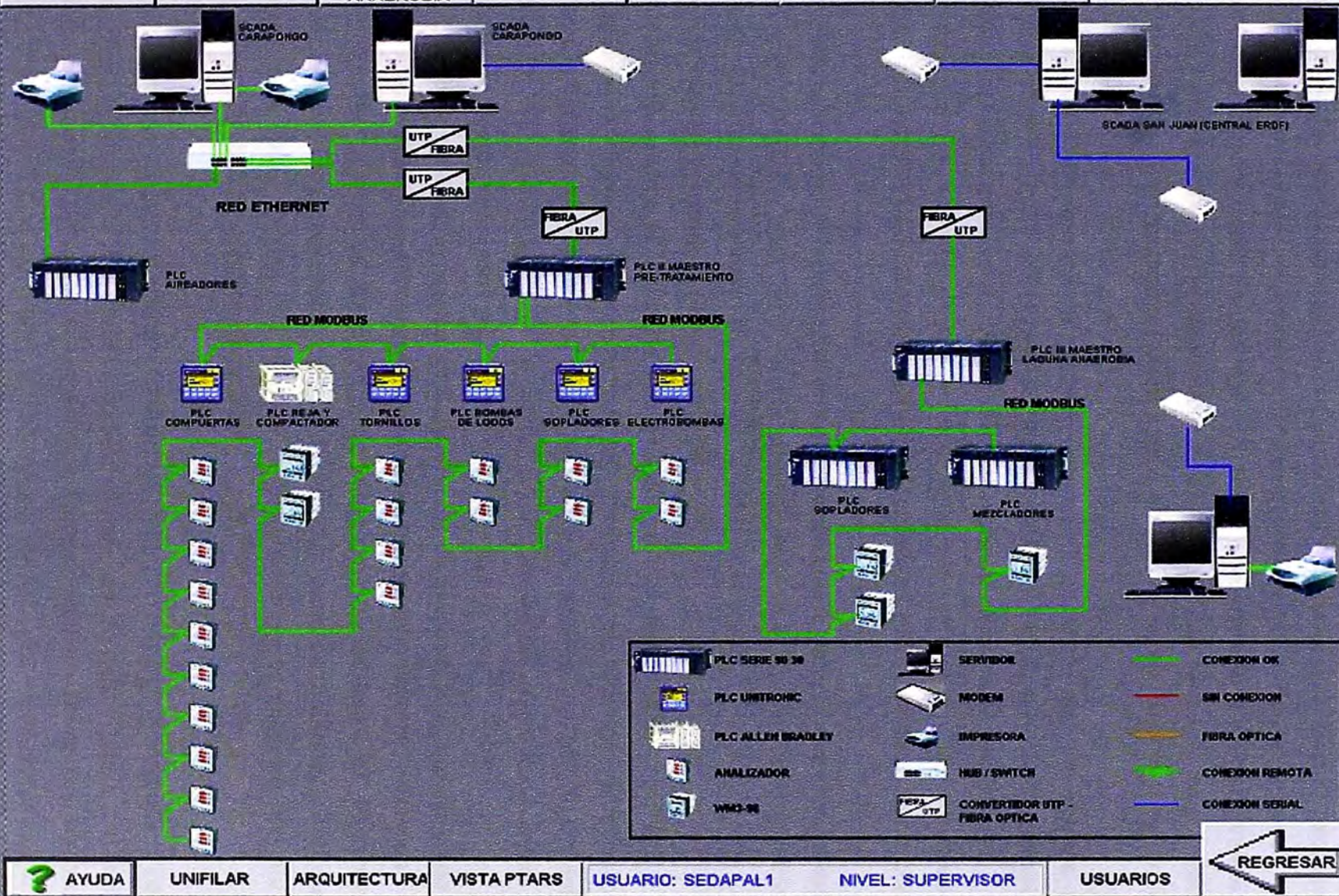


Figura 3.21 Arquitectura de control (Fuente: Manual de operación SCADA-SEDAPAL)

## **f. Arquitectura de control**

En esta interfaz (Figura 3.21) se muestra el detalle de la comunicación entre los PLC y los servidores. Así como la comunicación entre los PLC y los dispositivos conectados a su red (PLC GEFanuc, PLC Unitronics, PLC Allen Bradley, y medidores de energía).

La comunicación se detalla en una leyenda que se encuentra en la misma ventana.

Si existe comunicación con el dispositivo se tendrá una línea de color verde, mientras que si el dispositivo no se encontrará conectado o en falla de comunicación se tendrá una línea de color rojo.

Si el dispositivo se encontrará en falla, aparecerá un fondo rojo intermitente que indicará la falla del equipo. Para el caso de la comunicación remota se indicará que existe una conexión entre las estaciones mediante unas líneas de color verde intermitente.

En este esquema además se puede observar si es que uno de los servidores ha caído, esto se representa mediante la línea de conexión entre los servidores con el switch.

Esto es si la línea de conexión está en color Verde quiere decir que si hay conexión, mientras que si la línea está de color rojo quiere decir que no hay conexión con el servidor, en otras palabras quiere decir que el servidor se ha caído.

## **g. Alarmas, reportes y tendencias**

Son alfanuméricas por lo cual no se incluyen las gráficas respectivas.

En alarmas se muestra el detalle de las alarmas generadas por la aplicación, indicando la zona a la que pertenece, el tipo de falla que presento, y el estado de alarma (reconocida o no reconocida). En la parte inferior izquierda presenta botones de reconocimiento de alarmas, reset, y borrado de las mismas.

En reportes se muestra el estado de: las variables de proceso, funcionamiento de los equipos en el pretratamiento, funcionamiento de los aireadores y variables eléctricas.

En tendencias se muestra las gráficas de tendencias de las variables de proceso: caudal de ingreso, oxígeno disuelto de cada laguna, valor de turbiedad. Permite la generación de gráficos continuos y simples de tendencias en tiempo real (del día en curso) o históricos, de las variables de proceso.

## **3.3 Tableros**

Dado lo extenso de la instrumentación utilizada ([10], [11], [12], [13]) se muestra como ejemplo del equipamiento a dos tableros: tablero de bombas de lodo (TGBL), y el tablero general de reactores (TGR). El tablero general bombas de lodo se analiza en cuatro partes, fuerza (Tabla 3.2), PLC (Tabla 3.3), arranque directo para electrobomba de 5 Hp (Tabla 3.4), arranque directo para electrobomba de 10 Hp – 220 V (Tabla 3.5).

**Tabla 3.2 Fuerza** (Fuente: Propuesta Técnica PTAR Ñaña)

Cantidad	Descripción
1	Tableros de fabricación nacional metálicos autosoportados modular, paneles laterales, posterior y techo formados por plancha de acero de 1.5mm de espesor, puerta de 2mm reforzadas, grado de protección IP55, protección contra polvo y salpicadura de agua, para uso interior, placa de montaje regulable y zócalo reforzado. Con un sistema climatizado con resistencia calefactor e higrostató para disipar la humedad y ventiladores para minimizar el calor.
1	Interruptor / Conmutador In=10A Detector de apertura de puerta
1	Lámpara de fijación mediante riel DIN, 11 W, 220V
1	Sistema de ventilación: extractor 98m <sup>3</sup> /h, rejilla, termostato.
1	Interruptor termo magnético regulable 80-100Amp con envolvente moldeado, Icu=85KA en 220V Marca: Schneider Electric.
1	Analizador de redes POWER METER 710, con puerto de comunicación RS485
3	Transformador de corriente 100A/5A, 2,5VA, Nivel de aislamiento: 0.6KV a 10kv BIL Onda completa, Marca: Allen-Bradley
5	Bloque de fusible de 4mm IEC, para fusible de 5x20mm, Marca: Allen-Bradley
1	Relé de protección de mini/maxi tensión, pérdida de fase, desequilibrio y secuencia de fase, Marca: Allen-Bradley
2	Mini contactor auxiliar, 4NA, 230V 50/60Hz, Marca: Allen-Bradley.
1	Block contacto auxiliar, 4NA, Marca: Allen-Bradley.
3	Bloque de fusible de 4mm IEC, para fusible de 5x20mm, Marca: Allen-Bradley
1	Selector de 3 polos, 12 Amp. (Local-0-Remoto). Marca: Allen-Bradley.
1	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.
2	Mini contacto auxiliar, 4NA, 230V 50/60Hz, Marca: Allen-Bradley.
2	Block contacto auxiliar, 4NA, Marca: Allen-Bradley.

**Tabla 3.3 PLC** (Fuente: Propuesta Técnica PTAR Ñaña)

Cantidad	Descripción
1	CompactLogix L2x Controller, 1 serial port, 1 EtherNet/IP port, 512KB memory, 16 DC in, 16 DC out, up to 2 1769 I/O expansion modules or 1769 Communication modules
1	32 Point 24 VDC Input Module
1	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module
1	Modulo de comunicación ModBus 1769-SM2 Compact I/O DSI.
1	PanelView Plus 400, 3.8" Grayscale Display, Keypad, EtherNet, RS-232 & Modular Communications, DC Input
1	Stratix 2000 Switch, Unmanaged, 5 Copper Ports
2	Patchcord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-Conductor, Teal Robotic TPE, Flex Rated,
2	Fuente de 72W-3A, 24Vdc, modelo compacto, entrada 100...240Vac
4	Interruptor automático modular de 2x6, curva de disparo C (5...10 In)
2	Conmutador de 12 Amp. (Línea-0-UPS). Marca: Allen-Bradley.
2	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.

**Tabla 3.4** Arranque directo para 4 electrobombas de 5HP - 220v (Fuente: Ídem)

Cantidad.	Descripción
4	Interruptor para protección de motor (Guardamotor) Termomagnético regulable de 10...16Amp, corriente máxima de falla 5KA, disparo magnético 13xle, Marca: Allen-Bradley.
4	Bloque de contactos de disparo 1NA + 1NC de montaje Frontal para guardamotor, Marca: Allen-Bradley.
4	Bloque de contactos auxiliar para guardamotor de 2NA de montaje Lateral Derecho, Marca: Allen-Bradley.
4	Contactador de Línea, con corriente de operación nominal de 3x16Amp en AC3, bobina 220Vac, Marca: Allen-Bradley.
4	Bloque de contactos auxiliares, contactos: 4NA, para contactor serie 100-C, Marca: Allen-Bradley.
4	Relé de interposición 4 contactos NA/NC bobina 220Vac, para multiplicar la parada de Emergencia, Marca: Allen-Bradley.
4	Base para relé de interposición + Clip de Retención para relé de interposición, Marca: Allen-Bradley.
4	Selector de 3 polos, 12 Amp. (Manual-0-Automático). Marca: Allen-Bradley.
4	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.
4	Pulsador rasante verde 1NA, 22mm. Allen Bradley.
4	Pulsador rasante rojo 1NC, 22mm. Allen Bradley.
4	Piloto rasante rojo bobina 220Vac, Marca: Allen-Bradley.
4	Piloto rasante verde bobina 220Vac, Marca: Allen-Bradley.

**Tabla 3.5** Arranque directo para 4 electrobombas de 10HP - 220v (Fuente: Ídem)

Cantidad	Descripción
4	Interruptor para protección de motor (Guardamotor) Termomagnético regulable de 23...32Amp, corriente máxima de falla 5KA, disparo magnético 13xle, Marca: Allen-Bradley.
4	Bloque de contactos de disparo 1NA + 1NC de montaje frontal para guardamotor, Marca: Allen-Bradley.
4	Bloque de contactos auxiliar para guardamotor de 2NA de montaje lateral derecho, Marca: Allen-Bradley.
4	Contactador de línea, con corriente de operación nominal de 3x37Amp en AC3, bobina 220Vac, Marca: Allen-Bradley.
4	Bloque de contactos auxiliares, contactos: 4NA, para contactor serie 100-C, Marca: Allen-Bradley.
4	Relé de interposición 4 contactos NA/NC bobina 220Vac, para multiplicar la parada de emergencia, Marca: Allen-Bradley.
4	Base para relé de interposición + clip de retención para relé
4	Selector de 3 polos, 12 Amp. (Manual-0-Automático). Marca: Allen-Bradley.
4	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.
4	Pulsador rasante verde 1NA, 22mm. Allen Bradley.
4	Pulsador rasante rojo 1NC, 22mm. Allen Bradley.
4	Piloto rasante rojo bobina 220Vac, Marca: Allen-Bradley.
4	Piloto rasante verde bobina 220Vac, Marca: Allen-Bradley.

El Tablero de general de reactores se analiza en tres partes, Fuerza (Tabla 3.6), PLC (Tabla 3.7), arranque con variador para electrobomba de 40 Hp (Tabla 3.8),

**Tabla 3.6 Fuerza (Fuente: Ídem)**

Cantidad	Descripción
7	Tableros de fabricación nacional metálicos autosoportados modular, paneles laterales, posterior y techo formados por plancha de acero de 1.5mm de espesor, puerta de 2mm, reforzadas, grado de protección IP55, protección contra polvo y salpicadura de agua, para uso interior, placa de montaje regulable y zócalo reforzado. Climatización similar.
7	Interruptor / conmutador In=10A detector de apertura de puerta
7	Sistema de ventilación: extractor 98 m <sup>3</sup> /h, rejilla, termostato.
1	Interruptor termomagnético regulable 320-800Amp con envolvente moldeado, Icu=85KA en 220V Marca: Schneider Electric.
1	Lámpara de fijación mediante riel DIN, 11 W, 220V
1	Relé de protección de mini/maxi tensión, pérdida de fase, desequilibrio y secuencia de fase, Marca: Allen-Bradley
2	Mini contactor auxiliar, 4NA, 230V 50/60Hz, Marca: Allen-Bradley.
2	Block contacto auxiliar, 4NA, Marca: Allen-Bradley.
3	Bloque de fusible de 4mm IEC, para fusible de 5x20mm, Marca: Allen-Bradley
1	Selector de 3 polos, 12 Amp. (Local-0-Remoto). Marca: Allen-Bradley.
1	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.
4	Mini contactor auxiliar, 4NA, 230V 50/60Hz, Marca: Allen-Bradley.
4	Block contacto auxiliar, 4NA, Marca: Allen-Bradley.

**Tabla 3.7 PLC (Fuente: Ídem)**

Cantidad	Descripción
1	CompactLogix L2x Controller, 1 serial port, 1 EtherNet/IP port, 512KB memory, 16 DC in, 16 DC out, up to 2 1769 I/O expansion modules or 1769 communication modules
2	32 Point 24 VDC Input Module
1	Modulo de comunicación ModBus 1769-SM2 Compact I/O DSI.
1	PanelView Plus 400, 3.8" grayscale display, keypad, EtherNet, RS-232 & modular communications, DC Input
1	Stratix 2000 Switch, unmanaged, 5 Copper ports
2	Patchcord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-conductor, teal robotic TPE, flex rated, 2 meters (6.56 feet)
2	Fuente de 120W-5A, 24Vdc, 180...264Vac
1	Interruptor automático modular de 2x25, curva de disparo D (10...20 In)
1	Interruptor automático modular de 2x30, curva de disparo D (10...20 In)
1	Interruptor automático modular de 2x15, curva de disparo C (5...10 In)
4	Interruptor automático modular de 2x6, curva de disparo C (5...10 In)
2	Conmutador de 12 Amp. (Linea-0-UPS). Marca: Allen-Bradley.
2	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.



**Tabla 3.8** Arranque con variador para 4 electrobombas de 40 Hp - 440v (Fuente: Id.)

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
4	Interruptor termomagnético regulable 80-100Amp con envoltorio moldeado, Icu=85KA en 220V Marca: Schneider Electric.
4	Analizador de redes POWER METER 710, con puerto de comunicación RS485
12	Transformador de corriente 100A/5A, 2,5VA, nivel de aislamiento: 0.6KV a 10kv BIL Onda completa, Marca: Allen-Bradley
20	Bloque de fusible de 4mm IEC, para fusible de 5x20mm, Marca: Allen-Bradley
4	Contactador tripolar de línea 3x85A en AC3 bobina 220Vac, 1NA.
4	Filtro externo PowerFlex 400, 180-500V, 3PH, 100A
4	Variador PowerFlex 400, 380-480V, 3PH, 72A, 37 KW, IP30, Tamaño D
	Control:
4	Selector de 3 polos, 12 Amp. (Manual-0-Automático). Marca: Allen-Bradley.
4	Accionamiento tipo A, 60°, 1-0-2, 48x48mm, OH12, Marca: Allen-Bradley.
4	Pulsador rasante verde 1NA
4	Pulsador rasante rojo 1NC
4	Piloto led verde 220Vac
4	Piloto led rojo 220Vac
4	Relé industrial compacto 4NA, bobina 220v
16	Relé de interposición 4 contactos NA/NC bobina 220Vac, para multiplicar la parada de emergencia y control de relés de arrancador, Marca: Allen-Bradley.
16	Base para relé de interposición + clip de retención para relé de interposición, Marca: Allen-Bradley.
1	Interruptor automático modular de 2x6, curva de disparo C (5...10 In)
4	Mod. comunicación clase4, para Ethernet/IP
1	Stratix 2000 Switch, unmanaged, 8 copper ports
5	Patchcord: RJ45 Male / RJ45 Male, 4-conductor, teal robotic TPE, flex rated, 2 meters (6.56 feet)

## CAPÍTULO IV CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA

En el presente capítulo se describen los aspectos relacionados con la configuración de la planta y su funcionamiento.

### 4.1 Configuración automática de los sopladores

Cada soplador tiene tres rangos de configuración (rango1, rango2, rango3), así como un botón para confirmar los nuevos rangos y un botón para resetear los rangos.

Para configurar los rangos en los cuales el equipo estará funcionando, se tendrá que ingresar cuatro parámetros (hora de arranque, minuto de arranque, hora de parada, minuto de parada). Para hacer un buen uso de esta configuración es necesario fijar los valores que haya en la configuración del equipo; además de ingresar los nuevos rangos de funcionamiento, haciendo clic a rango 1, y en orden creciente (de una hora menor o rango1 a una hora mayor o rango3). También se debe confirmar los nuevos rangos de valores para el funcionamiento de los equipos (Figura 4.1)

The screenshot displays the configuration interface for 'SOPLADOR 1'. The main window has a green background and a title bar with 'CONFIGURACIÓN DE HORAS' and 'SOPLADOR 1'. Under the heading 'RANGO DE FUNCIONAMIENTO', three ranges are listed: 'DE 08:00 hrs A 11:00 hrs', 'DE 20:00 hrs A 23:00 hrs', and 'DE 00:00 hrs A 00:00 hrs'. A button labeled 'RANGO 1' is positioned to the right of the first range. At the bottom of the main window are two buttons: 'CONFIRMAR' and 'RESET'. An overlaid dialog box titled 'RANGO 1' contains the instruction 'INGRESE LOS HORARIOS RESPECTIVOS EN FORMATO DE 0 A 24'. It features input fields for 'INICIO' (08 HRS, 00 MIN) and 'FINAL' (11 HRS, 00 MIN), along with 'OK' and 'Cancel' buttons.

Figura 4.1 Configuración de rangos de funcionamiento (Fuente: SCADA)

### 4.2 Configuración automática de los tornillos

Cada tornillo tiene un rango de configuración, así como un botón para confirmar los nuevos rangos y un botón para resetear los rangos. Para configurar el rango en el cual el tornillo estará funcionando y detenido, se tiene que ingresar cuatro parámetros (hora y minuto en el cual se encontrará funcionando, hora y minuto en el cual se encontrará en reposo). Para hacer un buen uso de esta configuración se debe deshacer los valores que

haya en la configuración del equipo (haciendo un clic al botón reset); luego ingresar los nuevos rangos de funcionamiento empezando por el tornillo1 y finalmente confirmar los nuevos rangos de valores para el funcionamiento y reposo de los tornillos (Figura 4.2).

CONFIGURACION DE HORAS		TORNILLOS
EN MARCHA	EN REPOSO	
02:00 hrs	03:00 hrs	TORNILLO 1
00:00 hrs	00:00 hrs	
00:00 hrs	00:00 hrs	

**CONFIRMAR** **RESET**

**TORNILLO 1**

INGRESE LOS HORARIOS RESPECTIVOS EN FORMATO DE 0A 24

FUNCIONAMIENTO  HRS  MIN

APAGADO  HRS  MIN

**OK** **Cancel**

**Figura 4.2** Configuración tornillos sinfín (Fuente: SCADA)

Es necesario además la configuración de la hora del PLC de pretratamiento, así como la sincronización de los otros PLC (aireadores y laguna anaerobia) lo que se tendrá que hacer es configurar los parámetros de tiempo que se deseen (año PLC, mes PLC, día PLC, hora PLC, minuto PLC, segundo PLC), y luego de ingresar estos valores se deberá hacer un clic en el botón de confirmar (al hacer esto todos los PLC tendrán los mismos parámetros de tiempo). Ver Figura 4.3.

**CONFIGURACION HORA PLC**

**AÑO**

**MES**

**DIA**

**HORA**

**MINUTO**

**SEGUNDO**

**CONFIRMAR**

**FECHA Y HORA PLC** **12/20/04 13:43:19**

**Figura 4.3** Configuración hora PLC

### 4.3 Configuración automática del mezclador y sopladores

Cada soplador y el mezclador tienen tres rangos de configuración (rango1, rango2, rango3), así como un botón para confirmar los nuevos rangos y un botón para resetear los rangos.

Para configurar los rangos en los cuales el equipo estará funcionando, se tendrá que ingresar cuatro parámetros (hora de arranque, minuto de arranque, hora de parada, minuto de parada). Para hacer un buen uso de esta configuración es necesario fijar los valores que haya en la configuración del equipo (haciendo un clic al botón reset), luego ingresar los nuevos rangos de funcionamiento empezando por el rango1 y en orden creciente (de una hora menor o rango1 a una hora mayor o rango3), finalmente confirmar los nuevos rangos de valores para el funcionamiento de los equipos (Figura 4.4). La gráfica es similar para el soplador.



Figura 4.4 Configuración de mezclador (Fuente: SCADA)

### 4.4 Configuración por nivel de oxígeno disuelto (automático2)

Cada laguna presenta 4 rangos de configuración, el rango máximo ha sido definido para que sea un valor de 10 mg/lit. Si la medición de oxígeno disuelto se encuentra en el primer rango, partirán todos los aireadores que hayan sido configurados desde esta pantalla en ese rango, y lo mismo ocurrirá con los subsiguientes rangos. Para hacer un buen uso de esta configuración se debe fijar los valores que haya en la configuración de los aireadores, luego se debe ingresar los nuevos rangos de oxígeno disuelto empezando por el rango1 y en orden creciente de un valor menor a un valor mayor (como máximo será de 10 mg/lit); después seleccionar los aireadores que se quiera poner en funcionamiento cuando el nivel de oxígeno disuelto llegue a dicho valor; finalmente se debe confirmar los nuevos rangos de valores para los cuales los aireadores entrarán en funcionamiento (Figura 4.5).

## CONFIGURACION SISTEMA AUTOMATICO 2 OXIGENO DISUELTO

### LAGUNA PRIMARIA 1

0.00 mg/Lt

CONFIGURACION DE 0 A 20 mg/lit		AEREADORES							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
RANGO ACTUAL									
DE 0.00 A 1.10	RANGO 1	X	X	X	X	X	X	X	X
DE 1.10 A 4.00	RANGO 2	X	X	X	X	X	X	X	X
DE 4.00 A 7.01	RANGO 3								
DE 7.01 A 10.00	RANGO 4								
<span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">CONFIRMAR</span> <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">RESET</span>									

### LAGUNA SECUNDARIA 2

0.00 mg/Lt

CONFIGURACION DE 0 A 20 mg/lit		AEREADORES							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
RANGO ACTUAL									
DE 0.00 A 2.30	RANGO 1	X	X	X	X				
DE 2.30 A 5.60	RANGO 2	X	X	X	X				
DE 5.60 A 7.50	RANGO 3								
	RANGO 4								
<span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">CONFIRMAR</span> <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">RESET</span>									

**RANGO 3**
X

INGRESE UN VALOR.

### LAGUNA PRIMARIA 3

0.00 mg/Lt

CONFIGURACION DE 0 A 20 mg/lit		AEREADORES							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
RANGO ACTUAL									
DE 0.00 A 2.30	RANGO 1	X	X	X	X	X	X	X	X
DE 2.30 A 3.60	RANGO 2	X	X	X	X	X	X	X	X
DE 3.60 A 5.98	RANGO 3								
DE 5.98 A 10.00	RANGO 4								
<span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">CONFIRMAR</span> <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">RESET</span>									

### LAGUNA SECUNDARIA 4

0.08 mg/Lt

CONFIGURACION DE 0 A 20 mg/lit		AEREADORES							
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
RANGO ACTUAL									
DE 0.00 A 1.00	RANGO 1	X	X	X	X				
DE 1.00 A 2.00	RANGO 2	X	X	X	X				
DE 2.00 A 3.00	RANGO 3	X	X	X	X				
DE 3.00 A 10.00	RANGO 4								
<span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">CONFIRMAR</span> <span style="background-color: red; color: white; padding: 2px 10px;">RESET</span>									

Figura 4.5 Configuración de sistema automático oxígeno disuelto (Fuente: SCADA)

CONFIGURACION SISTEMA AUTOMATICO 1 HORARIO																											
CONFIGURACION	AERADORES LAGUNA PRIMARIA 1								AERADORES LAGUNA PRIMARIA 3								LAGUNA SECUNDARIA 2				LAGUNA SECUNDARIA 4						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A1	A2	A3	A4	A1	A2	A3	A4			
HORA 0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
HORA 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 22	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HORA 23	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Figura 4.6 Configuración de sistema automático oxígeno disuelto (Fuente: SCADA)

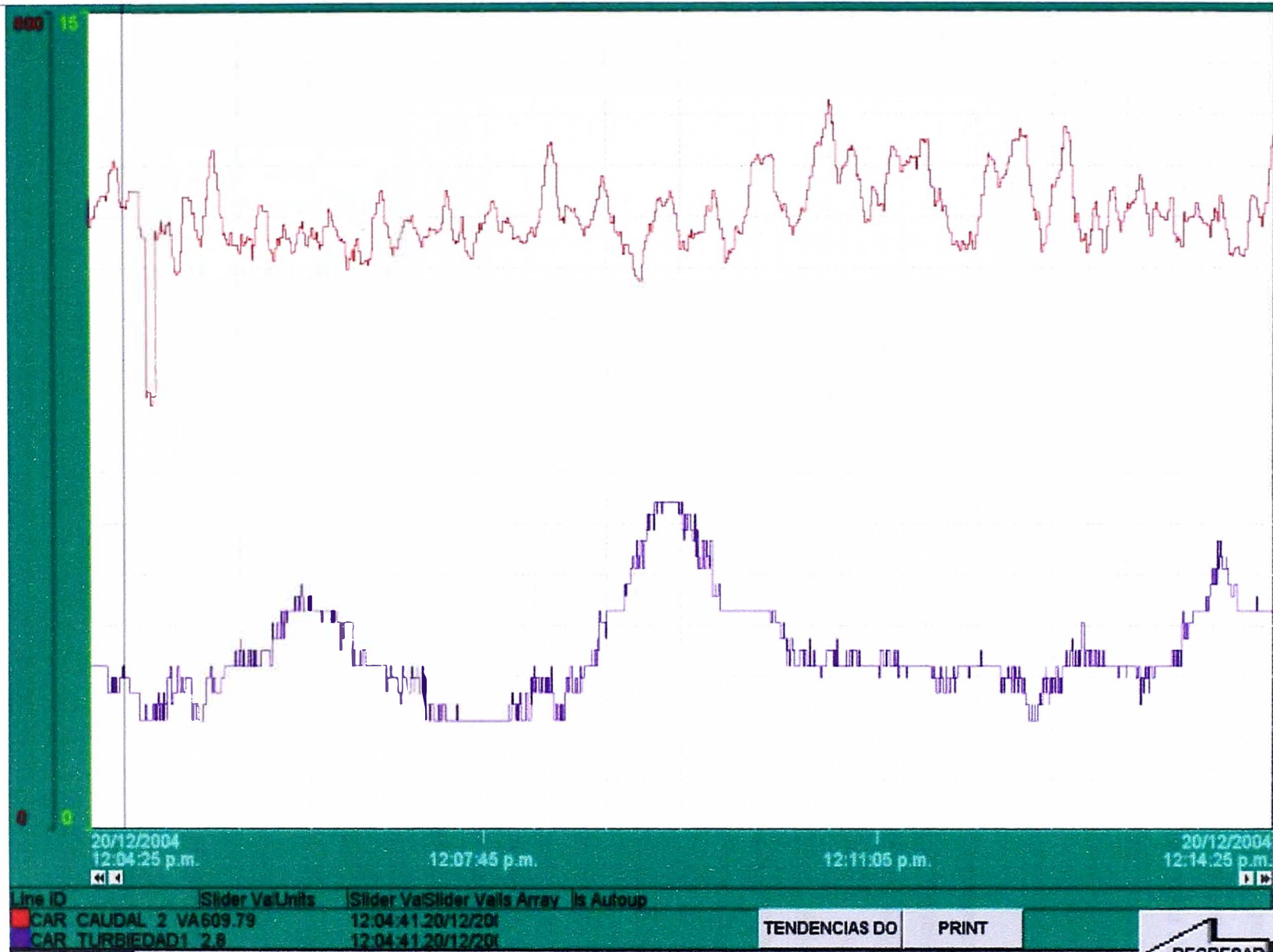


Figura 4.7 Tendencias (Fuente: SCADA)

#### **4.5 Configuración automático1 (por horas)**

En esta pantalla (Figura 4.6) se muestra la configuración de horas (0 a 23), en los que cada aireador ordenados por laguna puede encender. Para la configuración se debe seleccionar la fila del aireador con la columna de hora en la que se desea poner en funcionamiento al aireador, esto hará que aparezca una X que representará su selección, si el aireador que se quiere encender esta seleccionado en dos o más horas consecutivas, permanecerá encendido hasta encontrar una hora en la que no haya sido seleccionado.

#### **4.6 Tendencias**

Muestra las gráficas de tendencias (Figura 4.7) de las variables de proceso: caudal de ingreso, oxígeno disuelto de cada laguna, valor de turbiedad. Permite la generación de gráficos continuos y simples de tendencias en tiempo real (del día en curso) o históricos, de las variables de proceso. Se permite el cambio de escala del tiempo, avances y retrocesos en el tiempo o despliegue de un lapso específico de tiempo. Además se despliega en el mismo gráfico más de una variable a la vez, cada una con su escala ajustable y su unidad de ingeniería.

#### **4.7 Configuración en pretratamiento**

La configuración que se puede realizar en esta parte del proceso es sobre los sopladores difusores y los tornillos desarenadores.

##### **4.7.1 Configuración automática de los sopladores**

Cada soplador tiene tres rangos de configuración (rango1, rango2, rango3), así como un botón para confirmar los nuevos rangos y un botón para resetear los rangos. Para configurar los rangos en los cuales el equipo estará funcionando, se tendrá que ingresar cuatro parámetros (hora de arranque, minuto de arranque, hora de parada, minuto de parada). Se debe fijar los valores que haya en la configuración del equipo; ingresar los nuevos rangos de funcionamiento y confirmar los nuevos rangos de valores para el funcionamiento de los equipos.

##### **4.7.2 Configuración automática de los tornillos**

Cada tornillo tiene un rango de configuración, así como un botón para confirmar los nuevos rangos y un botón para resetear los rangos. Para configurar el rango en el cual el tornillo estará funcionando y detenido, se tiene que ingresar cuatro parámetros (hora y minuto en el cual se encontrará funcionando, hora y minuto en el cual se encontrará en reposo). Se debe fijar los valores que haya en la configuración del equipo, e ingresar los nuevos rangos de funcionamiento empezando por el tornillo1.

#### **4.8 Configuración modo SCADA**

El modo SCADA se refiere a tomar el control del equipo desde los botones virtuales



en el Computador, es decir se podrán encender o apagar los diferentes equipos que tengan esta opción habilitada desde el Computador en el momento en el que el operador SCADA lo crea conveniente. Para ejemplo de ello se muestra el funcionamiento del modo SCADA de un aireador (Figura 4.8).



**Figura 4.8** Aireador en SCADA (Fuente: SCADA)

## CAPÍTULO V GESTIÓN DE TIEMPO Y DE COSTOS

En el presente capítulo se tocan los temas involucrados al presupuesto y al cronograma del proyecto de ingeniería.

### 5.1 Presupuesto

En la Tabla 5.1 se muestra la estructura de costos simplificada.

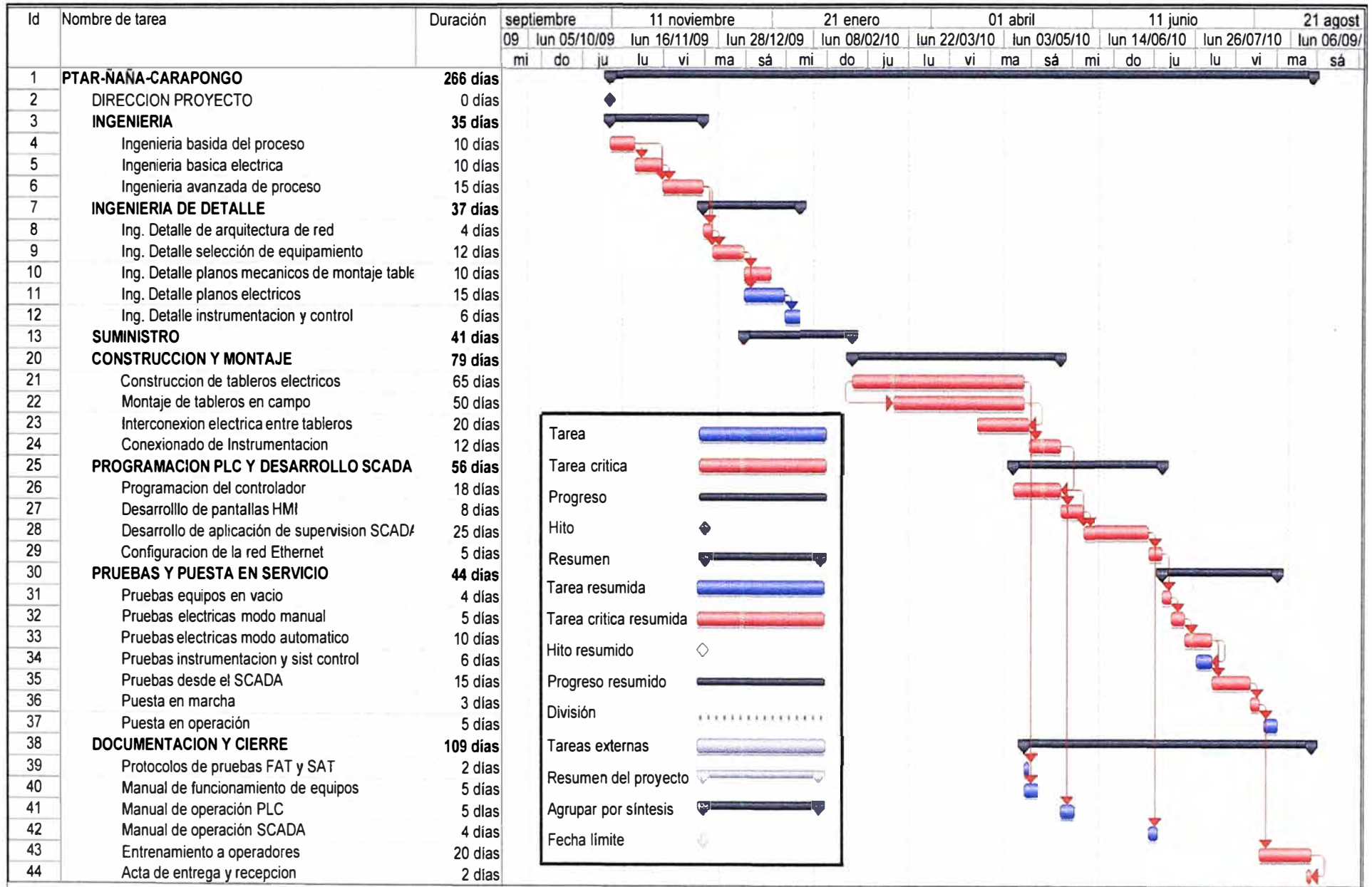
**Tabla 5.1** Presupuesto simplificado (Fuente: Propuesta económica PTAR)

Equipamiento de tableros eléctricos	US \$	<b>270,973.23</b>
Fabricación de tableros eléctricos	US \$	<b>21, 888,.77</b>
SCADA Factory Talk, desarrollo y puesta en marcha	US \$	<b>22,495.00</b>
Hardware servidor	US \$	<b>23,210.00</b>
Software de programación RSLOGIX 5000 , con licencia	US \$	<b>4,982.00</b>
<b>Total Valor Venta</b>		<b>343,549.00</b>
I.G.V. 19%	US \$	<b>65,274.31</b>
<b>Total Precio Venta</b>	US \$	<b>408,823.31</b>

En total son 31 tableros eléctricos (de instrumentación, eléctricos, de arranque, etc.).

Respecto al segundo ítem, la fabricación de tableros eléctricos consta de lo siguiente:

- Ingeniería: supervisión y puesta en marcha de todas las estaciones.
- Esquemas eléctricos de los tableros, planos de fuerza, planos de control, planos mecánicos, protocolos de pruebas en campo.
- Selección del equipamiento para los tableros según diagrama unifilares primarios.
- Desarrollo de ingeniería y automatización de todas las estaciones.
- Documentación completa del proyecto de acuerdo a los servicios ofertados.
- Programación del controlador según filosofía de control, back up de la programación en archivo digital.
- Manual de funcionamiento.
- Desarrollo de pantallas de operación en los HMI suministrados.
- Capacitación en el sistema de control a implementarse.
- Integración de sensores y señales de campo consideradas en los planos del proyecto



**Figura 5.1** Diagrama de Gantt (Fuente: Propia)

Respecto al tercer ítem (SCADA) este consta de lo siguiente:

1) Suministro de software de supervisión.- que abarca la Estación de Operación y Estación de Ingeniería. Cada uno contiene el Factory Talk View Site Edition Server 25 Display, y el Factory Talk View Site Edition Client.

2) Ingeniería, desarrollo y puesta en marcha.- que abarca lo siguiente:

- Desarrollo de aplicación de supervisión según requerimiento del cliente y diagramas de proceso P&ID.
- Configuración de red EtherNet/IP.
- Pruebas FAT y SAT
- Elaboración de documento "Manual de Operación" del sistema desarrollado.
- Puesta en marcha
- Entrenamiento a operadores en uso del sistema desarrollado (4h)

## 5.2 Cronograma

El cronograma fue estructurado de la siguiente manera:

- Ingeniería 35 días
- Ingeniería de detalle 37 días
- Suministro 41 días
- Construcción y montaje 79 días
- Programación PLC y desarrollo SCADA 56 días
- Pruebas y puesta en servicio 44 días.
- Documentación y cierre 109 días

La Figura 5.1 muestra el diagrama Gantt de la solución. En las Tabla 5.2 se muestra el detalle de las tareas de suministro (no fueron desplegadas en el Gantt).

**Tabla 5.2 Suministro (Fuente: Ibídem)**

Suministro equipos eléctricos	30 días
Suministro instrumentación y Sistema de Control	30 días
Suministro tableros eléctricos	30 días
Suministro de Software de Supervisión	20 días
Suministro de Hardware (PCs Industriales)	15 días
Suministro Software de programación RSLogix 5000	30 días

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. El sistema de control y monitoreo para automatizar los procesos ha logrado optimizar los procesos de tratamiento de aguas residuales del sistema de alcantarillado de la urbanización San Antonio de Carapongo.
2. El sistema PTAR ha sido integrado al Proyecto Mesías, un sistema de monitoreo y control a nivel de todas las PTAR de Lima metropolitana y anexos.
3. El desarrollo de la solución ha brindado la experiencia necesaria para la realización de similares proyectos. Se estima estar desarrollando la automatización de otras plantas de tratamiento de aguas residuales a nivel nacional (Cieneguilla, Cuzco, etc.)

### Recomendaciones

1. Realizar documentos con procedimientos en caso de fallas y almacenar el proyecto del PLC periódicamente a manera de respaldo. Además se recomienda contar con PLC adicionales para reducir el tiempo de reposición del servicio.
2. Se debe seguir estrictamente los procedimientos de puesta en marcha y operación, tanto del sistema de control como del sistema eléctrico.
3. Se debe programar el mantenimiento preventivo periódico a los motores eléctricos, válvulas, controles y tableros eléctricos, esto es debido al ambiente agresivo en donde se encuentran instalados.

**ANEXO A**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPAMIENTO**

En este anexo se muestran las especificaciones técnicas que deben cumplir los elementos de instrumentación y de control. En base a lo descrito se busca en el mercado aquel elemento que se acerque más a los requerimientos técnicos.

Luego de aquellos que cumplan los requerimientos técnicos, el área de logística de la empresa especializada (parte del consorcio) determina, en base a la disponibilidad, costos y otras consideraciones, que marca será usada en la propuesta.

### 1) Sensor Ultrasónico de Nivel

Se muestran en la Tabla A.1

**Tabla A.1** Especificaciones de sensor ultrasónico  
(Fuente: Propuesta Técnica para la PTAR Ñaña)

Sensor	Transmisor
Tipo: Ultrasonido Rango de medida: 4 m. Frecuencia: 30KHz. Angulo del haz de señal : 3° ó 6° Materiales: Polipropileno ó PVDF. Cable: Apantallado, aislado resistente al aceite de PVC, longitud 15m. Carcasa: IP 68, resistente al agua, sumergible, máx. 1 bar  Aprobación CE: EN 50081-1, EN 50082-1. Aprobación Ex: EN 50021, Zone 2 EEx Na II T3	Rango de medida: 0 – 4 m. Span: De 0 – 10 cm ó 0 – 20 cm. Alimentación: 220Vac./ 24Vdc Consumo: 2W aproximado. Temperatura: -20... +60 °C. Entrada: Desde el sensor ultrasónico. Precisión: ± 0.2 %. Salida: Analógica: 4-20mA, máx. 600ohmios. Salida digital: Relés (SPST). Puerto comunicación serial : RS-485 y RS-232 Display: LCD con 4 dígitos y símbolos. Protección : IP-65

### 2) Medición de Flujo en Canal Abierto

Se muestran en la Tabla A.2.

**Tabla A.2** Especificaciones del medidor de flujo en canal abierto (Fuente: Ídem)

Sensor	Transmisor
Tipo: Ultrasonido Rango de medida: 3 m. Haz de Señal : 10° Materiales: Polipropileno ó PVDF Cable: Apantallado, aislado con resistencia al aceite, de PVC, longitud 6 m. Carcasa: IP 68, resistente al agua, sumergible, máx. 1 bar Rango de Temperatura – 20 a 80°C Montaje : 1" BSP	Rango de medida: 0 – 3 m. Control: Por microprocesador Alimentación: 220Vac./ 24Vdc Consumo: 5VA / 5W aproximado. Temperatura: -30... +65 °C. Precisión: ± 0.25 %. Salida: Analógica: 4-20mA, máx. impedancia 750 Ohm Salidas digitales : 2 Relés SPDT , con 8A / 230VAC Display: LCD alfanumérico con 2 x 16 Protección : IP-65 Material: Policarbonato.

### 3) Medición de Oxígeno Disuelto, pH y Temperatura

Se muestra en la Tabla A.3, A.4 y A.5

**Tabla A.3** Características técnicas de transmisor (Fuente: Ídem)

Alimentación	220 VAC, 60Hz 20 VA
Control	Por microprocesador
Nivel de protección	IP 66
Gabinete del procesador de señal	Policarbonato
Humedad	0 a 100%
Altitud	1,000 m
Temperatura de trabajo	30 a +55 °C procesador de señal
Display local LED	4 dígitos, 12 mm altura
Cantidad de sensores	2 Sensores
Salida analógica tipo activa	2 Salidas 4 – 20 mA opto aisladas
Comunicación	ModBus RS 485
Montaje	En pasamano horizontal/vertical o en pared

**Tabla A.4** Sensor de oxígeno disuelto y temperatura (Fuente: Ídem.)

Principio de funcionamiento	Del tipo óptico que mide la fluorescencia y las reacciones de extinción de un complejo de rubidio que es inmovilizado en una matriz de sol-gel
Sensor	Con compensación de temperatura
Rango de medición O.D.	Autoajutable desde 0 – 25 ppm , con 0 – 200 % de saturación
Rango de medición temp.	0 a 60°C
Precisión	± 1 % del fondo de escala
Estabilidad	± 0,1 % en 24 horas
Nivel de protección	IP 68 Sonda de medición
Temperatura de trabajo	- 20 a +50 °C procesador de señal - 30 a +65 °C sonda de medición
Sonda con protector	Epóxica, silicona y poliuretano
Largo del cable	8 m

**Tabla A.5** Sensor de pH y temperatura (Fuente: Ídem)

Principio de funcionamiento	Del tipo diferencial
Sensor	Con compensación de temperatura
Rango de medición pH	0 a 14 pH
Rango de medición temp.	0 a 100 °C
Sensibilidad	0.001 pH
Precisión	± 0,1 pH
Estabilidad	± 0,03 pH por día
Nivel de protección	IP 68 Sonda de medición
Temperatura de trabajo	- 5 a +95 °C
Material	Aleación PVC, Fibra de vidrio, titanio, paladio y EPDM



#### 4) Clorador automático con unidad electrónica del control de procesos

Se muestra en la Tabla A.6.

**Tabla A.6** Especificaciones para clorador automático

(Fuente: Propuesta Técnica para la PTAR Ñaña)

Clorador	Para montaje en pared para máxima seguridad, Incluye válvula reguladora diferencial que mantiene un adecuado vacío diferencial a través del orificio V-Notch. Contara con vacuómetros, para ver el vacío que hay en el sistema, que incluye una banda de color verde que señala el rango correcto de vacío, una banda de color roja que señala cuando no hay vacío eficiente.
Rotámetro	De 5" con capacidad de 500lbs/día.
Válvula reguladora de vacío	Capacidad de 500lb/día. Incluye dos diafragmas para una más eficiente operación. Cuenta también con un yugo auto-alineado. Indica 3 modos: operación, bajo suministro de gas y corte en el sistema.
Intercambiador automático	Para el intercambio automático de la alimentación de cloro gas entre los dos cilindros conectados al manifold <sup>7</sup> , del que terminó su contenido al cilindro lleno.
Inyector remoto	De 1" con toberas entrada y salida en 1". El inyector cuenta con doble válvula de retención, diafragma con asiento esférico y válvula check poppet (compuerta de asiento) para mayor seguridad para evitar inundaciones.
Máxima presión del inyector	300psi a 100°F

#### 5) Analizador de Cloro Residual

Se muestra en la Tabla A.7

**Tabla A.7** Especificaciones para el analizador de cloro residual (Fuente: Ídem)

Alimentación eléctrica:	230V ± 10%, 50/60 Hz, 14VA
Rango	0 – 2 mg/L
Precisión	5%
Tiempo de respuesta	4 seg desde la toma muestra
Eficiencia	0.01 mg / L o 2% F.S.
Sensibilidad	0.01 mg / L o 1% F.S.
Temperatura de muestra:	0 – 50°C
Cubierta	Nema 4X / IP-65
Gabinete	Policarbonato
Visualización	Display LED numérico 3 dígitos.
Señal de salida	Aislada 4-20 mA
Salida digital	Dos salidas de contacto seco.

<sup>7</sup> Manifold: sistema por el cual se recogen varios flujos de gases o líquidos en un solo colector.

## 6) Analizador de Fuga de Cloro

Se muestran en la Tabla A.8

**Tabla A.8** Especificaciones para el analizador de fuga de cloro (Fuente: Ídem)

Alimentación eléctrica	220V, 60 Hz monofásico
Montaje	En pared
Rango de Medición	0 a 10 ppm estándar
Sensibilidad	0.5 ppm
Protección	NEMA 4X
Humedad	0 a 99%
Temperatura	-18° a 40°C continuo / - 23° a 49°C a la intermitente

## 7) Sensor de Intrusos

Se muestran en la Tabla A.9

**Tabla A.9** Especificaciones técnicas del sensor de intrusos (Fuente: Ídem)

Voltaje de alimentación	220 VAC
Temperatura de operación	- 20 a + 60 ° C
Salidas de relé	2 salidas, 1 programable y 1 automática
Humedad relativa	95 %
Alcance	15 m
Apertura	105°
Inmunidad a RF	De 10 a 1000 MHz
Tecnología base	Infrarrojo pasivo QUAD y microondas con 52 haces de detección y ángulo cero
Sensor	Compensador automático de temperatura

## 8) Relé de control de nivel

Se muestran en la Tabla A.10

**Tabla A.10** Especificaciones técnicas del relé de control de nivel (Fuente: Ídem)

Voltaje de alimentación	220 VAC
Consumo	3 VA
Temperatura de operación	- 5 a + 50 ° C
Humedad relativa	95 %
Categoría de los contactos	AC 15 - 220 VAC
Grado de protección	IP 40
Posición de operación	Varios
Altitud	1000 msnm

## 9) Válvula de solenoide de control eléctrico

Se muestran en la Tabla A.11

**Tabla A.11** Especificaciones técnicas del solenoide de control eléctrico (Fuente: Íd)

Voltaje de alimentación	220 VAC, 2 hilos
Tipo de válvula	Tipo globo
Tamaño	50 mmØ DN NPT
Conexión	Rosca hembra
Presión diferencial máxima	10 Bar
Presión diferencial mínima	0.5 Bar
Rango de temperatura	0 a 130 °C
Material del cuerpo y tapa	Bronce
Aditamentos metálicos	Bronce
Material de las juntas	FPM
Tipo	NC ( Normalmente Cerrado)

## 10) Analizador de Redes Eléctricas

Se muestran en la Tabla A.12

**Tabla A.12** Especificaciones técnicas del Relé Temporizador (Fuente: Ídem.)

<b>Características generales</b>	
Medición:	32 Parámetros eléctricos.
Contador de energía.	
Comunicaciones	RS- 232 ó RS- 485
Lectura Digital:	Pantalla LCD retro iluminada, 4 lecturas simultaneas de 3 ½ dígitos.
Operación:	440 VAC.
Precisión:	± 0.5 (tensión/corriente).
<b>Características de entrada</b>	
Tensión nominal	110 a 415 +/- 10% VAC ó 125 a 250 +/- 20% VDC.
Consumo	1 mA por fase.
Intensidad nominal	5 ó 10 Amp.
Circuito a medir	Trifásico 3 ó 4 hilos.
Programable	Teclado.
Batería recargable	Incluida, que brinde una autonomía a registros.
<b>Características de salida</b>	
Display	4 lecturas simultáneas de 3 ½ dígitos.
Tipo de pantalla	LCD retro iluminada.
Puerto de comunicación	RS485 con protocolo ModBus

## 11) Relé Temporizador

Se muestran en la Tabla A.13

**Tabla A.13** Especificaciones técnicas del relé temporizador (Fuente: Ídem)

Voltaje de alimentación	220 VAC
Categoría de los contactos	AC 15 – 220 VAC
Consumo de corriente	50 mA
Temperatura de operación	- 30 a +70 ° C
Humedad relativa	95 %
Rango de trabajo	0 – 60 seg / 0 – 60 min
Grado de protección	IP 40
Posición de operación	Varios
Altitud	1000 msnm

## 12) Controlador lógico programable

Se muestran en la Tabla A.14 y A.15

**Tabla A.14** Características técnicas del procesador (Fuente: Ibid.)

Sistema operativo	Estándar en el mercado
RAM interna mínima	64 KB palabras distribuidas en: Memoria Flash EEPROM para programa. RAM respaldada por batería para datos.
Tiempo de ejecución mínimo	0,15 milisegundos por cada K instrucción.
Lenguaje de Programación	De acuerdo a la norma IEC 1131-3
Estructura del Software	Ambiente integrado de desarrollo, multitarea
Número de racks	8

**Tabla A.15** Características técnicas de entradas y salidas (Fuente: Ibid.)

Entradas discretas	Cantidad según lógica de funcionamiento, 24V VDC., como fuente de alimentación
Salidas discretas	Cantidad según lógica de funcionamiento, los del tipo relé son para 240 VAC.
Entradas análogas	Cantidad según lógica de funcionamiento, 4-20mA. Resolución mínima de 8 bits.
Salidas análogas	Cantidad según lógica de funcionamiento de 0 a 10V.
Puerto RS 485	ModBus RTU Maestro/Esclavo, modo de caracteres ASCII, para enlace a terminal de dialogo operador y PLC.
Puerto Ethernet	10 BaseT protocolo TCP/IP para el enlace entre PLC y PC.
Puerto de Programación	Todos los puertos permitirán programación del PLC (protocolo propietario).
Protocolo de Comunicación	ModBus, Jbus ( Protocolo / norma FIP )
Otras opciones disponibles	Profibus DP, Devicenet, Genius Fieldbus

**ANEXO B**  
**GLOSARIO DE TÉRMINOS**

DBO	Demanda biológica de oxígeno
HMI	Interfaz hombre máquina
PTAR	Planta de tratamiento de agua residual.
PM	Paneles de medición
PLC	Controlador lógico programable
SCADA	Sistema de adquisición y control de datos
TFC	Frontis del tablero de fuerza y control.
TCP	Tablero de control principal
TGBL	Tablero general bomba de lodos
TGS	Tablero general sedimentado
TGR	Tablero general de reactores
TCBD	Tablero de control bomba desarenado

## BIBLIOGRAFÍA

1. Introduction to Modbus TCP/IP, Acromag Incorporated, USA, 2005
2. Expediente Técnico SEDAPAL-PTAR Carapongo, 2008.
3. Gerencia Recolección, Tratamiento y Disposición Final de Sedapal, “Ficha Técnica PTAR Carapongo”
4. Procedimiento especial de selección- Bases Administrativas Integradas, Documento N° 0005-2008-SEDAPAL, 2008
5. Manual de Operación SCADA-CARAPONGO, Electro Control Industrial, 2009
6. FactoryTalk Alarms and Events System Configuration Guide, Rockwell Automation, 2010.
7. FactoryTalk Batch Technical, Rockwell Automation, 2010.
8. Oferta Técnica Comercial, Electro Control Industrial, 2009.
9. CompactLogix L23-Programmable Automation Controllers, Rockwell Automation, 2008,
10. Logix5000 Controllers Nonvolatile Memory Programming Manual, Rockwell Automation, 2008
11. PowerFlex 400 AC Drive User Manual, Rockwell Automation, 2005.
12. <http://www.anybus.com/technologies/modbustcp.shtml>, Modbus-TCP Industrial Ethernet Protocol Overview, 2011.
13. <http://www.profibus.com/nc/downloads/downloads/profibus-technology-and-application-system-description/display/>, Profibus Technology and Application - System Description, 2011
14. <https://www.ica.es/contenidos/publicaciones/index.php?fascic=III&anyo=2007>, Ethernet en la Industria, 2007.