

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**SISTEMA REMOTO DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN
DE DATOS VÍA GPRS**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

JORGE MANUEL ESPINOZA ROJAS

**PROMOCIÓN
2003 - I**

**LIMA – PERU
2009**

**SISTEMA REMOTO DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS VÍA
GPRS**

Dedico este trabajo principalmente a mis padres,
por su paciencia y apoyo incondicional a lo largo
de mis años de formación profesional.

SUMARIO

Actualmente las empresas a nivel mundial requieren ser más flexibles, ágiles y eficientes en sus procesos a fin de cumplir con la creciente exigencia de mayor rapidez de respuesta, calidad y a la vez menores precios por parte de sus clientes. Factores externos como crisis financieras, cambio climático, variabilidad de precios de materias primas y otros añaden mayor complejidad a los entornos de negocio que enfrentan las organizaciones.

En el contexto industrial, en casos donde se tiene unidades productivas distribuidas geográficamente a nivel regional, nacional o internacional, es necesario que las empresas dispongan de sistemas de control, supervisión y monitoreo (SCADA) que aprovechen tecnologías de comunicación que permitan tener suficiente visibilidad y control de sus procesos a fin de lograr mayor flexibilidad, rapidez y eficiencia.

El presente informe se centra en el empleo de la comunicación vía GPRS en sistemas SCADA. Se plantea un caso de estudio que consiste en el monitoreo y control remoto de estaciones de bombeo en pozos de agua distribuidos. Se analiza los requerimientos funcionales según los principales criterios de diseño y se diseña el sistema SCADA con comunicación GPRS correspondiente. Las principales ventajas y límites de aplicación de la tecnología de comunicación GPRS son señalados, indicando tecnologías de comunicación alternativas, mencionando comparativamente sus prestaciones y límites.

Finalmente, luego de evaluar los principales puntos técnicos y económicos, se concluye que el sistema SCADA GPRS propuesto es la solución más costo-efectiva para el caso de estudio analizado, frente a otras alternativas comerciales.

INDICE

INDICE	vi
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Motivación.....	3
1.2 Objetivo.....	4
1.3 Alcance	4
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Sistemas de comunicación GSM.....	5
1.4.2 General Packet Radio Services - GPRS.....	7
1.4.3 Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA).....	10
1.4.4 Sistemas SCADA vía GPRS.....	18
CAPÍTULO II	
PLANTEAMIENTO DEL CASO DE INGENIERÍA	21
2.1 Descripción general: Supervisión y control a distancia de estaciones de bombeo de pozos de agua distribuidos	21
2.2 Objetivos y requerimientos funcionales del sistema SCADA.....	26
2.2.1 Objetivos generales del usuario.....	26
2.2.2 Requerimientos funcionales.....	26
CAPÍTULO III	
DISEÑO DEL SISTEMA SCADA	32
3.1 Criterios de diseño.....	32
3.2 Evaluación del caso.....	32
3.3 Arquitectura y diseño del sistema SCADA.....	34
3.3.1 Estación central	36
3.3.2 Estaciones remotas (RTUs estaciones de bombeo y reservorio).....	37
3.4 Descripción de la operación del sistema SCADA.....	40
3.4.1 Configuración inicial de la comunicación vía GPRS	40
3.4.2 Operación general	40
3.4.3 Estrategia de control automático en estaciones remotas	41
3.4.4 Comunicación entre estaciones.....	42
3.4.5 Proceso de buffering de datos con sello de tiempo real.....	45
3.5 Discusión	45
3.5.1 Sistema SCADA vía GPRS.....	45
3.5.1 Sistemas de comunicación alternativos.....	47
CAPÍTULO IV	
EVALUACIÓN ECONÓMICA	49
4.1 Costo y tiempo de implementación de sistema SCADA vía GPRS	49
4.2 Costo de implementación de sistema de comunicación alternativo.....	51
4.3 Costo de operación del sistema SCADA vía GPRS propuesto	54
4.4 Diagrama de tiempos.....	54
4.5 Discusión	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
ANEXO A	
GLOSARIO DE TÉRMINOS	59

ANEXO B	
CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RESPALDO FOTOVOLTAICO DE LAS RTUs	61
ANEXO C	
PLANOS TÍPICOS DE REFERENCIA DE ESTACIONES DE BOMBEO Y RESERVORIOS DE AGUA POTABLE	64
ANEXO D	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA SCADA PROPUESTO.....	70
BIBLIOGRAFÍA	86

PRÓLOGO

Hoy en día las tendencias de los mercados y la coyuntura político-económica a nivel mundial ejercen mayor presión y obligan a las empresas a ser cada vez más ágiles y competitivas. Factores como la crisis financiera, la variabilidad de los precios del petróleo y otras materias primas (“commodities”), el impacto del cambio climático, pero particularmente la creciente demanda y exigencia de los consumidores por mejores tiempos de entrega, menores precios y mayor calidad, generan escenarios cada vez más complejos para las empresas alrededor del mundo.

En consecuencia, tanto la optimización en el uso de recursos así como la capacidad de toma de decisiones efectivas en horizontes de tiempo cada vez más cortos son factores críticos para el éxito de las empresas. En el contexto industrial, para las empresas con unidades de operación distribuidas físicamente en áreas extensas —desde zonas metropolitanas hasta regionales y mundiales— es cada vez más importante tener mayor visibilidad de las operaciones así como flexibilidad y rapidez para toma de decisiones. En estos casos las tecnologías de comunicación juegan un rol fundamental, habilitando y haciendo más costo-efectiva el monitoreo y control a distancia de procesos productivos.

En el presente documento se describe, desde un enfoque orientado a la práctica, un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) a distancia usando la tecnología de comunicación de Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS, por sus siglas en inglés), mostrando criterios para su aplicación y diseño así como las ventajas y desventajas de su empleo en la industria.

El Capítulo I, de introducción, presenta la motivación, objetivo y alcance del informe, así como el marco teórico respectivo, incluyendo la revisión de los principios y características de los sistemas GSM, servicio GPRS y sistemas SCADA.

El Capítulo 2 presenta el caso de ingeniería a estudiar, incluyendo la descripción general y los requerimientos funcionales de la aplicación, requerimientos que el sistema SCADA a diseñar deberá cumplir.

El Capítulo 3 presenta el diseño del sistema SCADA, indicando los criterios de diseño y la evaluación del caso de estudio, así como la arquitectura del sistema y descripción de operación. El capítulo finaliza con una sección de discusión donde se resume las principales observaciones sobre el sistema diseñado y conclusiones del capítulo.

En el Capítulo 4 se realiza la evaluación económica del sistema SCADA propuesto, presentando los costos estimados de implementación tanto del sistema SCADA con comunicación vía GPRS propuesto, así como de sistemas SCADA que usan tecnologías de comunicación alternativas.

Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del informe.

Deseo agradecer a las personas que colaboraron en el desarrollo del presente trabajo, especialmente al Ing. Marcial López Tafur, así como colegas y compañeros que proporcionaron información relevante y valiosas sugerencias.

Lima, Julio 2009

Jorge M. Espinoza

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Motivación

Debido el alto nivel de competitividad y la demanda por menores tiempos de respuesta, productos y servicios más orientados a las necesidades particulares de los clientes y menores precios, hoy en día las empresas en distintos segmentos de mercado requieren ser cada vez más rápidas, versátiles y eficientes, capaces de reinventar sus modelos de negocio y al mismo tiempo optimizar sus procesos existentes para lograr éxito en sus respectivos negocios [1].

Para poder enfrentar las exigencias del mercado, las empresas requieren tener mayor visibilidad, conocimiento y control sobre sus distintos procesos de negocio. En el ámbito industrial, cobra cada vez más importancia tener mayor visibilidad del piso de planta a fin de controlar en forma más precisa y eficiente las operaciones, las actividades de mantenimiento y, en general, tomar decisiones efectivas en horizontes de tiempo cada vez más cortos.

Para lograr lo anterior, las empresas emplean sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA), cuyas primeras versiones aparecieron hace ya varias décadas en el mercado y actualmente se tienen sistemas bastante sofisticados.

Particularmente, en ambientes industriales donde las actividades productivas comprenden varias unidades aisladas y distribuidas en áreas extensas (ejemplo: metropolitana, regional o nacional, como en el caso de empresas de servicio de agua potable y alcantarillado, explotación de hidrocarburos y otras) resulta vital tener acceso oportuno a información operativa de cada unidad, a fin de asegurar su gestión efectiva a nivel local y global. En estos casos surge la necesidad de emplear de sistemas SCADA que tengan capacidad de comunicación a distancia, ya sea por medio de cables de cobre o de fibra óptica o también vía inalámbrica como es el caso del uso de sistemas GPRS en aplicaciones SCADA.

1.2 Objetivo

El objetivo del presente documento consiste en explicar —desde un enfoque orientando a la práctica— el concepto, la arquitectura y el funcionamiento de los sistemas SCADA vía GPRS mostrando los criterios de diseño y consideraciones relevantes para su aplicación y empleo efectivo, así como las ventajas y desventajas que esta tecnología ofrece frente a otras alternativas de solución.

1.3 Alcance

El alcance del presente trabajo comprende el diseño de un sistema SCADA con comunicación vía GPRS aplicado a un caso de estudio, que consiste en la supervisión y control a distancia de estaciones de bombeo de pozos de agua distribuidos en una zona rural, para uso en red de agua potable.

Se propone entonces el diseño básico de un sistema SCADA vía GPRS aplicado al caso mencionado, presentando la evaluación técnica y económica del mismo, en comparación con otras tecnologías y soluciones alternativas.

Por motivos de extensión del informe, el alcance comprende la arquitectura del sistema SCADA y el diseño de sus estaciones remotas (RTUs, por sus siglas en inglés). No se contempla el diseño de la instrumentación y actuadores (equipos de campo), ya que se requeriría mayor detalle del caso particular (ya sea aplicación en sistema de bombeo de agua, sistema de transporte de hidrocarburos, u otro), lo cual escapa al propósito del informe.

Por tanto, el foco del presente informe se centra en el diseño de la arquitectura del sistema SCADA y la selección de los componentes de hardware y software para control a distancia mediante comunicación GPRS.

1.4 Marco teórico

A continuación se explican brevemente los conceptos básicos para el desarrollo de los temas a tratar en el presente informe, referidos a los sistemas GSM/GPRS y SCADA.

1.4.1 Sistemas de comunicación GSM

El sistema GSM (Global System for Mobile Communications) es un estándar de comunicación basado en tecnología celular digital, empleado a nivel mundial, con predominio en Europa y Asia [2]. La comunicación bajo el sistema GSM emplea el modo de transmisión por circuitos conmutados ("punto a punto"), reservándose los circuitos para establecer una sola comunicación independientemente de si se usa o no el canal (de comunicación).

La tecnología GSM fue diseñada principalmente para servicios de voz. Actualmente los principales servicios ofrecidos por el sistema GSM incluyen [3]: buzón de voz; llamada de emergencia; llamada en espera; filtro de llamadas; desvío de llamada; servicio de conferencia; visualización de créditos y costos; roaming; reconocimiento de voz; servicio de mensajes cortos (SMS); WAP (Wireless Application Protocol) acceso a contenidos de Internet específica para dispositivos móviles); servicio de módem (requiriendo "dial-up"), transmisión y recepción de datos y fax; comunicación vía IrDA (señal infrarroja); etc.

La Fig. 1.1 muestra la arquitectura típica de un sistema GSM. Se distinguen dos grandes grupos de elementos: la infraestructura fija (la red propiamente) y las estaciones móviles (suscriptores). La red fija GSM se subdivide a su vez en 3 subsistemas: el Subsistema de Estación Base (BSS, por sus siglas en inglés), el Subsistema de red (NSS), y el Subsistema de Operación y Mantenimiento (OMSS). A continuación se describen brevemente los elementos mencionados [3]:

- *Estación Móvil (MS)*. Comprende tanto al equipo móvil (ej. teléfono GSM) como al módulo SIM (Subscriber Identity Module), siendo este último el que "personaliza" a una estación móvil determinada.
- *Subsistema de la Estación Base (BSS)*. Comprende a la Estación de Base Transceptora (BTS, por sus siglas en inglés) y al Controlador de Estación de Base

(BSC). La BTS se refiere a la interfase área de la red GSM y el BSC es el elemento que permite el control de una (o más) BTS mediante la ejecución de los protocolos establecidos.

- *Subsistema de Red (Network and Switching Subsystem)*. Comprende a los Centros Móviles de Conmutación (MSC, por sus siglas en inglés), Centros de Conmutación Internacional (ISC), Gateway de Centros Móviles de Conmutación MSC (GMSC), Registros de Posiciones Base y Visitadas (HLR y VLR, respectivamente). Su función es gestionar las comunicaciones y conectar las estaciones móviles a otro tipo de redes (ej. PSTN) o a otras estaciones móviles.
- *Subsistema de Operaciones y Mantenimiento (OMSS)*. Comprende al Centro de Operación y Mantenimiento (OMC), el Registro de Identidad de Equipo (EIR) y Centro de Autenticación (AUC). Sus funciones incluyen la administración y operación comercial del sistema GSM, la gestión de seguridad, la configuración y operación de la red, y tareas de mantenimiento.

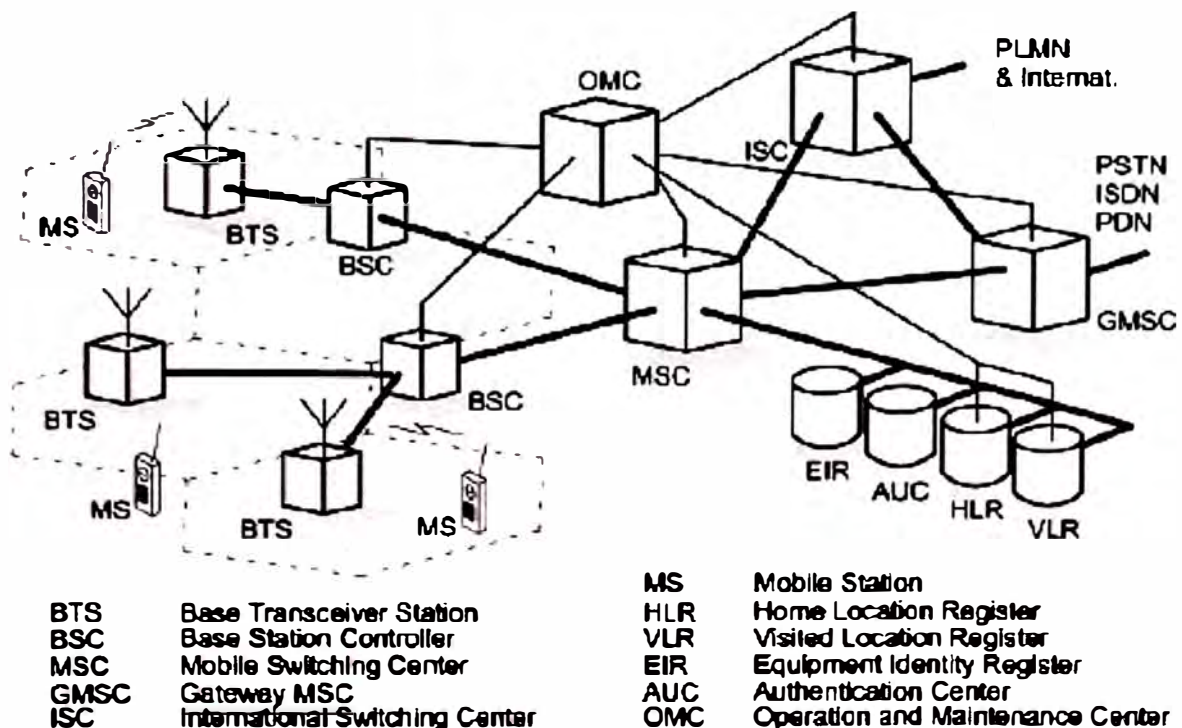


Fig. 1.1 Arquitectura básica de un sistema GSM [3].

En el sistema GSM, las MS, BSS y NSS corresponden a la parte operacional, mientras que el OMSS permite su control y mantenimiento. Para mayor detalle sobre la arquitectura y funcionamiento del sistema GSM se sugiere revisar [3].

1.4.2 General Packet Radio Services - GPRS

A pesar de ofrecer soluciones eficaces para la comunicación de datos sencillos y pese al éxito de servicios como SMS, el sistema GSM convencional presenta ciertas falencias para el caso de servicios avanzados de transmisión de datos como WAP, servicios multimedia, telemetría y otras aplicaciones que requieren mayor nivel de eficiencia y confiabilidad en la transmisión de datos. Por tal razón, se publica en 1997 la especificación del sistema GPRS como una extensión a los sistemas GSM, formando parte de la evolución de dicha tecnología [4].

El sistema GPRS permite el acceso a servicios generales de radio por paquetes (basados en el protocolo IP) desde redes de comunicación GSM y TDMA. Técnicamente, este sistema fue diseñado para adaptar comunicaciones por paquetes estándar (ej. TCP/IP y X.25) al medio de comunicación de interfase aérea GSM [5].

El sistema GPRS añade dos elementos principales a las redes GSM:

- *Gateway GPRS Support Node (GGSN)*. Se trata de un gateway inalámbrico que permite a los usuarios de teléfonos celulares acceder a redes externas como la red pública de datos o redes IP privadas.
- *Serving GPRS Support Node (SGSN)*. Se encarga de la gestión de movilidad y autenticación, y posee funciones de registro, siendo el punto de acceso de servicio para la subred GPRS de la MS respectiva. Envía y recibe datos hacia y desde las MSs, mantiene información sobre la ubicación de las mismas y se comunica con los GGSN para permitir a las MSs acceder a redes externas.

En la Fig. 1.2 (siguiente página) se muestra la arquitectura típica de una red GPRS, distinguiéndose tres redes [5]:

- La red GPRS propiamente, llamada subred GPRS (estación móvil, BTS, BSC).
- La red backbone que enlaza al SGSN con el GGSN (nodos de soporte de gateway GPRS).

- La red externa (ej. Internet), objeto de los servicios de conexión que la subred GPRS provee a sus subscriptores.

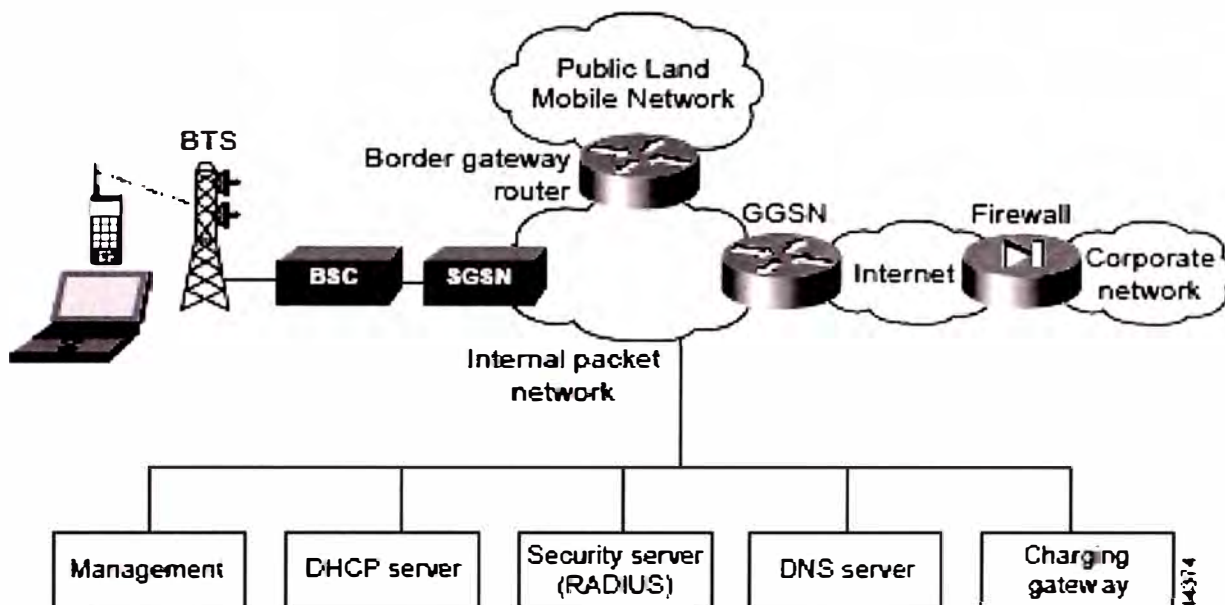


Fig. 1.2 Arquitectura típica de una red GPRS [6].

En el sistema GPRS el usuario puede acceder a las redes públicas de datos directamente usando direcciones de protocolos estándar (como IP, X.25), las cuales pueden ser activadas cuando la estación móvil (MS) está conectada a la red GPRS [4].

Cada MS puede usar hasta 8 canales en la interfase aérea dependiendo de su capacidad, los cuales se asignan dinámicamente cada vez que haya paquetes a ser transmitidos. En la red GPRS, los canales de envío y recepción (subida y bajada) son reservados independientemente, pudiendo haber por tanto MSs con capacidades de subida y bajada distintas. Por otro lado, la asignación de recursos de la red GPRS se hace en forma dinámica y depende de la demanda y disponibilidad de recursos. Los paquetes pueden entonces ser transmitidos durante el tiempo muerto entre llamadas de voz [4].

Los principales servicios y prestaciones del sistema GPRS incluyen entre otros: comunicación punto-punto (PTP) o punto-multipunto (PTM), transmisión de mensajes de texto y multimedia (SMS y MMS), servicio “push-to-talk” sobre celular (PoC/PTT), acceso anónimo a la red, definición de perfiles de calidad de servicio (QoS) [4].

Respecto a la velocidad de transmisión, teóricamente el límite es 160 kbps por MS, usando los 8 canales sin corrección de error [4].

Tabla 1.1 Comparación de velocidad de transmisión entre GPRS y otras tecnologías [7].

Technology	Schedule	Av. kbit/s	Theor. kbit/s
HSCSD	2000	58	115.2
GPRS, CS1	4Q/2000	32	72.4
GPRS, CS2	4Q/2000	48	107.2
GPRS, CS3	4Q/2001	58	124.8
GPRS, CS4	4Q/2001	80	171.2
EDGE	2001	386	500
UMTS	2002	300-400	2 000
WLAN	2000	10 000	50 000

Por su parte, los terminales GPRS se pueden clasificar en tres grupos; en la tabla 1.2 se resume las principales características según cada clase.

Tabla 1.2 Clases de estaciones móviles GPRS y sus características [5].

Clase A	Pueden utilizar simultáneamente servicios GPRS y GSM.
Clase B	Permiten conexión, activación y monitoreo simultáneo. Mientras se utiliza un servicio GSM, se suspende el servicio GPRS, el cual se reinicia automáticamente al terminar el servicio GSM. La mayoría de los teléfonos móviles son de este tipo.
Clase C	Se conectan alternativamente a uno u otro servicio, en forma no simultánea. El cambio entre GSM y GPRS debe realizarse de forma manual.

Para mayor detalle sobre la arquitectura y funcionamiento del sistema GPRS se sugiere revisar [5].

Los principales beneficios del sistema GPRS se derivan del hecho que dispone de recursos de radio solamente cuando hay datos para transmitir, reduciendo la dependencia de elementos de redes de circuito conmutado. Esta tecnología permite mayor calidad de servicios de datos en términos de confiabilidad, tiempo de respuesta y atributos soportados.

Para el caso de transmisión de datos si bien el GSM es un sistema en línea en donde el receptor/transmisor funciona como un teléfono celular, al contrario que este, un modem GPRS está “permanentemente en línea” y tiene asignada una dirección IP (Internet Protocol), no siendo necesario realizar una llamada o “dial-up” para establecer una conexión. Por tanto, la tarifa cargada al cliente comprende solamente los paquetes (o cantidad de información) transmitidos, no dependiendo del tiempo total durante el cual la conexión está establecida.

1.4.3 Sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA)

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA, por sus siglas en inglés) se emplean para monitorear y controlar equipos, unidades de operación o plantas (fábricas) enteras en sectores industriales como telecomunicaciones, distribución y tratamiento de aguas, energía, hidrocarburos, transporte, etc. Estos sistemas logran su propósito mediante la transferencia de datos entre una estación maestra y varias unidades terminales remotas (RTUs, en inglés) y/o controladores lógicos programables (PLCs, en inglés), y entre la estación maestra y terminales de operador [8, 9, 10].

Los sistemas SCADA pueden ser muy simples, como aquellos usados en pequeñas oficinas para monitorear y controlar la temperatura ambiente, o también sistemas muy complejos como aquellos que monitorean varias variables en una planta de energía nuclear. En todos los casos, los sistemas SCADA proporcionan información clave del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc., haciendo posible la operación efectiva de la planta o unidad productiva [10, 11, 12, 13].

Dependiendo de la complejidad del sistema SCADA, se identifican los siguientes niveles de jerarquía (ver Fig. 1.3): dispositivos de campo, sistema de comunicación, estación maestra, submaestra(s) y terminales de operador, y sistema de cómputo para procesamiento de datos [10, 12, 13].

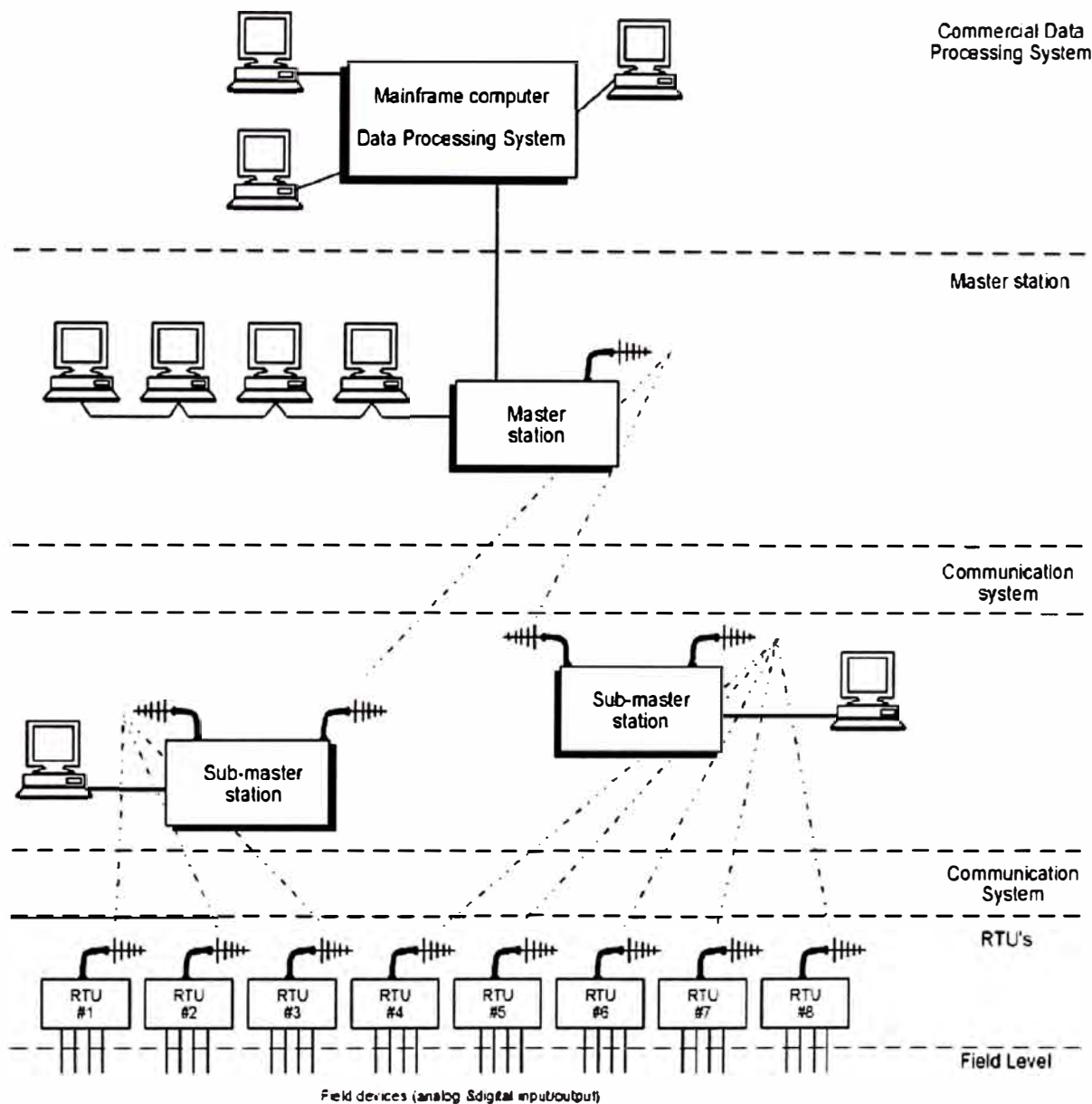


Fig. 1.3 Sistema SCADA genérico [10].

A continuación se indican los principales componentes de un sistema SCADA [10, 12, 13]

- *Dispositivos de campo.* Sirven para la toma y envío de datos, comprenden a los dispositivos de control usualmente conformados por RTUs o PLCs con interfaces a dispositivos sensores (ej. medidores de flujo) y actuadores (ej. válvulas) locales.
- *Sistema de comunicación.* Permite la transferencia de datos entre los distintos niveles de jerarquía. Esto incluye a la red de telemetría para intercambio de información entre los dispositivos de campo y la estación maestra, así como la red

de comunicación para intercambio de información entre la estación maestra, los terminales de operador y el sistema de cómputo de mayor jerarquía. Puede ser un sistema de radio, teléfono, cable, satélite, etc. o combinación de estos.

- *Estación Maestra.* Llamada también Central SCADA, Estación Central, o Unidad Terminal Maestra (MTU, por sus siglas en inglés). En sistemas complejos, existen generalmente estaciones “submaestras” que actúan como agentes intermedios, recopilando información de grupos de RTUs, para luego enviarla a la estación central.
- *Terminales de operador.* Permiten la visualización gráfica del estado del proceso, proporcionando al operador las funciones de control y supervisión del proceso, según corresponda a su rol en el proceso.
- *Aplicaciones software.* Empleadas para dar funcionalidades a la estación central y terminales de operador, a fin de que puedan operar bajo el sistema de comunicación, monitorear y controlar remotamente los dispositivos de campo. Se denominan también *software de interfaz hombre-máquina* (HMI software, por sus siglas en inglés) o *software de interfaz hombre-máquina* (MMI software, por sus siglas en inglés). Pueden ser de tipo propietario o abierto, siendo hoy en día muy comunes los sistemas abiertos (basados en “estándares”) que permiten la comunicación con otros paquetes de software de distintos fabricantes.

Los beneficios de emplear sistemas SCADA se basan en la posibilidad de optimizar la operación de la planta gracias a la información precisa y oportuna proporcionada por el sistema, logrando mayor productividad del personal, operaciones más eficientes, confiables y sobre todo seguras. El resultado final es una operación a menor costo en comparación con sistemas parcialmente automatizados (ej. control local cerrado, sin comunicación ni centralización de datos) o no automatizados. En la tabla 1.3 se listan algunas ventajas y desventajas de los sistemas SCADA frente a sistemas parcialmente automatizados o no automatizados [11, 12, 13]

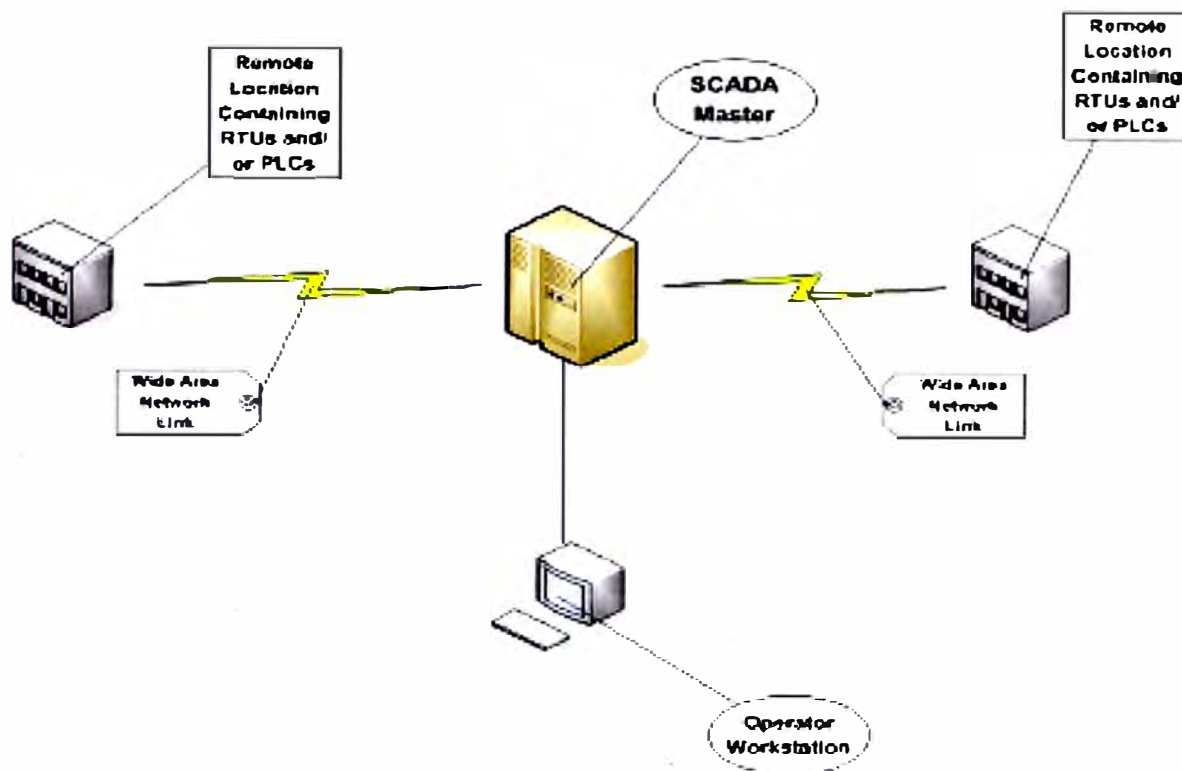


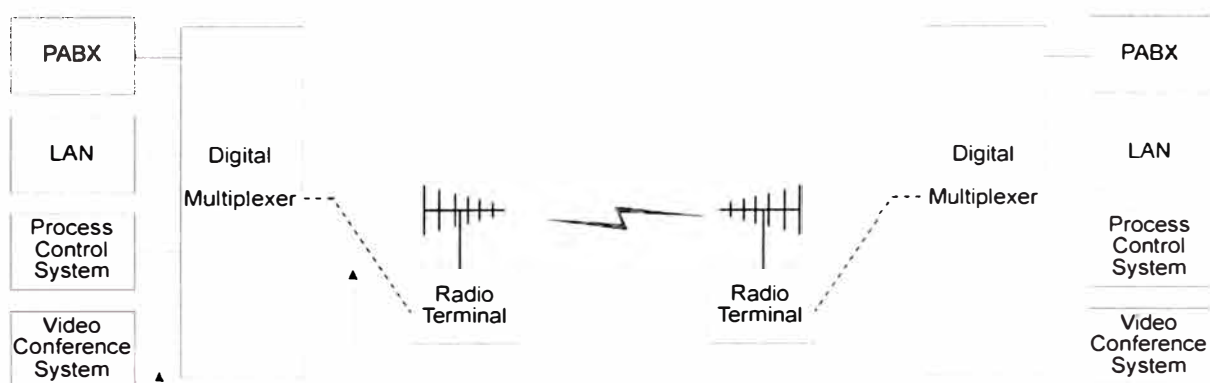
Fig. 1.4 Componentes básicos de un Sistema SCADA [8]

Tabla 1.3 Ventajas y desventajas de los Sistemas SCADA frente a sistemas automatizados parcialmente o no automatizados

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema puede registrar y guardar gran cantidad de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema es mucho más complicado que el sistema tradicional "sensor-panel".
<ul style="list-style-type: none"> • Los datos pueden ser visualizados según como lo requiera el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren diferentes competencias operativas, como analistas de sistemas y programadores.
<ul style="list-style-type: none"> • Los datos pueden ser visualizados desde cualquier punto, ubicación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se tienen gran cantidad de sensores, igual el cableado es significativo.
<ul style="list-style-type: none"> • Miles de sensores distribuidos en un área pueden conectarse al sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • La visibilidad del proceso por parte del operador llega hasta donde el sistema (ej. PLC) tenga acceso.
<ul style="list-style-type: none"> • El operador puede incorporar simulaciones con datos reales en el sistema. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Varios tipos de datos pueden registrarse desde los RTUs. 	

Hoy en día, debido a la naturaleza de sus operaciones, en sectores tales como industrias de proceso y de manufactura, minería, servicios públicos y privados, seguridad y entretenimiento se necesitan sistemas de comunicación cada vez más extensos en términos de alcance y cobertura, a fin de interconectar equipos de campo y sistemas ubicados en distintas localidades y separados muchas veces por distancias que pueden llegar a miles de kilómetros [10, 11, 12]

Existen casos en los que por diversas razones —gran distancia de separación entre las estaciones remotas y central, geografía complicada, falta o limitada infraestructura de comunicaciones, problemas de seguridad (robo) u otros factores— se hace impráctico o prohibitivo el uso de sistemas de telemetría vía medios alámbricos como líneas dedicadas, líneas públicas telefónicas (dial-up), fibra óptica o cables enterrados, o líneas de transmisión de energía eléctrica. En estos casos es necesario el empleo de medios y tecnologías inalámbricas como radioenlaces (VHF, UHF o microondas), enlaces satelitales o enlaces vía redes celulares como GSM/GPRS, o combinaciones de estos para lograr mayor disponibilidad y confiabilidad en el sistema de comunicación.



a)

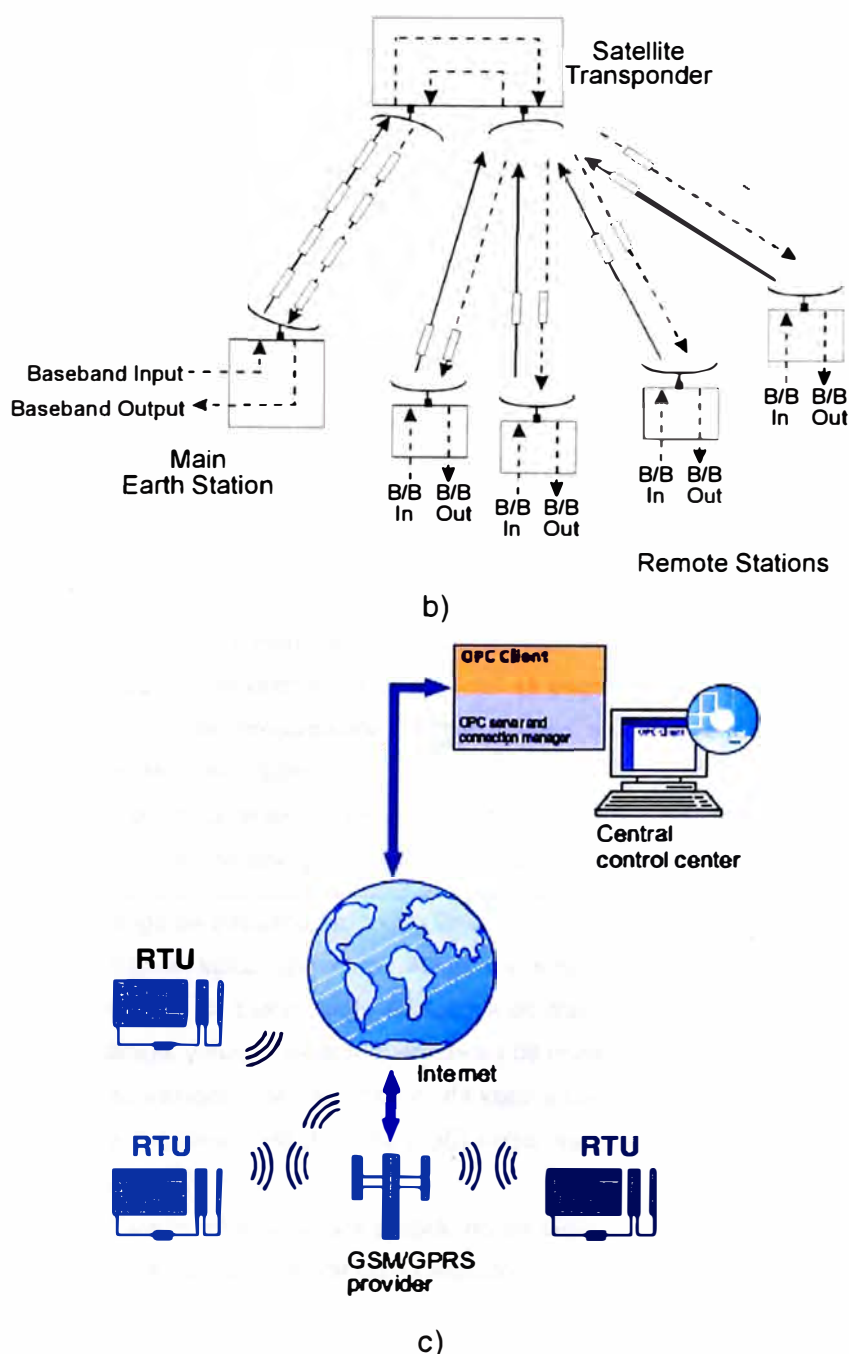


Fig. 1.5 Esquemas de ejemplo de: a) radioenlace punto a punto. b) Enlace vía satélite punto-multipunto. c) Enlace vía red celular GSM/GPRS [14].

Casos típicos donde se requiere el uso de sistemas de telemetría inalámbricos de largo alcance incluyen el monitoreo de sistemas de bombeo de pozos de agua, monitoreo de pozos petroleros, monitoreo de plantas de tratamiento de aguas residuales, monitoreo de redes de tuberías de gas & petróleo, monitoreo de estaciones de generación de energía eléctrica distribuidas (ej. solar, eólica, minicentrales hidráulicas), entre otros. [\[10. 12. 13\]](#)

En la tabla 1.4 se comparan las características de los distintos medios inalámbricos para sistemas de telemetría.

Tabla 1.4 Características y consideraciones de sistemas de telemetría inalámbricos de largo alcance [14]

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS
Radioenlace VHF, UHF (bandas licenciadas)	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de frecuencias principales para telemetría: VHF alta, UHF (100 - 960 MHz). • Son usados para aplicaciones de telemetría de rango medio, con alcances típicos de alrededor de 30 Km. sin estaciones repetidoras. • Buena velocidad de transmisión (desde 1 kbps hasta varios Mbps). • Alta disponibilidad del enlace (posibilidad de enlaces dedicados). • A mayor frecuencia el principal modo de propagación es por línea de vista. Se requiere un cuidadoso diseño del enlace. • Al ser la infraestructura propia, no se paga ninguna tarifa periódica por uso del servicio de comunicación. Según el caso, se debe pagar a la autoridad para usar bandas licenciadas. • Relativamente alto costo en equipamiento, infraestructura y mantenimiento. • Consumo de energía variable según el caso (de 1 W a más Watts, ej. 20 W).
Radioenlace microondas (bandas licenciadas)	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de frecuencias: 1 - 60 GHz. • Alcance típico aprox. de 40km sin estaciones repetidoras. Para una misma potencia de transmisión, el alcance es menor mientras mayor es la frecuencia de trabajo, y mayor es el requerimiento de línea de vista. • Alta velocidad de transmisión (64 kbps a cientos de Mbps, ej. 150 Mbps). • Se requiere línea de vista (LoS) entre las estaciones y direccionamiento preciso de las antenas. • Al ser la infraestructura propia, no se debe pagar ningún tipo de tarifa periódica por uso del servicio de comunicación. • Relativamente alto costo en equipamiento, infraestructura y mantenimiento. • Consumo de energía variable, relativamente alto. Desde unos pocos hasta varios Watts (ej. 5 - 100 W), según el caso.
Radioenlaces VHF, UHF, microondas (bandas no licenciadas)	<ul style="list-style-type: none"> • Caso especial de radioenlaces VHF, UHF y microondas, en donde se trabaja en bandas de frecuencia no reguladas. • Rango de frecuencias: Banda ISM (Industrial, Scientific & Medical): 433,05–434,79 MHz; 902-928 MHz; 2,4 - 2,5 GHz; 5,725 - 5,875 GHz; y otras. • Con mayor frecuencia se usa la técnica "frequency hopped spread spectrum", lográndose altas velocidades de transmisión (>100 kbps) y tolerancia a interferencias. • Alcance típico desde unos cuantos kilómetros hasta 50 Km. o más, según el caso. • Para óptima operación requiere condiciones de línea de vista (LoS) o cerca de

	<p>línea de vista (nLOS).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de transmisión variable: 1 - 115 Kbps, según el caso. • Costo de equipamiento variable, relativamente bajo, aunque existen equipos costosos. • Bajo consumo de energía (generalmente < 7W).
Satélite	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de frecuencias: 1,5 - 31 GHz. Bandas C y L son las más comunes. • Para telemetría se usan los servicios de satélites GEO (geostationary earth orbit) y LEO (low earth orbit). • Alcance ilimitado: cobertura práctica del 100% de la superficie del planeta. • Comunicación posible a prácticamente cualquier receptor en el rango de visibilidad del satélite. El enlace no es afectado por montañas, desiertos, lagos, áreas urbanas y otros entre las estaciones, como en otros casos. • Alta velocidad de transmisión (típico 60 Mbps x canal de 36 MHz en sistemas antiguos, mientras los modernos puede alcanzar cientos de Mbps por canal). • Alta disponibilidad del enlace. • Se requiere alineamiento preciso entre las antenas de tierra con el satélite. • Normalmente el costo no varía con la distancia entre los puntos a cubrir. • Se requiere pagar tarifa periódica, generalmente elevada, por el uso del servicio. • Los satélites pueden proveer servicios de voz y datos suministrados por redes celulares a unidades móviles de telefonía/datos en cualquier lugar del planeta. • Consumo de energía variable, relativamente alto. Desde unos pocos hasta varios Watts (ej. 5 - 100 W), según el caso.
GPRS (celular)	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de frecuencias: 850-900 MHz / 1800-1900 MHz (redes celulares) • Modulación digital y transmisión de "paquetes" aprovechando la red celular e Internet. • Posibles retrasos (latencia) elevados en la comunicación (debido al tráfico de paquetes en Internet). No recomendable para aplicaciones en tiempo real. • No requiere línea de vista entre la estación central y las remotas. • Comunicación posible a prácticamente cualquier receptor en el rango de cobertura de la red GSM/GPRS (nivel metropolitano, nacional e internacional). • Velocidad de transmisión típica alrededor de 20kbps. • El costo no varía con la distancia entre los puntos a cubrir. • Generalmente se requiere pagar tarifa periódica por la cantidad de paquetes transmitidos. Tarifa relativamente baja frente al servicio satelital. • Mínimo costo en equipamiento e infraestructura de comunicación, debido a que la mayor parte de esta última pertenece a una compañía de servicios de telecomunicaciones. • Instalación relativamente sencilla. • El consumo de energía es bajo (< 7 W).

1.4.4 Sistemas SCADA vía GPRS

Son sistemas SCADA en los cuales el sistema de comunicación entre las RTUs y la estación central consiste en una red GPRS, tal como se muestra en la Fig. 1.6.

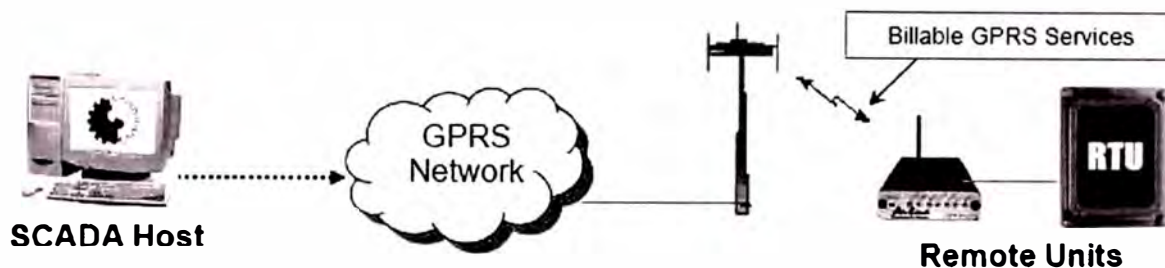


Fig. 1.6 Esquema simple de un sistema SCADA con comunicación vía GPRS [15]

En líneas generales, según el caso y aplicación, este tipo de sistemas SCADA operan de manera similar a los sistemas SCADA convencionales, aunque se debe tener en cuenta el propósito específico del sistema.

En estos sistemas SCADA, la estación central ("host") se comunica con las estaciones remotas a través de una red GSM/GPRS disponible, mediante una conexión directa a Internet (teniendo asignada por tanto una dirección IP). En la estación central se ejecuta un software SCADA que incluye una aplicación para acceder, gestionar e intercambiar datos con las estaciones remotas así como para gestionar la comunicación GPRS general.

Desde la estación central se puede entonces monitorear y registrar los datos de las estaciones remotas así como enviar comandos y datos específicos, ya sea en forma periódica predefinida o bajo ocurrencia de eventos (ej. alarmas), según se defina.

Por su parte, las estaciones remotas (RTUs), con capacidad para recopilar datos de instrumentos de campo y ejecución de algunas tareas de control, tienen acceso a la red GSM/GPRS activa en su zona, a través de la cual transmiten los paquetes de datos vía Internet (gracias al servicio GPRS) hasta la estación central.

Este tipo de sistemas pueden hacer uso de servicios típicos de las redes GSM/GPRS para teléfonos móviles, como es el envío de mensajes de texto (SMS) desde cualquier estación (central o remota) a cualquier teléfono móvil GSM/GPRS. Esto resulta muy útil

para el envío de alertas al personal de mantenimiento y/o supervisor de turno de la empresa usuaria.

Por otra parte, debido a la característica del tráfico de paquetes en Internet, la latencia del envío de datos puede ser elevada en algún momento, no siendo recomendable el uso de la tecnología GPRS como medio principal de comunicación en sistemas SCADA para aplicaciones que requieran respuesta en tiempo real.

Los principales beneficios de la tecnología GPRS para aplicaciones SCADA son:

- Posibilidad de envío de mensajes SMS a cualquier teléfono móvil que use tecnología GSM (ej. en caso de emergencia a personal de mantenimiento).
- No se requiere línea de vista entre las estaciones remotas y estación central.
- El rango de alcance es prácticamente ilimitado, siempre que exista cobertura GSM/GPRS en la zona de las estaciones remotas y la estación central tenga acceso a Internet.
- Bajos costos de operación relacionados a tarifas por paquetes transmitidos, ya que se puede transmitir de manera cíclica predeterminada o bajo ocurrencia de eventos.
- Comisionamiento relativamente sencillo y rápido, no se requiere un análisis ni planificación detallada de la trayectoria del enlace.
- Gran capacidad para trabajar en modalidad punto – multipunto, con varios nodos o estaciones remotas (ejemplos comerciales típicos ofrecen soporte para cientos de estaciones remotas).

En aplicaciones SCADA donde se hace absolutamente necesario el uso de medios de comunicación inalámbricos, la comunicación vía GPRS presenta mayores beneficios frente a las comunicaciones vía radioenlaces terrestres (VHF, UHF, microondas) y enlaces satelitales en los siguientes casos:

- Se tiene varias estaciones remotas (> 10) distribuidas geográficamente en un área con radio de varios kilómetros (ej. área metropolitana, regional, nacional o incluso internacional), sin haber línea de vista entre las estaciones remotas, ni entre las estaciones remotas y la estación central.
- La cantidad de información a transmitir es relativamente pequeña, no siendo necesaria una alta velocidad de transmisión.

- Debido a las características del proceso y función del sistema SCADA, la información se transmite periódicamente, a ciertos intervalos, no requiriéndose comunicación continua como enlaces dedicados (activos 100% del tiempo).
- Se tiene cobertura celular GSM/GPRS (confiable) en el área de trabajo de las estaciones remotas y central.
- Cuando el monto de la inversión es un criterio de gran peso en la decisión del sistema a emplear.
- Las características del proceso y/o la filosofía de control planteada para el sistema SCADA no exigen respuesta en tiempo real, existiendo relativa tolerancia a retrasos en la transmisión. Las funciones principales del sistema SCADA no incluyen actividades "críticas" (como paradas de emergencia, por ejemplo).

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL CASO DE INGENIERÍA

A fin de ilustrar la aplicación de sistemas SCADA vía GPRS, se plantea un caso genérico referido a la industria de tratamiento. En este caso particular la aplicación consiste en la supervisión y control a distancia de estaciones de bombeo de pozos de agua para red de agua potable, operadas por una empresa de servicio público.

2.1 Descripción general: Supervisión y control a distancia de estaciones de bombeo de pozos de agua distribuidos

El caso de ingeniería que se usará como base para el diseño del sistema SCADA vía GPRS consiste en la supervisión y control remoto de un conjunto de 10 estaciones de bombeo de pozos de agua distribuidos que alimentan a un reservorio, a una distancia promedio de 3 Km. de los pozos. Las estaciones de bombeo y el reservorio son operados por la empresa de servicio de agua potable y alcantarillado local. La Fig. 2.1 muestra el esquema general del caso.

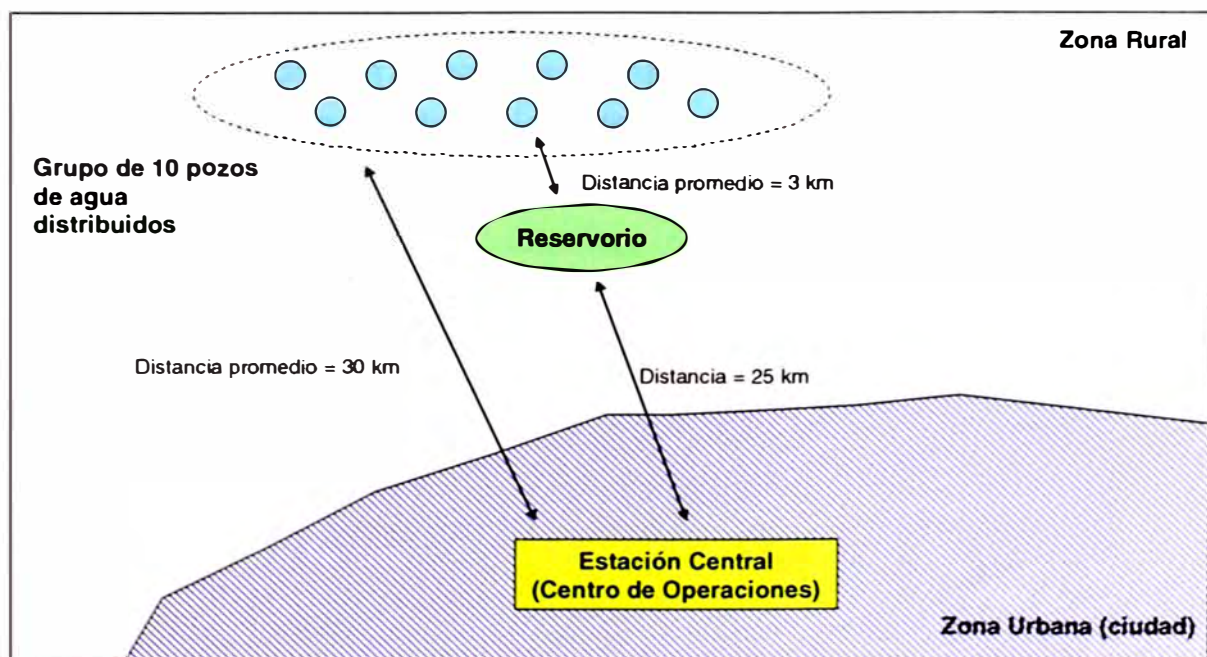


Fig. 2.1 Esquema general del caso

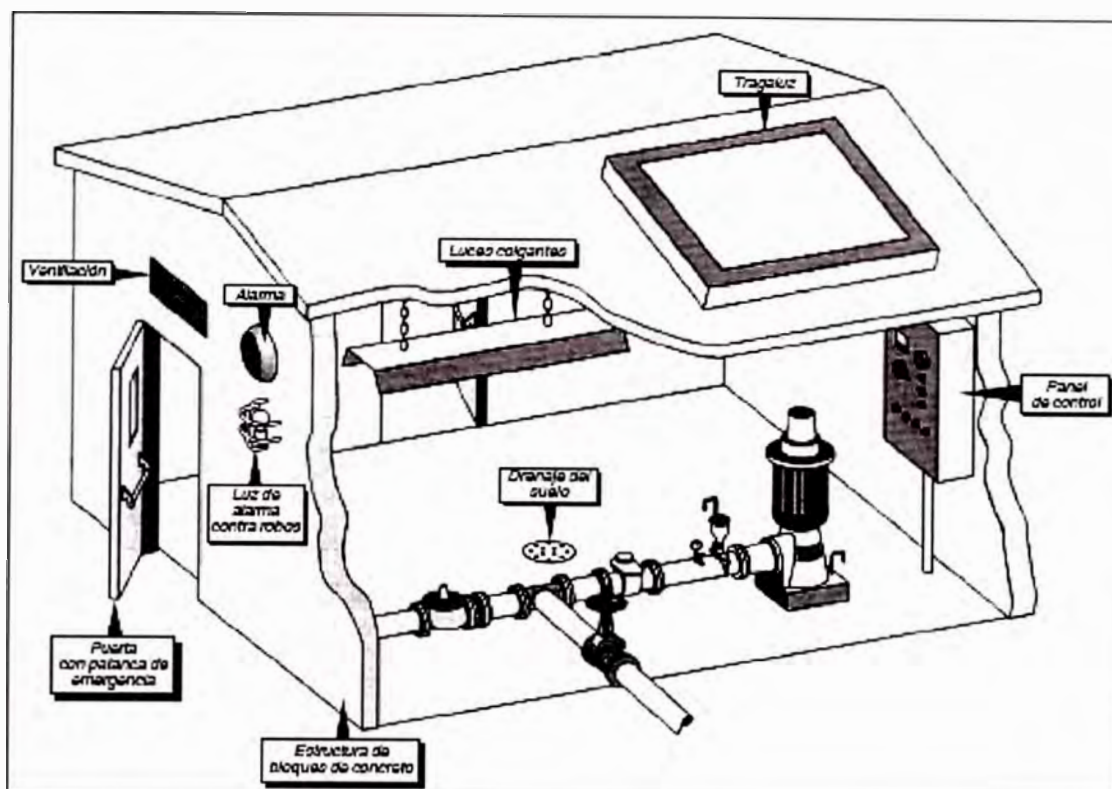
Los pozos de agua (estaciones de bombeo) se ubican en una zona rural, con terreno desértico, a las afueras de una ciudad del norte de Perú, a una distancia promedio de 30 km de la estación central; mientras que el reservorio, ubicado sobre un terreno elevado también en zona rural, se encuentra a 25 km de la estación central.

Dado el nivel de desarrollo de la zona rural, la infraestructura de comunicación de telefonía fija y de acceso a Internet es muy limitada; sin embargo, existe cobertura de red celular GSM/GPRS por un proveedor de servicios que opera en el país. Adicionalmente se conoce que en la zona rural, la radiación solar diaria promedio es de $14.400 \text{ KJ/m}^2 \cdot \text{día}$ (igual a $4 \text{ kW.h/m}^2 \cdot \text{día}$), es decir, equivalente a 4 horas solar pico (hsp).

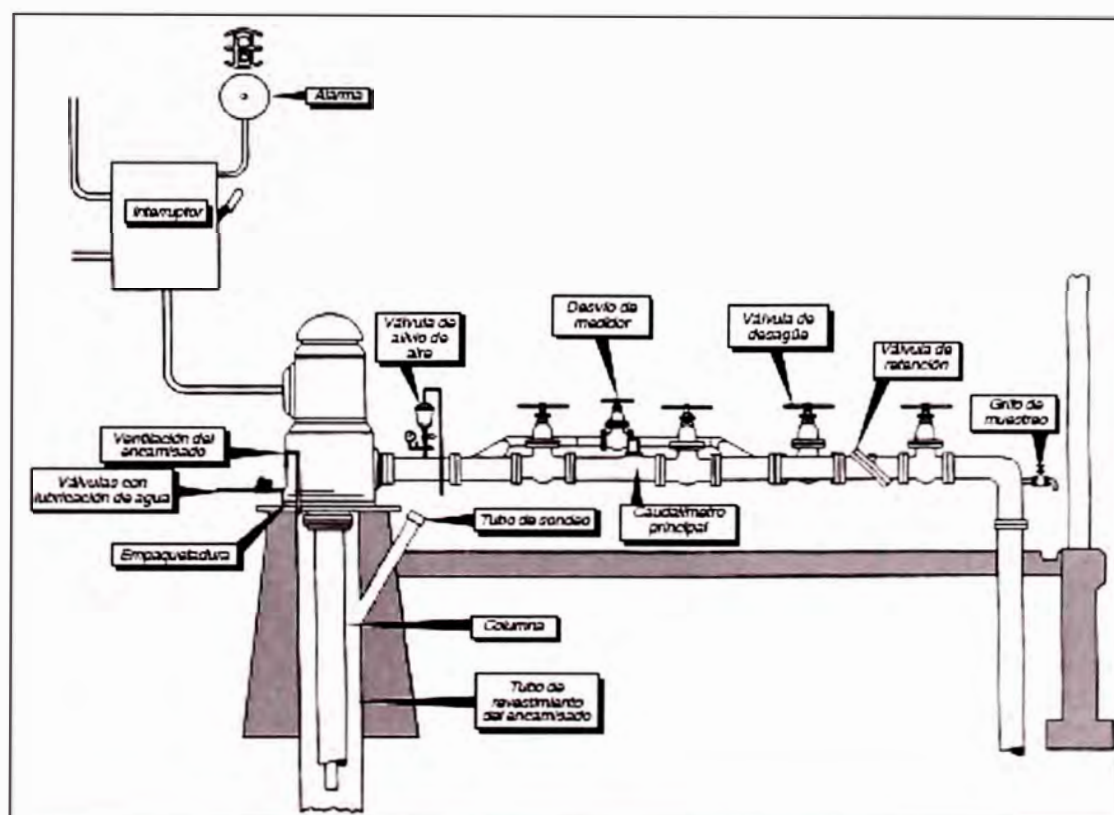
El monitoreo y control a distancia será realizado desde una estación central ubicada en el centro de la ciudad, en el centro de operaciones de la empresa de servicio de agua. Por otra parte, la geografía de la zona no permite condiciones de línea de vista entre la estación central y las estaciones remotas (de bombeo y reservorio).

Las estaciones de bombeo y reservorio se encuentran adecuadamente equipadas y operan en modo manual local (lazo abierto). En el caso de las estaciones de bombeo, las RTUs del sistema SCADA a diseñar deben contar con capacidad para control automático local (lazo cerrado).

Las Fig. 2.2 y Fig. 2.3 muestran esquemas típicos de estaciones de bombeo y de reservorios, que se tomarán como referencia para este estudio. En el ANEXO B se adjuntan planos con los detalles típicos de estaciones de bombeo, de casetas de rebombeo y de reservorios.



a)



b)

Fig. 2.2 Esquemas generales de una estación de bombeo de agua. a) Vista general. b) Detalle sección transversal [16, 17]

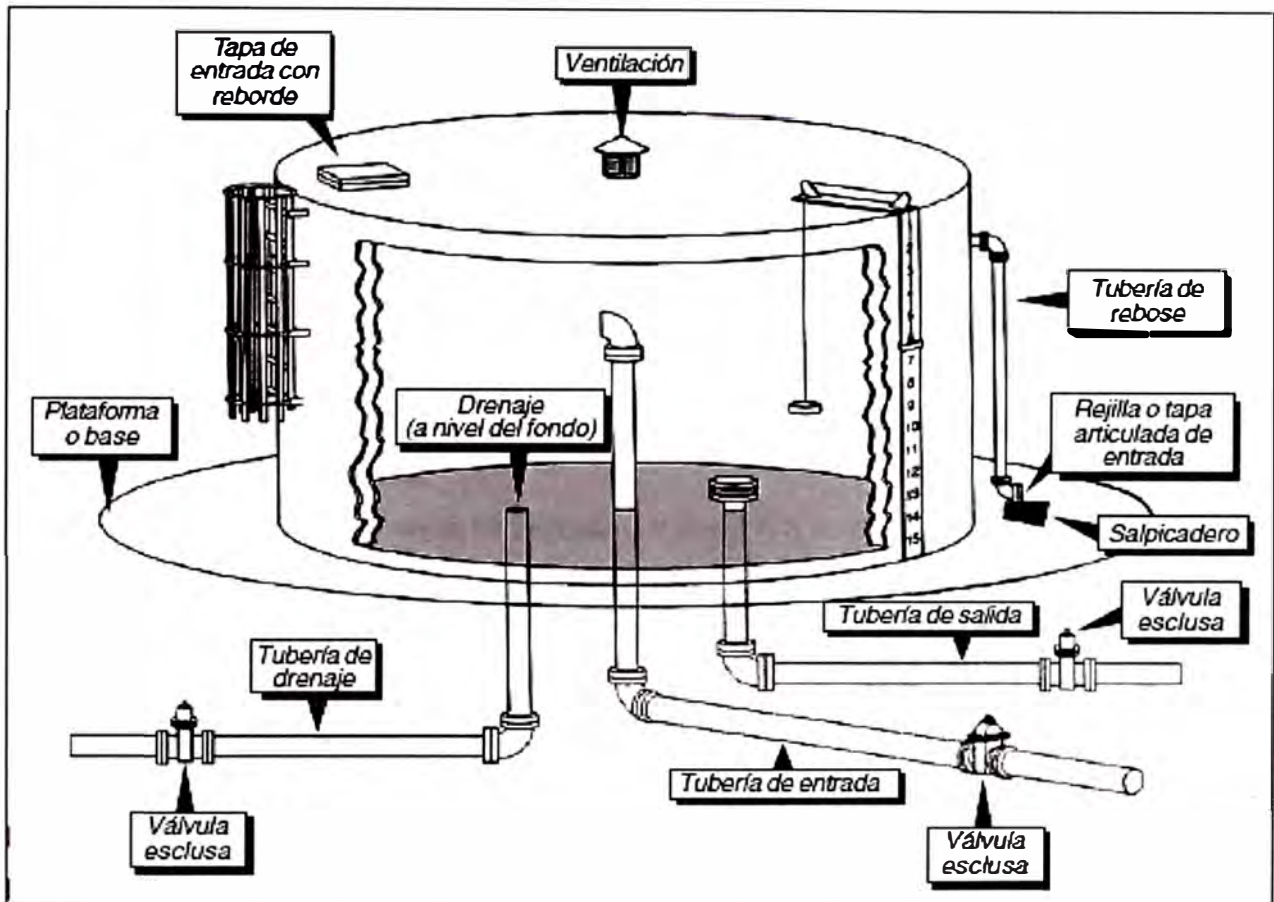


Fig. 2.3 Esquema general de un reservorio [18].

Tabla 2.1 Resumen de las características y condiciones de operación según el tipo de estación

	Características y condiciones de operación
Estación central	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación en zona urbana, en el centro de operaciones de la empresa de servicios de agua. • No línea de vista con estaciones de bombeo y reservorio. • Cuenta con PC compatible IBM (MS Windows XP Professional Service Pack 2) con acceso permanente a Internet (servicio Direct Subscriber Line - DSL) y dirección IP fija.
Reservorio	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación en zona rural, a aproximadamente 25 Km. de la estación central. • No cuenta con acceso a Internet ni a infraestructura de telefonía fija. • Cobertura de red celular GSM/GPRS. • Alimentación de energía eléctrica principal de un sistema eléctrico aislado (autogeneración). • Alimentación secundaria por autogeneración de energía eléctrica con grupo electrógeno (combustión de diesel), propiedad de la empresa de servicios de agua. • Actualmente con operación manual local (lazo abierto). • Cuenta con equipos de instrumentación y accionamientos requeridos para su operación normal.
Estaciones de bombeo	<ul style="list-style-type: none"> • 10 pozos de agua / estaciones de bombeo equipadas. • Ubicación en zona rural, a aproximadamente 30 Km. de la estación central (distancia promedio). • No cuenta con acceso a Internet ni a infraestructura de telefonía fija. • Cobertura de red celular GSM/GPRS. • Alimentación de energía eléctrica principal de un sistema eléctrico aislado (autogeneración). • Alimentación secundaria por autogeneración de energía eléctrica con grupo electrógeno (combustión de diesel), propiedad de la empresa de servicios de agua. • Actualmente con operación manual local (lazo abierto). • Cada estación cuenta con una bomba centrífuga vertical, motor eléctrico de inducción, variador de velocidad, así como otros instrumentos y accionamientos (caudalímetro, sensor de presión diferencial, válvula de alivio de presión, válvula compuerta, válvula check, otros) requeridos para su operación normal.

2.2 Objetivos y requerimientos funcionales del sistema SCADA

A continuación se describen los objetivos generales de usuario para la aplicación planteada, así como los requerimientos funcionales respectivos —desde el punto de vista de la aplicación— que el sistema SCADA deberá contemplar.

2.2.1 Objetivos generales del usuario

Desde el punto de vista de la empresa de servicios que opera las estaciones de bombeo y reservorio (“usuario”), el objetivo general consiste lograr una operación continua, eficiente y segura de sus instalaciones mediante la supervisión periódica —desde la estación central— de las variables del proceso en las estaciones de bombeo y de reservorio, control a distancia de la operación de las mismas y gestión oportuna y efectiva de acciones correctivas en caso de eventos no previstos (ej. emergencias).

Desde el punto de vista económico, el usuario requiere que el objetivo general se logre de la manera más costo-efectiva posible, teniendo en cuenta los aspectos relevantes asociados (ej. geográficos, tecnológicos, comerciales, etc.).

2.2.2 Requerimientos funcionales

El usuario desea monitorear y controlar a distancia las estaciones de bombeo y reservorio, pudiendo realizar operaciones a distancia y visualizar las variables principales con un periodo de actualización de 15 minutos. Además se debe llevar un registro permanente de las variables principales (ej. caudal de salida en estaciones de bombeo, nivel de tanque de almacenamiento en el reservorio), pudiendo visualizar tendencias de la operación actual e históricas.

Por otra parte, el sistema SCADA debe permitir una gestión de accesos segura, es decir, gestionar el nivel de acceso al sistema según el perfil de cada usuario (ej. operador, supervisor, administrador). Finalmente, el sistema SCADA debe contemplar un manejo efectivo de alarmas, en caso ocurran eventos no deseados en las estaciones de bombeo y reservorio (ej. variables fuera de límites superior o inferior establecidos, falla de sistema

de energía primario), notificándose inmediatamente al personal operativo para ejecución de acciones correctivas.

Las estrategias de control deseadas, según la estación remota, se describen a continuación:

- En las estaciones de bombeo el caudal de salida es regulado mediante la variación de velocidad del motor que acciona a la bomba. Esta estrategia es más eficiente en el consumo de energía que el empleo de una válvula de control; además, reduce el desgaste de la bomba y por tanto el costo de mantenimiento.
- En el reservorio se desea una estrategia de control tipo ON-OFF, relacionada al nivel del tanque de almacenamiento. Cuando el nivel del tanque de almacenamiento llega a un determinado límite inferior, se debe activar las estaciones de bombeo necesarias, de manera que el caudal combinado que ingresa al reservorio sea igual a la demanda máxima de caudal registrada en el reservorio en los últimos 15 minutos.

A continuación se resumen los principales requerimientos funcionales a ser contemplados por el sistema SCADA a diseñar.

a) Estación Central:

- Recepción y registro de datos enviados por las estaciones de bombeo y de reservorio.
- Control y monitoreo remoto de todas las estaciones, con visualización de las variables relevantes.
- De permitir la configuración general del sistema, incluyendo los parámetros de la comunicación GPRS.
- Debe permitir el “teleservicio” (mantenimiento, configuración remota) de las RTUs de las estaciones de bombeo y reservorio.
- Recepción y registro de alarmas enviadas de las estaciones y ejecución automática de acciones de respuesta, como paradas de ejecución, incluyendo notificación a personal de mantenimiento u otro competente.
- En operación regular, actualización periódica de la información de las estaciones remotas cada 15 minutos (actualización de datos ‘temporizada’). En el caso de

alarmas, el envío de las mismas se realizará bajo la ocurrencia del evento, teniendo alta prioridad en la transmisión de datos.

- Disparo remoto de envío de mensajes de texto (SMS) por las estaciones de bombeo y reservorio.

b) Estaciones de bombeo:

- Transmisión de datos tanto a la estación central como al RTU del reservorio.
- Medición de caudal instantáneo y total a la descarga de la bomba, presión de descarga de la bomba, velocidad del motor (rpm), niveles de tensión y corriente del sistema de alimentación activo, principalmente.
- Detección y envío de alarmas (ej. límite superior/inferior caudal y presión de descarga de bomba, nivel de carga de batería, etc.) a la estación central con la mayor prioridad (asíncrono, disparado por evento).
- Accionamiento manual y automático para bombeo de agua de pozo al reservorio.
- Conteo y acumulación de horas operativas de las bombas.
- Monitoreo y visualización en display local, de las variables de operación de la estación y alarmas.
- Todos los datos y variables medidas de proceso se almacenan con sello de tiempo en un "buffer" no volátil, hasta ser enviados y recibidos correctamente en la Estación Central, donde serán almacenados.
- Ante disparo de alarmas, envío automático de mensajes de texto (SMS) a teléfonos móviles (GSM) predeterminados (definido por el usuario).

c) Reservorio:

- Comunicación de datos posible tanto con estación central como con estaciones de bombeo.
- Medición de caudal y presión de ingreso, nivel del tanque de almacenamiento,
- Detección y envío de alarmas (ej. límite superior/inferior de nivel de tanque de almacenamiento, caudal y presión de ingreso, otras) a la estación central con la mayor prioridad (asíncrono, disparado por evento).
- Accionamiento de válvulas para recepción y descarga.
- Monitoreo y visualización en display local, de las variables de operación de la estación y alarmas.

- Todos los datos y variables medidas de proceso se almacenan con sello de tiempo en un “buffer” no volátil, hasta ser enviados y recibidos correctamente en la Estación Central, donde serán almacenados.
- Ante disparo de alarmas, envío automático de mensajes de texto (SMS) a teléfonos móviles (GSM) predeterminados (definido por el usuario).

En las tablas 2.2 y 2.3 (ver siguientes páginas) se muestra el listado de señales y equipos asociados, correspondientes a las estaciones de bombeo y al reservorio, respectivamente. Se indica asimismo si la acción sobre la señal y su visualización es local (en la estación remota) y/o remota (en la estación central).

Tabla 2.2 Listado de señales y equipos asociados correspondientes a las estaciones de bombeo

ID	Tipo Señal	Equipo origen / destino	Descripción	Acción	Visualización	Observaciones
1	EA	Caudalímetro	Caudal instantáneo en descarga de la bomba	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
2	EA	Caudalímetro	Caudal totalizado en descarga de la bomba	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
3	EA	Sensor de presión	Presión en descarga de la bomba	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
4	EA	CCM	Velocidad del motor (rpm)	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
5	ED	CCM	Selector modo de operación manual / automático	L	L / R	
6	ED	CCM	Estado (activo/inactivo) de motor-bomba	L	L / R	
7	ED	Tablero de distribución	Estado (activo/inactivo) del sistema de alimentación principal	L	L / R	
8	ED	Tablero de distribución	Estado (activo/inactivo) del sistema de alimentación secundario	L	L / R	
9	ED	Tablero de distribución	Estado (activo/inactivo) del sistema de respaldo RTU	L	L / R	
10	ED	Switch estado válvula de compuerta	Estado abierto / cerrado	L	L / R	
11	ED	Switch estado válvula de drenaje	Estado abierto / cerrado	L	L / R	
12	ED	Switch sirena de alarma	Estado activo/inactivo de sirena de alarma	L	L / R	
13	ED	Batería - Sistema de respaldo RTU	Alarma, nivel bajo de carga de la batería	L	L / R	
14	ED	Tablero de distribución	Alarma, falla sistema de alimentación principal	L	L / R	
15	ED	Tablero de distribución	Alarma, falla sistema de alimentación secundario	L	L / R	Al activarse las alarmas, se comunica el evento a la estación central y se dispara el envío de SMS
16	ED	Switch límite sensor de presión	Alarma, nivel alto de presión	L	L / R	
17	ED	Switch límite inferior Sensor de presión	Alarma, nivel bajo de presión	L	L / R	
18	ED	Switch límite superior caudalímetro	Alarma, nivel alto de caudal	L	L / R	
19	ED	Switch límite inferior caudalímetro	Alarma, nivel bajo de caudal	L	L / R	
20	ED	Tablero de control	Acuse local de alarma (reset)	L	L / R	
21	SA	CCM	Señal de control a variador de velocidad	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
22	SD	Válvula de compuerta	Apertura / cierre de válvula	L / R	-	
23	SD	Válvula de drenaje	Apertura / cierre de válvula	L / R	-	
24	SD	CCM	Parada emergencia motor-bomba	L / R	L / R	
25	SD	CCM	Arranque / parada de motor-bomba	L / R	-	
26	SD	Switch Sirena Alarma	Sirena de alarma activada/desactivada	L / R	-	
27	VAR - Entrada	Estación central	Acuse remoto de alarma	R	R	Comunicación con estación central via GPRS
28	VAR - Entrada	HMI local / Estación central	Selector modo local o remoto	L / R	L / R	Comunicación de datos serial con el display local y via GPRS con la estación central.
29	VAR - Entrada	HMI local / Estación central	Set point de caudal en tubería de salida	L / R	L / R	
30	VAR - Salida	HMI local / Estación central	Tiempo totalizado de operación de la bomba (horas)	Local	L / R	

Donde:

L = Local / R = Remota / CCM = Centro de control de motores / EA = Entrada Analógica / ED = Entrada Digital / SA = Salida Analógica / SD = Salida Digital / VAR = Variable interna PLC

Tabla 2.3 Listado de señales y equipos asociados correspondientes al reservorio

ID	Tipo Señal	Equipo origen / destino	Descripción	Acción	Visualización	Observaciones
1	EA	Caudalímetro ingreso	Caudal instantáneo de ingreso	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
2	EA	Caudalímetro ingreso	Caudal totalizado de ingreso	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
3	EA	Caudalímetro salida	Caudal instantáneo de salida	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
4	EA	Caudalímetro salida	Caudal totalizado de salida	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
5	EA	Sensor de nivel	Nivel en tanque de almacenamiento	L	L / R	Señal de 4 a 20mA
6	ED	Tablero de distribución	Estado (activo/inactivo) del sistema de alimentación principal	L	L / R	
7	ED	Tablero de distribución	Estado (activo/inactivo) del sistema de alimentación secundario	L	L / R	
8	ED	Tablero de distribución	Estado (activo/inactivo) del sistema de respaldo	L	L / R	
9	ED	Switch estado válvula de compuerta ingreso	Estado válvula abierta / cerrada	L	L / R	
10	ED	Switch estado válvula de compuerta salida	Estado válvula abierta / cerrada	L	L / R	
11	ED	Switch estado válvula de drenaje	Estado válvula abierta / cerrada	L	L / R	
12	ED	Switch sirena de alarma	Estado activo/inactivo de sirena de alarma	L	L / R	
13	ED	Batería - Sistema de respaldo RTU	Alarma , nivel bajo de carga de batería	L	L / R	
14	ED	Tablero de distribución	Alarma , falla sistema de alimentación principal	L	L / R	
15	ED	Tablero de distribución	Alarma , falla sistema de alimentación secundario	L	L / R	
16	ED	Switch límite superior caudalímetro ingreso	Alarma , nivel alto de caudal	L	L / R	Al activarse las alarmas, se comunica el evento a la estación central y se dispara el envío de SMS
17	ED	Switch límite inferior caudalímetro ingreso	Alarma , nivel bajo de caudal	L	L / R	
18	ED	Switch límite sensor de presión de ingreso	Alarma , nivel alto de presión	L	L / R	
19	ED	Switch límite superior sensor de nivel	Alarma , nivel alto de tanque	L	L / R	
20	ED	Switch límite inferior sensor de nivel	Alarma , nivel bajo de tanque	L	L / R	
21	SD	Válvula de compuerta ingreso	Apertura / cierre de válvula	L / R	-	
22	SD	Válvula de compuerta salida	Apertura / cierre de válvula	L / R	-	
23	SD	Válvula de drenaje	Apertura / cierre de válvula	L / R	-	
24	SD	Switch Sirena Alarma	Sirena de alarma activada/desactivada	L / R	-	
25	VAR - Entrada	Estación central	Acuse remoto de alarma	R	R	Comunicación con estación central via GPRS
26	VAR - Entrada	HMI local / Estación central	Selector modo local o remoto	L / R	L / R	Comunicación de datos serial con el display local y via GPRS con la estación central.
27	VAR - Entrada	HMI local / Estación central	Set point demanda de caudal (para transmitir a estaciones de bombeo)	L / R	L / R	

Donde:

L = Local / R = Remota / EA = Entrada Analógica / ED = Entrada Digital / SA = Salida Analógica / SD = Salida Digital / VAR = Variable interna PLC

CAPÍTULO III DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

En este capítulo se presenta el desarrollo del diseño del sistema SCADA.

3.1 Criterios de diseño

Los principales criterios de diseño a tener en cuenta al dimensionar un sistema SCADA son los siguientes [10, 12, 13]:

- Requerimientos generales de control
- Secuencia lógica de control
- Control de lazos analógicos
- Número de variables analógicas y digitales
- Velocidad de control y de adquisición de datos
- Protocolo de campo (comunicación de datos)
- Estaciones de control maestro y de operador
- Tipo de displays ("pantallas de visualización") requeridas
- Requerimientos de registros históricos
- Confiabilidad y disponibilidad
- Redundancia del sistema
- Capacidad de expansión
- Modelamiento y aplicaciones de software

3.2 Evaluación del caso

Según la descripción general y requerimientos funcionales establecidos en el Capítulo II, se procederá al diseñar el sistema de control correspondiente. A continuación se analizan los principales puntos a considerar:

- Debido a que se requiere la centralización de datos de varios pozos de agua, la arquitectura del sistema puede ser punto – multipunto.
- El proceso de bombeo de agua a un reservorio no presenta altos riesgos (como en el caso de aplicaciones para hidrocarburos) y el tiempo de respuesta requerido por el proceso es del orden de segundos. Los eventos locales en las estaciones remotas pueden ser resueltos por rutinas en los PLCs locales sin requerir intervención inmediata de operadores, quienes pueden acudir posteriormente a la estación donde surgió el evento.
- En el caso de monitoreo remoto, el volumen de datos a transmitir es relativamente bajo, como se mostrará más adelante en esta sección. Por lo tanto no se requiere un enlace dedicado de alta velocidad de transmisión.
- Dada la ubicación de los pozos, reservorio y la estación central, la escasa infraestructura de comunicaciones y servicios públicos de la zona rural y las condiciones geográficas que limitan los radioenlaces con línea de vista, se identifica que la alternativa técnica viable es la comunicación vía red GSM/GPRS activa en la zona.

Por tanto, teniendo en cuenta la evaluación anterior, se diseñará un sistema de control a distancia que utilice servicios GPRS de la red GSM activa en la zona, a fin de lograr la comunicación costo-efectiva de los datos. En el capítulo 4 se verificará que esta es además la alternativa más económica, y por tanto más costo-efectiva, ya que no se debe invertir en mayor infraestructura de comunicaciones.

Tabla 3.1 Listado de señales según su tipo y volumen de datos (bytes) a ser transmitidos vía GPRS por cada estación remota. a) RTU estación de bombeo. b) RTU reservorio

ID	Tipo Señal	Cant.	Cant. total incl. 15% reserva	Tipo Variable	Bytes Comm. GPRS
1	EA	4	5	Palabra (16bits)	8,00
2	ED	16	19	Bit	2,00
3	SA	1	2	Palabra (16bits)	2,00
4	SD	5	6	Bit	0,63
5	Variable interna digital	2	0	Bit	0,25
5	variable interna	2	0	Palabra (16bits)	4,00
Total					16,88

a)

ID	Tipo Señal	Cant.	Cant. total incl. 15% reserva	Tipo Variable	Bytes Comm. GPRS
1	EA	5	6	Palabra (16bits)	10,00
2	ED	15	18	Bit	1,88
3	SA	0	0	Palabra (16bits)	-
4	SD	4	5	Bit	0,50
5	Variable interna digital	2	0	Bit	0,25
5	Variable interna	1	0	Palabra (16bits)	2,00
Total					14,63

b)

Para dimensionar la capacidad de entradas y salidas de señales de las estaciones remotas (RTUs), se considera un 15% adicional como factor de reserva. Tomando como ejemplo el caso de una estación de bombeo, de acuerdo a la tabla 3.1, se tiene 5 entradas analógicas; sin embargo, agregando el factor de reserva, el RTU deberá disponer de 6 entradas analógicas.

El mismo procedimiento se repite para dimensionar los RTUs para las demás entradas y salidas, tanto para las estaciones de bombeo como para el reservorio, respectivamente.

Adicionalmente, cada RTU deberá tener una capacidad de "buffering" de datos, es decir, cada PLC deberá contar con memoria para almacenamiento temporal de datos recibidos o por transmitir, a fin de mantener la continuidad (historial) de los datos del proceso, en caso la comunicación GSM/GPRS no esté disponible (ej. problemas en el enlace).

3.3 Arquitectura y diseño del sistema SCADA

En esta sección se describe el diseño del sistema SCADA vía GPRS y se presenta su arquitectura (ver Fig. 3.1, siguiente página).

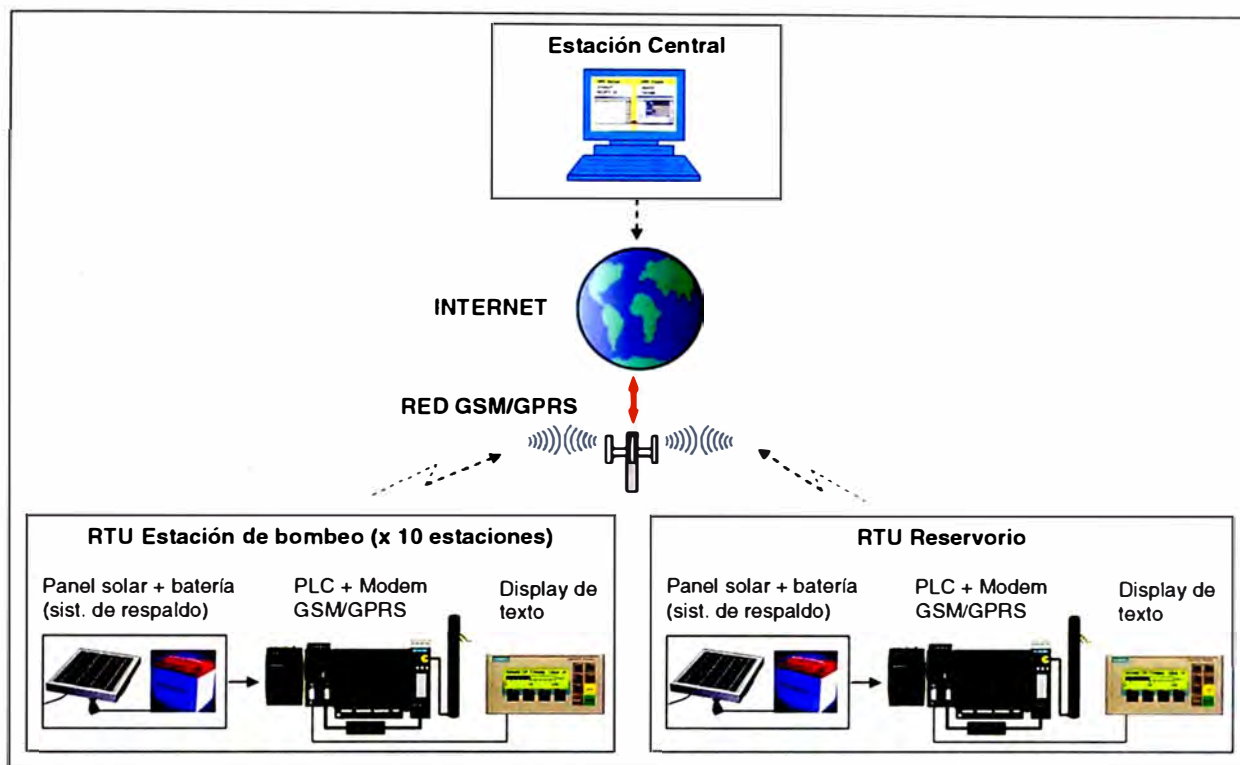


Fig. 3.1 Arquitectura del sistema SCADA vía GPRS propuesto.

La arquitectura se basa en una topología punto – multipunto, donde la estación central actúa como servidor de comunicación y centralizador de datos de procesos de las estaciones remotas (RTUs). La estación central ejecuta tanto el software SCADA como el software para manejo y configuración de la comunicación GPRS con los RTUs. Los RTUs, tanto de las estaciones de bombeo como del reservorio, tienen la misma configuración básica, en tanto contienen un PLC conectado a un modem GSM/GPRS y a un display local, contando con un sistema de respaldo de energía que consiste en un panel solar y un banco de baterías.

Según los requerimientos evaluados en la sección anterior (3.2), se han seleccionado componentes comerciales adecuados en funcionalidad y capacidad para la aplicación en estudio, específicamente de la empresa fabricante Siemens, la cual ofrece un portafolio amplio y es relativamente conocida en el mercado peruano.

La elección de la marca Siemens obedece también a la familiaridad del autor con la empresa y disponibilidad de información técnica y comercial (pública). Otras empresas fabricantes con portafolio relevante para el caso en estudio, tanto en equipos de automatización como de comunicaciones, y con presencia en el mercado peruano son: General Electric, ABB Schneider Electric, Rockwell Automation, Emerson, Motorola, etc.

Como componentes claves del sistema SCADA propuesto, se ha seleccionado el software para control remoto vía GPRS SINAUT Micro SC en conjunto con el módem GPRS SINAUT MD720-3 y el PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP, los cuales cumplen con las especificaciones mínimas indicadas en la sección anterior.

A continuación se describe cada estación, mencionando sus componentes principales.

3.3.1 Estación central

- La estación central estará equipada con una PC compatible IBM con comercial con sistema operativo Windows XP y deberá tener acceso a Internet (ej. conexión DSL), contando con una dirección IP estática (también es posible contar con una dirección IP dinámica, con un servicio tipo Dynamic DNS).
- La PC tendrá instalada el software SINAUT MICRO SC® para gestionar la comunicación GPRS y el software SCADA WinCC Flexible® para visualizar los datos del proceso e ejecutar comandos remotos.
- El software SINAUT MICRO SC es un servidor OPC, usado como plataforma para el intercambio de datos con las estaciones remotas. OPC (Openness, Productivity, Collaboration) es una interfase de software abierta para el intercambio de datos, generalmente empleado para aplicaciones SCADA e intercambio de datos en entornos industriales.
- El software SINAUT MICRO SC trabaja a través de una red virtual privada (VPN) propia, lo cual permite al modem GSM/GPRS crear un túnel VPN hacia el módulo de gestión de conexiones en la estación central. Ambos nodos pueden intercambiar datos de manera segura a través de este túnel. Una ventaja consiste en la posibilidad de comunicación segura entre estaciones remotas. El módulo de gestión de conexión contiene una rutina para lograr lo anterior, y la emplea para canalizar el tráfico de datos entre las estaciones remotas a través de su propia VPN, ofreciendo una transmisión segura frente a intercepciones, espionaje y/o manipulación externos.
- El software WinCC Flexible actúa como cliente OPC y se encarga de mostrar los datos de proceso a través de una interfase de usuario gráfica y registrar dichos datos en un archivo de tipo CSV (archivo con valores separados por comas, según sus siglas en inglés) con sello de tiempo real.

- En la tabla 3.3 se presenta el listado de componentes de la estación central.

Tabla 3.2 Listado de componentes de la estación central

Item	Función	Componente	Código de parte	Cant
1	Plataforma operativa	PC servidor compatible (INTEL o AMD); Windows 2003 Server SP1 / XP Prof. SP2 / 2000 Prof. o Server SP4. Velocidad de reloj recomendada > 1GHz; memoria principal > 500MB; memoria libre disponible en disco duro > 1 GB; lector CD-ROM; adaptador de red o alternativa para acceso a Internet.	-	1
2	Comm. GPRS	Software SINAUT MICRO SC, para gestión de comunicación GPRS con PLC SIMATIC S7-200. Ejecutable bajo Windows 2000 SP3 / XP Profesional SP 2. Licencia para 8 estaciones. Marca Siemens.	6NH9910-0AA10-0AA3	2
3	SCADA	Software WinCC Flexible 2007 ADVANCED ENGINEERING. Software para configuración de paneles SIMATIC y software SCADA WinCC Flexible 2007 Runtime. Ejecutable bajo Windows 2000 SP3 / XP Profesional. Marca Siemens.	6AV6613-0AA51-2CA5	1
4	SCADA	Software SCADA WinCC Flexible 2007 Runtime. Licencia para 512 Tags. Ejecutable bajo Windows 2000 SP3 / XP Profesional SP 2. Marca Siemens.	6AV6613-1DA51-2CA0	1
5	Config. / Prog. RTUs	Software SIMATIC STEP 7- Micro/WIN32 V4.0 SP3. Software para programación de PLCs SIMATIC S7-200. Ejecutable bajo Windows 2000 SP3 / XP Profesional SP 2 / XP Home. Marca Siemens.	6ES7810-2CC03-0YX0	1
6	Alimentación eléctrica	Sistema de alimentación ininterrumpida UPS con estabilizador.	-	1

3.3.2 Estaciones Remotas (RTUs estaciones de bombeo y reservorio)

- Luego de evaluar los requerimientos listados en la tabla 3.1, se concluye que la configuración de las RTUs a diseñar para las estaciones de bombeo y reservorio es similar. Por tanto se usará la misma configuración de RTU para ambos casos.
- El RTU consiste en un PLC con su fuente de alimentación regulada y módulo de ampliación para señales de entrada y salida, modem GSM/GPRS con protección pararrayos y sistema de respaldo fotovoltaico en caso que los sistemas de alimentación de energía eléctrica primario y secundario estén fuera de servicio.
- El sistema de respaldo fotovoltaico ha sido dimensionado para proporcionar una autonomía de 1 día. En el ANEXO A se detalla el cálculo para el dimensionamiento del sistema de respaldo fotovoltaico.
- Se incluye una memoria no volátil de 256 kb para el PLC, para almacenamiento temporal de los datos de proceso con sello de tiempo real, hasta que sean transmitidos exitosamente a la estación de destino.
- Las Fig. 3.2 y 3.3 muestran los diagramas de bloques de las estaciones remotas, según el caso. En la tabla 3.3 se lista los componentes de las estaciones remotas.

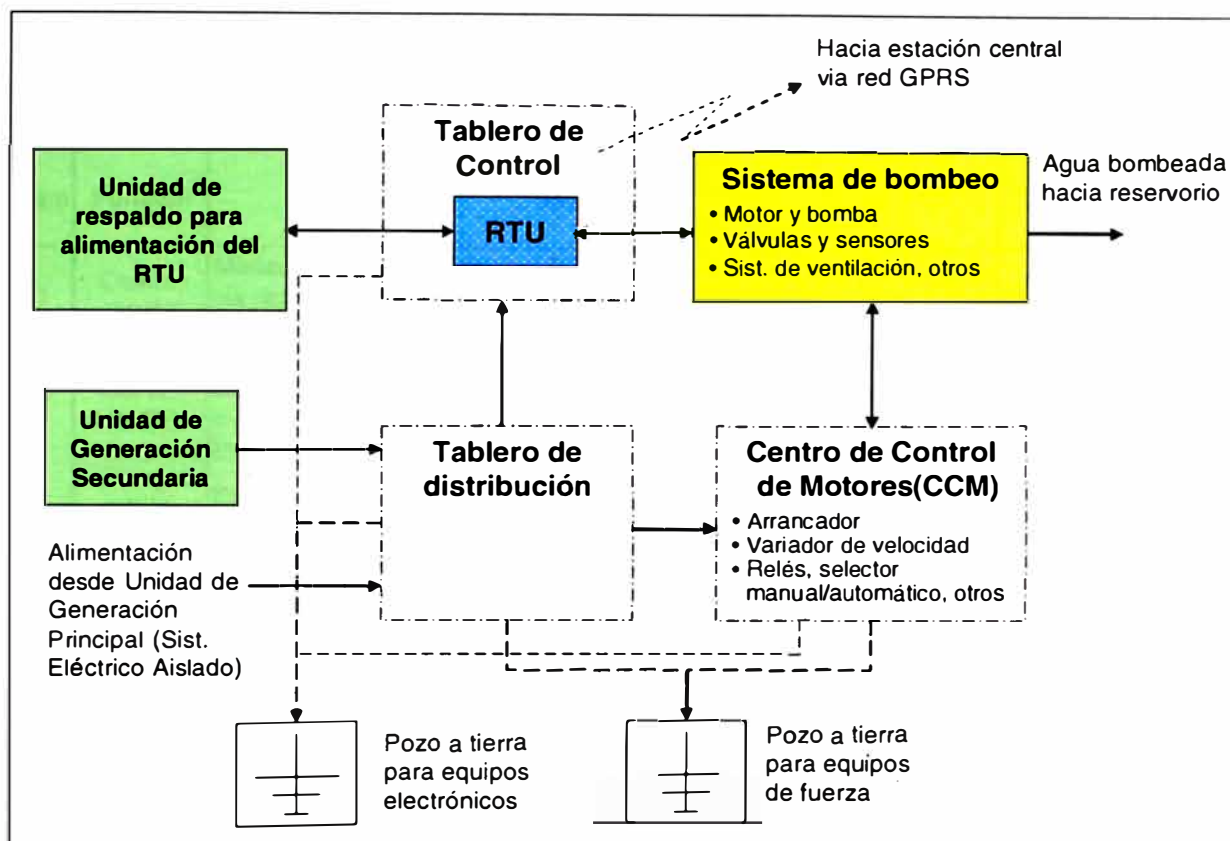


Fig. 3.2 Diagrama de bloques típico de una estación de bombeo.

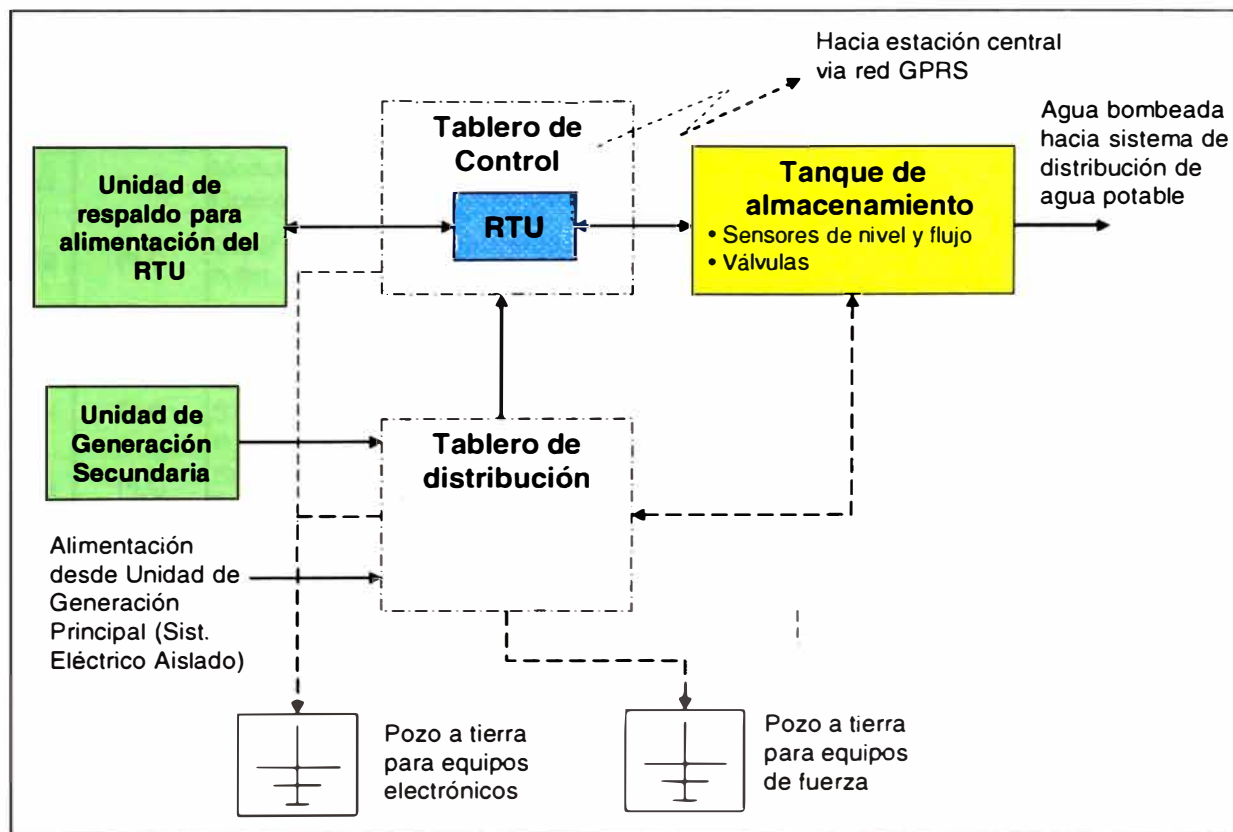


Fig. 3.3 Diagrama de bloques del reservorio.

Tabla 3.3 Listado de componentes del RTU de una estación de bombeo

Item	Función	Descripción	Modelo / Código de parte	Cant
1	Comm. GPRS	Modem SINAUT MD720-3 GSM/GPRS. Modem para comunicación via red GSM, con conexión GPRS. Cuatro bandas. Interface RS232; incluye adaptador RS232. Marca Siemens	6NH9720-3AA00	1
2	Comm. GPRS	Antena SINAUT ANT 794-4MR. Antena GSM de cuatro bandas y UMTS, para modem SINAUT MD720-3. Resistente a la intemperie. Incluye cable de 5m. de baja pérdida y accesorios de montaje. Marca Siemens.	6NH9860-1AA00	1
3	Comm. GPRS	Protector de antena, pararrayos.	-	1
4	Comm. GPRS	Tarjeta SIM para comunicación GPRS	-	1
5	Sistema Respaldo	Módulos solar fotovoltaico, de 66W, 12Vdc y 4A medio de salida. Incluye accesorios de montaje. Marca ATERSA.	A-66P	4
6	Sistema Respaldo	Regulador de 15A a 12/24Vdc. Marca ATERSA.	MINO V2 12/24V 15	1
7	Sistema Respaldo	Batería de 50A.h @ 24Vdc. Marca Bosch. (Brinda autonomía de 1 día.)	-	1
8	PLC	Cable PC/PPI Multimaestro. Para conectar PLCs familia SIMATIC S7-200 a puerto serial de PC y a modem GSM. Marca Siemens.	6ES7901-3CB30-0XA0	1
9	PLC	PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP / Memoria Prog/Datos: 12/16KB/10KB / Alim: 24Vdc / Entrada Digital: 14DIx24Vdc / Salida Digital: 10DOx24Vdc@0.75A / Entrada Analógica: 02 AI xU / Salida Analógica: 1AOxU/I / Interface: 2 x RS485. Marca Siemens	6ES7214-2AD23-0XB0	1
10	PLC	Modulo de Entrada/Salida Análoga EM235 para PLC S7-200 CPU 22X / Entrada: 4AIxU/I / Salida: 1AOxU/I / Tension: +/-10V/0-10V / Corriente: 0-20/4-20ma / Resol.: 12bits. Marca Siemens.	6ES7235-0KD22-0XA0	1
11	PLC	Modulo de Entrada Digital EM221 para PLC S7-200 CPU 22X / Opticamente Aislada / Entradas: 8DIx24Vdc. Marca Siemens.	6ES7221-1BF22-0XA0	1
12	PLC	Cable de Expansion para Modulos PLC S7-200 CPU 22X / Longitud 0,8m. Marca Siemens	6ES7290-6AA20-0XA0	2
13	PLC	Fuente de Alimentacion Estabilizada LOGO! Power 1.3 / Entrada: 85-264Vac / Salida: 24Vdc@1.3Amp / Marca Siemens.	6EP1331-1SH02	1
14	PLC	Modulo de Memoria MC291 / Capacidad: 256 KBYTES / Para PLC S7-200 CPU 22X / Para archivar Programa del PLC, Data Logging, Recetas, Archivos. Marca Siemens.	6ES7291-8GH23-0XA0	1
15	PLC	Rack de Montaje tipo Riel, Ancho = 35mm, longitud 483mm. Marca Siemens.	6ES5710-8MA11	1
16	HMI	Display de Texto TD200 para PLC S7-200 CPU21X/22X / Display: 2 lineas; 20Caract/lin / Caract. 5mm / 05 Idiomas / Iluminacion Posterior / Conexion via Puerto PPI (PtP o Red PPI) / Velocidad: 9.6 a 185. 5Kbit/s o de PLC / Incluye cable de conexión con S7-200. Marca Siemens.	6ES7272-0AA30-0YA0	1

3.4 Descripción de la operación del sistema SCADA

En esta sección se describe el funcionamiento general del sistema SCADA diseñado, según el caso. Parte de la descripción ha sido tomada del manual de operación del modem Siemens SINAUT MD720-3 [19].

3.4.1 Configuración inicial de la comunicación via GPRS

- El modem MD720-3 requiere que se le inserte una tarjeta SIM con servicio GPRS habilitado.
- La antena de cuatro bandas, permite la operación en redes GSM en las frecuencias de 800MHz, 900 MHz, 1800MHz y 1900MHz.
- La configuración del modem se realiza a través del bloque de función "WDC_INIT" del PLC SIMATIC S7-200. Este bloque envía al MODEM los parámetros correspondientes registrados previamente en la memoria de usuario, cada vez que se activa o resetea el controlador. El parámetro principal es el nombre de punto de acceso (APN, por sus siglas en inglés) del proveedor de servicios de comunicación móvil GSM/GPRS, el cual define el nodo hacia Internet en la red GPRS.
- Luego que los parámetros han sido transmitidos, el modem establece automáticamente una conexión con el servidor SINAUT MICRO SC en la estación central.

3.4.2 Operación general

- Según el objetivo de control planteado en el capítulo 2, las estaciones remotas envían sus datos relevantes de proceso (ej. caudal de cada estación de bombeo, nivel del tanque de almacenamiento del reservorio, otros) cada 15 minutos (periodo regular de actualización de datos).
- La estación central recibe los datos, los registra (y mantiene en "archivo histórico"), permitiendo al operador supervisar la dinámica del proceso. El programa SCADA en la estación central procesa los datos recibidos de las estaciones de bombeo y reservorio, y calcula el caudal (set point) al cual debe operar cada estación de bombeo. Luego de dicha operación, la estación central envía los datos relevantes a las estaciones remotas.

- Desde la estación central es posible operar remotamente las estaciones de bombeo, lo cual permite que el operador ingrese y envíe los set points deseados a las estaciones remotas y reservorio.
- En las estaciones de bombeo, los RTUs realizan el control local automático del proceso de bombeo de agua, permitiendo también su operación manual, ya sea local o remota. El objetivo de control local en las estaciones de bombeo es lograr que la bomba envíe el caudal indicado por el set point establecido ya sea desde la estación central o localmente a través del panel de texto.
- En el reservorio, el objetivo de control es mantener el nivel del tanque de almacenamiento en un rango determinado. Para esto el RTU, en caso el nivel en el tanque llegue a los valores máximo o mínimo permitidos, abre la compuerta de drenaje y dispara una rutina asíncrona (fuera del ciclo regular de actualización de datos) que envía un comando con alta prioridad a la estación central para que esta recalcule y actualice los set points en las RTUs de las estaciones de bombeo.
- Igual que en el caso de las estaciones de bombeo, el RTU del reservorio permite la operación manual, ya sea local o remota.
- En caso se genere una alarma en las estaciones remotas, los RTUs tienen la posibilidad de enviar un mensaje de texto a hasta 3 teléfonos móviles. En este caso, las estaciones remotas están en la plena capacidad para enviar mensajes de texto a través del modem GSM/GPRS, sin necesidad de tener una conexión activa con la estación central.

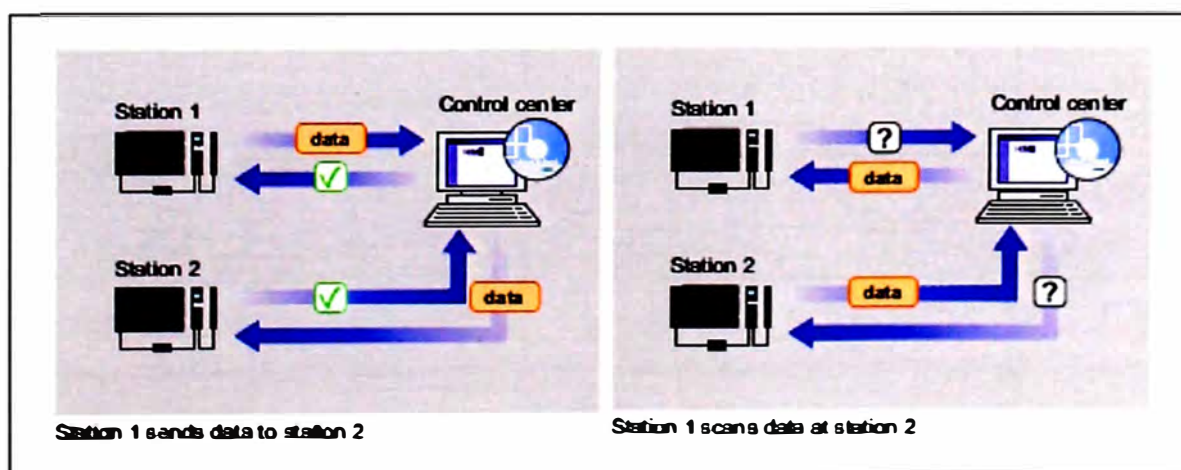
3.4.3 Estrategia de control automático en estaciones remotas

- El diseño del esquema y código de programa de control automático de lazo cerrado en las estaciones de bombeo escapa al alcance del presente informe.
- En el caso de estudio se considera que las estaciones de bombeo cuentan con los equipos e instrumentos para implementar dicho esquema de control. Por otra parte, el sistema que se propone tiene la capacidad para implementar el control automático local, comandado por el RTU de cada estación de bombeo.
- A manera ilustrativa, el control automático local de las estaciones de bombeo puede implementarse mediante un solo lazo cerrado PID (proporcional, integrativo y derivativo), por ejemplo, realimentando la medición de caudal frente a un set-point con el caudal deseado y variando la velocidad del motor según corresponda. También puede emplearse esquemas de control más avanzados como control en cascada.

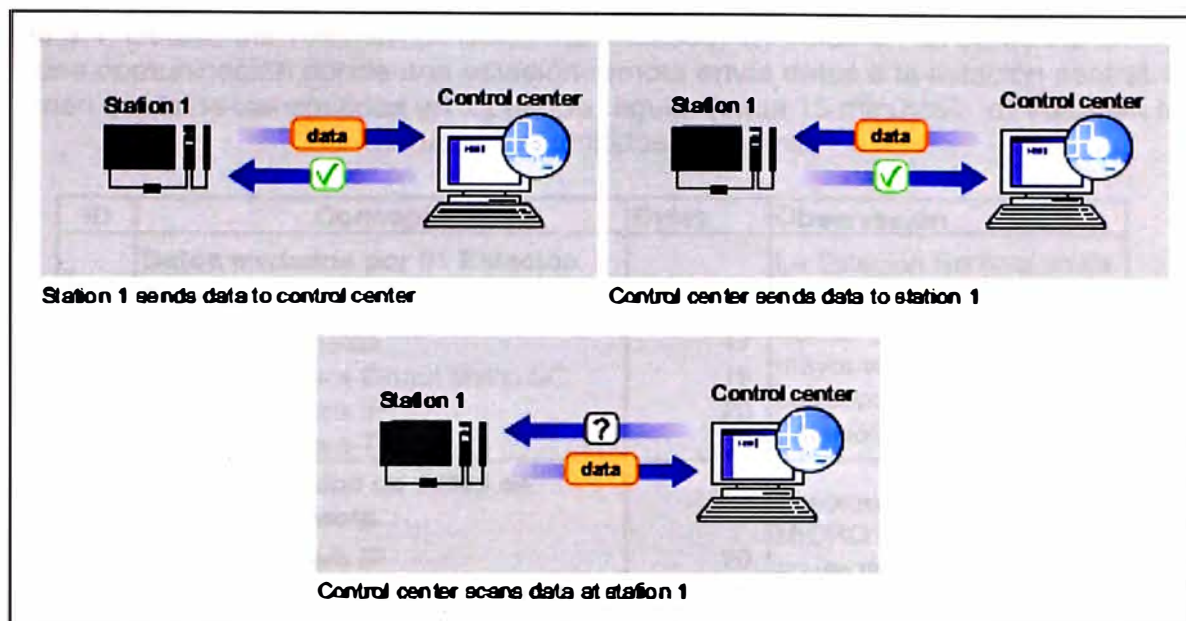
- En el reservorio se tiene un control automático gobernado por el RTU, de tipo ON-OFF, que depende del nivel de tanque de almacenamiento. Cuando el nivel del tanque de almacenamiento llega a un determinado límite inferior, se envía una señal para activar a las estaciones de bombeo necesarias, de manera que su caudal combinado de ingreso al reservorio sea igual a la demanda máxima de caudal registrada en el reservorio en los últimos 15 minutos. Se considera un periodo de 15 minutos, ya que ese es el periodo regular de actualización de los datos.

3.4.4 Comunicación entre estaciones

- Al activar un RTU, el modem GSM/GPRS intenta automáticamente establecer una conexión GPRS con la estación central, según los parámetros preestablecidos. La dirección de destino correspondiente a la estación central es su dirección IP.
- Cada vez que se logre una conexión GPRS exitosa, el software SINAUT MICRO SC almacenará los parámetros de conexión relevantes. Para cada estación remota, el SINAUT MICRO SC almacena la dirección IP GPRS asignada por el proveedor del servicio, así como el número de estación.
- Está permitida la comunicación de datos entre la estación central y las estaciones remotas. La transferencia de datos entre estaciones remotas se da siempre a través de la estación central. Las Fig. 3.4 y 3.5 ilustran los procesos de comunicación, según el caso.
- En el caso de alarmas, estas serán transmitidas por las estaciones remotas a la estación central con la más alta prioridad.



a)



b)

Fig. 3.4 Proceso de transmisión de datos entre estaciones. a) Entre estación central y remota. b) Entre estaciones remotas

La tabla 3.4 (ver siguiente página) resume el volumen de datos a ser transmitido entre la estación central y las estaciones remotas.

Tabla 3.4. Detalle del volumen de datos transmitidos. a) Volumen de datos transmitidos en una comunicación donde una estación remota envía datos a la estación central. b) Volumen de datos transmitidos en 1 periodo regular (cada 15 minutos). c) Volumen total de datos transmitidos en un mes

ID	Concepto	Bytes	Observación
1	Datos enviados por 01 Estación Remota		La Estación Remota envía 16,88 = 17 Bytes de datos netos. Se toma el caso de mayor volumen de datos, correspondiente a la Estación de Bombeo.
1.1	Datos netos	17	
1.2	Cabecera Sinaut Micro SC	15	
1.3	Cabecera IP	20	
1.4	Cabecera TCP	32	
2	Acuse de recibo de datos de Estación Remota		El software SINAUT MICRO SC responde con acuse de recibo.
2.1	Cabecera IP	20	
2.2	Cabecera TCP	32	
3	Envío de monitoreo de estado		El software SINAUT MICRO SC adicionalmente sincroniza el reloj cada 15 minutos a manera de monitoreo de estado.
3.1	Sincronización de reloj	7	
3.2	Cabecera IP	20	
3.3	Cabecera TCP	32	
4	Acuse de recibo de monitoreo de estado		La Estación Remota envía luego un acuse de recibo.
4.1	Cabecera IP	20	
4.2	Cabecera TCP	32	
5	TOTAL DATOS TRANSMITIDOS	247	

a)

ID	Concepto	Bytes	Observación
1	Lectura de datos de 10 estaciones de bombeo + 1 reservorio	2.717	Se consideran 1 x 11 comunicaciones x 17 bytes. Caso máximo, para tener cálculo conservador.
2	Envío de datos de la estación central a 10 estaciones de bombeo + 1 reservorio	2.585	Haciendo un cálculo similar al de a), se tiene que el volumen datos cuando la estación central envía datos a una estación remota es igual a 235 bytes.
3	Factor de reserva = 15%	795	
4	TOTAL DATOS TRANSMITIDOS	6.097	Datos transmitidos en un ciclo regular (cada 15 minutos)

b)

ID	Concepto	Bytes	Observación
1	Datos enviados en 1 hora	24.389	Equivale a 6.097 bytes x (60/15).
2	Datos enviados en 1 mes	17.560.224	Un mes de 30 días tiene 720 horas

c)

3.4.5 Proceso de buffering de datos con sello de tiempo real

- Debido a que la transferencia de datos ocurre vía Internet, y por otros factores (ej. calidad del enlace), es posible que algunas tareas de transmisión no sean exitosas. En dichos casos, a fin de no perder datos y afectar el registro histórico de los mismos, el RTU realiza el almacenamiento temporal de los datos no transmitidos con el sello de tiempo respectivo.
- Cada transferencia de datos no exitosa es señalizada a través del bloque de programa de “envío de datos” en el PLC emisor. Esto permite incluir una rutina específica al programa general del PLC emisor, a fin de ejecutar acciones convenientes luego de una transferencia de datos fallida.
- De esta manera se puede ejecutar mecanismos de seguridad implementados en el programa del PLC, a fin de que los datos transmitidos no se pierdan.
- En el sistema propuesto, si una tarea de envío de datos falla, los datos afectados son almacenados temporalmente en el modulo de memoria no volátil del PLC.
- Cuando el RTU detecta que la conectividad GPRS es adecuada, se dispara un evento de lectura y transmisión de los datos almacenados previamente en la memoria de buffer. Luego de la transmisión exitosa, los datos son eliminados de la memoria de buffer.

3.5 Discusión

3.5.1 Sistema SCADA vía GPRS

En general, dadas sus características y prestaciones, el sistema SCADA propuesto es conveniente para aplicaciones industriales que requieran comunicación inalámbrica de manera costo-efectiva a través de largas distancias, con volumen limitado de datos a ser

transmitido entre estaciones. UN requisito fundamental es la cobertura de servicio GSM/GPRS en la zona de operación del sistema.

Además del caso presentado, otras aplicaciones donde es conveniente el uso del sistema SCADA similares al propuesto incluyen:

- Monitoreo y control de plantas de tratamiento de aguas, red de distribución (ductos) de gas y petróleo, sistemas de gestión de tráfico vehicular, estaciones de monitoreo de clima, unidades descentralizadas de generación de energía (ej. solar y eólica).
- Conexión de estaciones móviles como vagones de tren, embarcaciones

Los principales beneficios del sistema son:

- Comunicación de datos económico, bidireccional, entre estaciones remotas y entre una estación remota y estación central.
- Visualización y control de todas las variables y datos de proceso de las estaciones remotas, incluyendo gestión de alarmas.
- Posibilidad de realizar rutinas de mantenimiento a los sistemas de control de las estaciones remotas a través de software de “teleservicio” aprovechando la red GSM/GPRS.
- Se puede enviar mensajes de texto (SMS) automáticamente, según el caso, para propósitos de servicio, ej. envío de una alarma al personal de mantenimiento.
- Alta disponibilidad de los servicios GPRS e Internet (en zonas con cobertura), ofreciendo tiempos de transmisión relativamente cortos. Sin embargo, dada sus características de transmisión, esta alternativa de comunicación (vía GPRS) no se recomienda sea el principal en casos donde se requiera transmisión de datos en tiempo real.
- La estación central no está restringida a una ubicación específica, ya que solo requiere tener acceso a Internet y una dirección de IP (fija) para establecer la comunicación vía GPRS.
- Costo de operación bastante reducido, ya que a pesar de la alta disponibilidad del sistema de comunicación, solo se paga por la cantidad de información transmitida, según el acuerdo que se tenga con el proveedor de servicios de telefonía móvil.

- Por su arquitectura abierta, el sistema es fácilmente adaptable a nuevas necesidades de monitoreo.

En cuando a la calidad de la comunicación, los principales factores que la afectan son:

- Calidad del servicio y cobertura de la red GSM/GPRS.
- Calidad del acceso a Internet, que depende del proveedor de servicios dado.
- Número de estaciones remotas.
- Frecuencia de comunicación entre estaciones remotas.
- Frecuencia de comandos de escritura del SINAUT MICRO SC en las estaciones remotas.

Sin embargo, frente a posibles fallas en la transferencia de datos entre estaciones, el sistema propuesto ofrece la funcionalidad de buffering (almacenamiento temporal) de datos, hasta que estos sean transmitidos exitosamente.

3.5.1 Sistemas de comunicación alternativos

Una alternativa viable para el caso en estudio es el empleo de radioenlace de alta capacidad ("backhaul"). Estos sistemas de comunicación inalámbrica ofrecen alta capacidad de transmisión de datos, permiten comunicación continua de datos, y su operación no está sujeta a la cobertura de red GSM/GPRS en la zona de operación.

Un inconveniente del radioenlace dedicado es el mayor consumo de energía y necesidad de instalaciones de torres y posiblemente estaciones repetidoras para garantizar la calidad y disponibilidad del enlace. A fin de lograr un diseño exitoso, se debe realizar un estudio detallado del perfil del enlace, lo cual requiere más tiempo que en el caso de diseño del sistema de comunicación vía GPRS.

Otro inconveniente del radioenlace dedicado radica en el posible subempleo de la capacidad de transmisión de datos del sistema, ya que el volumen de datos a transmitir en el caso de estudio es relativamente bajo.

Otro sistema de comunicación alternativo posible, desde el punto de vista técnico, frente a la comunicación vía GPRS propuesta, consiste en el empleo de radiomodems de

espectro disperso (“spread spectrum”, SS) que trabajan en la banda ISM. Previamente, a fin de determinar su viabilidad técnica habría que realizar un estudio a mayor detalle de las condiciones y rendimiento del radioenlace. En líneas generales, para el caso específico en estudio, la larga distancia entre las estaciones remotas y la estación central haría necesario el uso de estaciones repetidoras.

Los radiomodems SS presentan buen alcance de cobertura (varios kilómetros), no requieren línea de vista estrictamente, presentan bajo consumo de energía, y buena velocidad de transmisión de datos (ver tabla 1.4, capítulo I), siendo su principal ventaja el hecho que no requieren cobertura de red GSM/GPRS para operar.

Por otra parte, un inconveniente importante del empleo de radiomodems SS frente a la alternativa GPRS es que en caso se presenten alarmas, no pueden enviar por sí mismas notificaciones como mensajes de texto (SMS), dependiendo de la disponibilidad del enlace entre estaciones y con una estación central que tenga la capacidad para enviar notificaciones en caso de alarmas. En caso la comunicación sea interrumpida, las estaciones quedarían “aisladas” y no tendrían forma de notificar la ocurrencia de alarmas.

CAPÍTULO IV EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta sección se presenta la valorización económica de la solución propuesta y se compara, desde el punto de vista económico, con otras alternativas comerciales. Todos los precios indicados en esta sección no incluyen el impuesto general a las ventas (IGV).

4.1 Costo y tiempo de implementación de sistema SCADA vía GPRS

Las tablas 4.1 y 4.2 muestran el presupuesto detallado de los bienes correspondientes a la estación central y a 01 estación remota, respectivamente.

Tabla 4.1 Presupuesto detallado para estación central del Sistema SCADA vía GPRS
[20]

Item	Descripción	Modelo	Cant.	P. Unit. (USD)	Total (USD)
1. Plataforma operativa - PC					
1.1	PC servidor compatible (INTEL o AMD); Windows 2003 Server SP1 / XP Prof. SP2 / 2000 Prof. o Server SP4.	-	1	2.000	2.000
2. Comunicación GSM/GPRS					
2.1	Software SINAUT MICRO SC. Marca Siemens.	6NH9910-0AA10-0AA3	2	600	1.200
3. Sistema SCADA					
3.1	Software WinCC Flexible 2007 ADVANCED ENGINEERING. Marca Siemens.	6AV6613-0AA51-2CA5	1	2.600	2.600
3.2	Software SCADA WinCC Flexible 2007 Runtime. Marca Siemens	6AV6613-1DA51-2CA0	1	2.130	2.130
4. Herramienta para configuración y programación de RTUs					
4.1	Software SIMATIC STEP 7- Micro/WIN32 V4.0 SP3. Marca Siemens.	6ES7810-2CC03-0YX0	1	390	390
5. Alimentación de energía eléctrica					
5.1	Sistema de alimentación ininterrumpida UPS con estabilizador.	-	1	200	200
TOTAL SUMINISTROS					8.520

Tabla 4.2 Presupuesto detallado para 01 estación remota del Sistema SCADA vía GPRS [20]

Item	Descripción	Modelo	Cant.	P. Unit. (USD)	Total (USD)
1. Comunicación GSM/GPRS					
1.1	Modem SINAUT MD720-3 GSM/GPRS. Marca Siemens.	6NH9720-3AA00	1	490	490
1.2	Antena SINAUT ANT 794-4MR para modem SINAUT MD720-3. Incluye cable de 5m. de baja pérdida y accesorios de montaje. Marca Siemens.	6NH9860-1AA00	1	60	60
1.3	Protector de antena, pararrayos.	-	1	40	40
1.4	Tarjeta SIM para comunicación GPRS.	-	1	5	5
2. Sistema de respaldo fotovoltaico					
2.1	Módulos solar fotovoltaico, de 66W, 12Vdc y 4A medio de salida. Incluye accesorios de montaje. Marca ATERSA.	A-66P	4	480	1.920
2.2	Regulador de 15A a 12/24Vdc. Marca ATERSA.	MINO V2 12/24V 15	1	60	60
2.3	Bateria de 50A.h @ 24Vdc. Marca Bosch.	-	1	60	60
3. Hardware y software PLC + HMI					
3.1	Cable PC/PPI Multimaestro para PLCs familia SIMATIC S7-200. Marca Siemens.	6ES7901-3CB30-0XA0	1	160	160
3.2	PLC SIMATIC S7-200 CPU 224XP. Marca Siemens	6ES7214-2AD23-0XB0	1	700	700
3.3	Modulo de Entrada/Salida Análoga EM235 para PLC S7-200. Marca Siemens.	6ES7235-0KD22-0XA0	1	335	335
3.4	Modulo de Entrada Digital EM221 para PLC S7-200. Marca Siemens.	6ES7221-1BF22-0XA0	1	115	115
3.5	Cable de Expansion para Modulos PLC S7-200 CPU 22X. Marca Siemens	6ES7290-6AA20-0XA0	2	60	120
3.6	Fuente de Alimentacion Estabilizada LOGO! Power 1.3 / Entrada: 85-264Vac / Salida: 24Vdc@1.3Amp / Marca Siemens.	6EP1331-1SH02	1	60	60
3.7	Modulo de Memoria MC291 de: 256 Kbytes para PLC S7-200 CPU 22X. Marca Siemens.	6ES7291-8GH23-0XA0	1	90	90
3.8	Rack de Montaje tipo Riel, Ancho = 35mm, longitud 483mm. Marca Siemens.	6ES5710-8MA11	1	40	40
3.9	Display de Texto TD200 para PLC S7-200. Incluye cable de conexión con S7-200. Marca Siemens.	6ES7272-0AA30-0YA0	1	310	310
TOTAL EQUIPOS ESTACIÓN REMOTA					4.565

En la tabla 4.3 se presenta el presupuesto total de implementación del sistema SCADA propuesto, incluyendo tanto en bienes como en mano de obra para su instalación y puesta en marcha.

Tabla 4.3 Resumen presupuesto total de Sistema SCADA vía GPRS propuesto [20]

Item	Descripción	Cant.	P. Unit. (USD)	Total (USD)
1	Componentes hardware y software para RTUs: PLCs + HMIs + modem GSM/GPRS + sistema de respaldo	11	4,565	50,215
2	Componentes hardware y software para Estación Central	1	8,520	8,520
3	Servicio de instalación, configuración y comisionamiento de PLCs, HMIs y software SCADA. (01 estación central + 11 estaciones remotas)	1	3,500	3,500
4	Servicio de instalación, configuración y comisionamiento de sistema GPRS (01 estación central + 11 estaciones remotas)	1	1,500	1,500
PRESUPUESTO TOTAL				63,735

4.2 Costo de implementación de sistema de comunicación alternativo

Con fines de comparación, la solución alternativa considerada para el caso de estudio consiste en un sistema de comunicación de radioenlace punto-punto, sistema backhaul Canopy® del fabricante Motorola (01 estación central y 10 estaciones remotas). La tabla 4.4 presenta el presupuesto detallado de dicha solución (ver siguiente página).

Tabla 4.4 Presupuesto detallado de sistema de radioenlace backhaul Canopy® de Motorola [21]

Item	Descripción	Modelo	Cant	P. Unit. (USD)	Total (USD)
1. Equipos de radiocomunicación					
1.1	Sistema de radio backhaul (BH) Canopy de 2,4/5,7 GHz y 10Mbps. Incluye fuente de alimentación eléctrica, cables y accesorios de montaje. Alcance 50km. Marca Motorola.	-	12	1.300	15.600
2. Soportes mecánicos					
2.1	Torre ventada de 18 metros (tramos de 25cm X 25cm x 3m), para Estación Remota. Construida en tubo de fierro galvanizado y pintado en colores reglamentarios. Incluye anclajes, alambre de acero y accesorios.	-	11	330	3.630
2.2	Torre ventada de 30 metros (tramos de 25cm X 25cm x 3m) para Estación Central. Construida en tubo de fierro galvanizado y pintado en colores reglamentarios. Incluye anclajes, alambre de acero y accesorios.	-	1	550	550
3. Equipos para sistema de respaldo fotovoltaico para estaciones remotas					
3.1	Módulo solar fotovoltaico de 65W y de 4,0 A de corriente media de carga. 8 módulos requeridos por estación remota. Marca ATERSA.	A-66P	88	480	42.240
3.2	Soporte de módulo solar. 8 soportes por estación remota. Marca ATERSA.	-	88	65	5.720
3.3	Bateria de 200 A.h (autonomía 1 día). Marca Bosch.	-	11	200	2.200
3.4	Soporte para baterías	-	11	120	1.320
3.5	Regulador de de 25A 12/24VDC. Marca ATERSA.	LEO-2	11	140	1.540
SUBTOTAL EQUIPOS RADIOENLACE					72.800
4. Servicios de instalación, configuración y comisionamiento					
4.1	Instalación de torre de 18 metros	-	11	180	1.980
4.2	Instalación de torre de 30 metros	-	1	250	250
4.3	Montaje y calibración por 01 enlace punto-punto, puesta en servicio*	-	12	350	4.200
SUBTOTAL SERVICIOS					6.430
PRESUPUESTO TOTAL RADIOENLACE					79.230

* El presupuesto no incluye el transporte de los bienes a los puntos de operación, ni gastos de transporte y viáticos del personal técnico asignado.

Al comparar las tablas 4.3 y 4.4, se aprecia que el costo del sistema de comunicaciones GPRS es sustancialmente menor al costo del sistema de radioenlace backhaul alternativo. El mayor ahorro corresponde al monto por los bienes, sin embargo, también

hay un ahorro en los servicios (mano de obra) de implementación de los sistemas considerados. La tabla 4.5 muestra la comparación de los presupuestos para ambas alternativas.

Tabla 4.5 Comparación presupuesto sistema de comunicaciones según alternativa. a) Comunicación vía GPRS. b) Comunicación vía radioenlace dedicado [20, 21]

Item	Solución	Bienes	Servicios	TOTAL
1	Radioenlace backhaul	72.800	6.430	79.230
2	GPRS	30.185	1.500	31.685
Δ PRESUPUESTO IMPLEMENTACIÓN		42.615	4.930	47.545

El sistema de radioenlace backhaul Canopy es una alternativa viable para usar en el sistema SCADA desde el punto de vista técnico, pero no desde el punto de vista económico cuando se compara con el sistema de comunicación GPRS.

Los costos de implementación indicados en la tabla 4.4 consideran un escenario conservador, en el cual no se requieren estaciones repetidoras; sin embargo, en la práctica es muy posible que si se requieran estaciones repetidoras para garantizar la calidad y disponibilidad de los radioenlaces. De ser así, los costos de implementación serían aún mayores.

Una alternativa económica, y posiblemente viable en el aspecto técnico (dependiendo del caso), consiste en el empleo de radiomodems de espectro disperso ("spread spectrum", SS) que trabajan en la banda ISM. El precio de modelos comerciales de gama media se encuentra en el rango de USD 500–1.500, rango de precio comparable al de los modems GPRS comerciales.

Desde el punto de vista económico, un inconveniente importante de este tipo de equipos consiste en que para distancias largas (de varios kilómetros) —como en el caso de estudio— y dependiendo de las condiciones externas que afecten el enlace (geografía, condiciones atmosféricas, vegetación, etc.), es muy posible que sea necesario el uso de repetidores, encareciendo así la solución frente a la alternativa GPRS.

4.3 Costo de operación del sistema SCADA vía GPRS propuesto

Los costos relacionados directamente con la operación del sistema comprenden básicamente el mantenimiento y el pago periódico (ej. mensual) de la tarifa al proveedor de servicios de telefonía móvil GSM/GPRS por el volumen de datos transmitidos.

En la tabla 4.6 se resume los costos asociados a la transmisión de datos GPRS, correspondiente al cargo mensual que hace el proveedor del servicio de comunicación GPRS.

Tabla 4.6 Costo mensual por transmisión de datos vía GPRS

ID	Concepto	Valor	Unidad
1	Volumen de datos transmitidos por sistema (equivalente en MB)	16,75	MB/mes
2	Cargo Fijo*, incluye 15MB/mes	35,00	USD/mes
3	Costo variable por MB adicional*	2,73	USD / MB
4	COSTO TOTAL POR TRANSMISIÓN DE DATOS	39,77	USD/mes

* Se ha tomado como referencia el paquete Internet Móvil de la empresa Claro Perú (America Móvil Perú S.A.C.)

En cuanto a los costos relacionados al mantenimiento, el sistema de comunicación vía GPRS propuesto no representa un carga de mantenimiento significativa frente a la alternativa de radioenlace dedicado, donde se tiene equipos montados a la intemperie, estructuras de soporte (torres) que requieren mantenimiento mecánico y, en general, donde se requiere mayor grado de especialización del personal técnico de mantenimiento de los equipos de comunicaciones.

4.4 Diagrama de tiempos

La implementación del sistema propuesto es relativamente sencilla, toda vez que la comunicación vía GPRS no requiere un análisis profundo ni planificación detallada del radioenlace como en otros casos (ej. no se requiere condiciones de línea de vista). En consecuencia no se requiere realizar pruebas en campo iterativas, a fin de calibrar el

enlace entre estaciones, puesto que la calidad de la comunicación en el caso planteado está determinada en gran medida por la cobertura y calidad de la red GSM/GPRS.

Teniendo en cuenta las características del caso de estudio planteado, el tiempo de instalación, configuración y puesta en marcha del sistema SCADA propuesto se calcula en 8 días útiles, contando con dos técnicos especialistas trabajando 8 horas diarias. El servicio incluye la implementación integral de la estación central y estaciones remotas, incluyendo la comunicación GPRS.

El hecho que los componentes claves del sistema propuesto (PLCs, HMIs, SCADA y modem GPRS) pertenezcan al mismo fabricante, facilita la instalación y configuración integral del sistema, reduciendo así el tiempo requerido para su implementación

El tiempo del servicio específico para la instalación, configuración y comisionamiento de los modems GPRS se calcula en 4 días útiles. En la tabla 4.7 se muestra el diagrama de tiempos optimizado según la actividad.

Tabla 4.7 Diagrama de tiempos optimizado para Sistema SCADA via GPRS propuesto

Item	Actividad	TIEMPO EN SEMANAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Diseño e ingeniería del sistema	■	■								
2	Adquisición y procura de equipos y componentes			■	■	■	■	■			
3	Instalación y configuración							■	■		
4	Pruebas								■	■	
5	Capacitación										

A manera comparativa, cabe indicar que en el caso del sistema SCADA con comunicación alternativa Canopy, el tiempo de implementación del servicio de instalación y puesta en marcha se estima en 18 días útiles (aproximadamente 1,5 días por punto de enlace); mientras que el servicio de implementación del sistema SCADA con comunicación vía GPRS es de 4 días útiles.

4.5 Discusión

En el caso del sistema de comunicación vía GPRS, los costos de implementación son significativamente menores a los del sistema de radioenlace backhaul, resaltándose que los costos de implementación no varían con la distancia a cubrir.

Respecto a los servicios asociados a la implementación del sistema propuesto, se comprueba que son menores o los de la alternativa de radioenlace dedicado. Esto se sustenta en el hecho que la instalación, configuración y prueba de la comunicación GPRS es sencilla y no requiere cálculos detallados como en el caso de la implementación de un sistema de radioenlace dedicado.

El radioenlace dedicado requiere una inversión relativamente alta para establecer infraestructura propia, la cual en el caso específico de estudio, no es aprovechada al máximo debido a que el volumen de transmisión de datos es bajo. Lo anterior hace que la productividad y retorno de la inversión sea baja en dicho caso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La tecnología de comunicación GPRS empleada en sistemas SCADA ofrece ventajas técnicas y económicas en aplicaciones de monitoreo y control remoto de unidades distribuidas donde se observen las siguientes características:
 - 1.1 Área de distribución de unidades de escala metropolitana o mayor (varios kilómetros de separación entre estaciones remotas y central).
 - 1.2 No se requiere respuesta en tiempo real.
 - 1.3 Volumen de transmisión de datos es relativamente bajo.
 - 1.4 La geografía de la zona de operación limita la implementación y operación efectiva de otros sistemas de comunicación (ya sea por medios alámbricos o inalámbrico).
 - 1.5 Estaciones remotas ubicadas en zonas donde la infraestructura de comunicaciones sea limitada.
2. En casos donde la cobertura de servicios GSM/GPRS sea escasa (o nula), los requerimientos del proceso sean más exigentes en el aspecto de comunicación, tanto en capacidad como en velocidad de respuesta (ej. industria de hidrocarburos), la comunicación GPRS presenta desventajas y su aplicabilidad frente a otras alternativas debe evaluarse a profundidad.
3. Teniendo en cuenta factores como las distancias a cubrir, el perfil del enlace, geografía y accesibilidad, los sistemas de comunicación por radioenlace de alta capacidad y satelitales son alternativas técnicas a evaluar frente a la comunicación vía GPRS.
4. Se debe conocer detalladamente los requerimientos de rendimiento del sistema de comunicación a fin de configurar un sistema que garantice la calidad de servicio respectiva. Según el caso se puede justificar el uso de radioenlaces dedicados para mayor confiabilidad de la comunicación.

5. El sistema de comunicación propuesto, y en general los sistemas de comunicación vía GPRS, requieren un consumo relativamente bajo de energía, haciéndolos convenientes para su uso en zonas aisladas o sin acceso a fuente de alimentación continuo.
6. Respecto a los costos de implementación y operación, debido a sus características, los sistemas de comunicación GPRS son bastante económicos frente a sistemas de comunicación alternativos.
7. En el caso de estudio específico, se verificó que el costo de implementación del sistema propuesto es apreciablemente menor al correspondiente a la alternativa de radioenlace dedicado. Así mismo, el costo de operación y mantenimiento de las estaciones con comunicación GPRS es menor al de la alternativa mencionada.
8. Se comprueba por tanto, que el sistema SCADA con comunicación vía GPRS propuesto es una solución técnica viable y costo-efectiva para la aplicación en estudio.

RECOMENDACIONES

- 1 Realizar estudios de performance en campo a fin de comparar rendimiento operativo (ej. tiempo de respuesta) y rendimiento económico (ej. evaluar costos de mantenimiento).
- 2 Como trabajo de investigación aplicada, se recomienda hacer seguimiento y recabar información operativa de empresas en Perú que empleen sistemas de telemetría inalámbricos como GPRS, radioenlaces, radiomodems en banda libre y otros (ej. Sedapal en Lima, EPSS Grau en Piura), a fin de comparar el rendimiento "real" de dichos sistemas en términos tanto técnicos como económicos, incluyendo variables como: calidad y disponibilidad del enlace, confiabilidad general del sistema de telemetría, gastos de mantenimiento, y otras relevantes.
- 3 Posteriormente se debería realizar un análisis para determinar las razones que condicionan el rendimiento de cada sistema según el caso. De esta manera se pretende desarrollar una base de conocimiento y referencias prácticas, útiles para la aplicación más efectiva de estas tecnologías en proyectos y desarrollos futuros relevantes en nuestro país.
- 4 Se recomienda investigar posible uso de tecnología WiMAX en sistemas SCADA, tecnología que no ha sido considerada ni evaluada en el presente informe.

ANEXO A
GLOSARIO DE TÉRMINOS

AFD	Adjustable Frequency Drive
BCCH	Broadcast Control Channel
CS	Circuit Switched
CSV	Comma Separated Values
EDGE	Enhanced Data rate for GSM Evolution
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMM	GPRS Mobility Management
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications
OPC	Openness, Productivity, Collaboration
PID	(Control) Proporcional, Integral y Derivativo
PLC	Programmable Logic Controller
PSTN	Public Switched Telephone Network
RF	Radio Frequency
RPM	Revolutions per Minute
RTU	Remote Terminal Unit
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SIM	Subscriber Identity Module
VSD	Variable Speed Drive
WAP	Wireless Application Protocol

ANEXO B
CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RESPALDO FOTOVOLTAICO
DE LAS RTUs

A continuación se describe el procedimiento para el diseño del sistema de respaldo fotovoltaico de las RTUs de las estaciones de bombeo y reservorio.

Para realizar el cálculo se han tomado los datos de las hojas de especificaciones de los componentes seleccionados para las RTUs (de la marca Siemens). La tabla A.1 muestra el consumo de energía de la RTU correspondiente a una estación bombeo. Se toma como referencia para el cálculo la RTU de la estación de bombeo, ya que se comprueba que tiene un consumo ligeramente superior al de la RTU del reservorio.

Tabla B.1. Consumo de energía de la RTU Estación de bombeo

Item	Equipo	Consumo típico (W)	Consumo promedio (A)	Consumo promedio/día (A.h)
1	Modem GSM/GPRS, SINAUT MD720-3	5,50	0,23	5,50
2	PLC SIMATIC S7-200, CPU 224XP + 02 Módulos de E/S adicionales	9,00	0,38	9,00
3	Display de Texto TD200C	3,00	0,13	3,00
4	TOTAL	17,50	0,73	17,50

* La alimentación de los componentes listados es a 24 Vdc.

Incrementando en 15% el consumo promedio diario como margen de seguridad para compensar pérdidas en línea, suciedad de los módulos, rendimiento del inversor, entre otros, se tendrá:

- **Consumo total** = 17,5 A.h / día x 1,15 = **20,1 A.h / día**

B.1 Datos de radiación del panel solar

- De la sección 2.1 se conoce que la radiación solar media diaria en la zona donde se encuentran las estaciones remotas equivale a 4 horas de sol pico (hsp).

B.2 Número de módulos

Considerando el módulo (celda) solar comercial modelo A-66P (marca ATERSA), de 66W, 12Vdc y 4A de corriente media de salida, el cálculo del número de módulos solares requeridos es como sigue:

- Número de módulos en paralelo = $20,1 \text{ A.h} / (4\text{A} * 4 \text{ HPS}) = 1,26$ paneles
→ Se requieren 2 paneles
- Número de módulos en serie = 2 (para lograr 24 Vdc)
- Total de módulos = $2 \times 2 = 4$ paneles

B.3 Acumulador (batería)

- Días de autonomía requeridos = 1 día
- Profundidad de descarga = 50%
- Capacidad = (consumo x días de autonomía) / profundidad de descarga
- Capacidad = $20,1 \text{ A.h/día} \times 1 \text{ día} / 0,5 = 40,2 \text{ A.h}$

B.4. Regulador

- $I = \text{Amperios a regular} = \text{N}^\circ \text{ de módulos en paralelo} \times \text{Intensidad cortocircuito del panel}$
- **$I = 2 \text{ módulos} \times 4\text{A} = 8\text{A}$**
- Por tanto, se elige el regulador ATERSA modelo Mino V2 12/24V 15.

ANEXO C
PLANOS TÍPICOS DE REFERENCIA DE ESTACIONES DE BOMBEO Y
RESERVORIOS DE AGUA POTABLE [22]

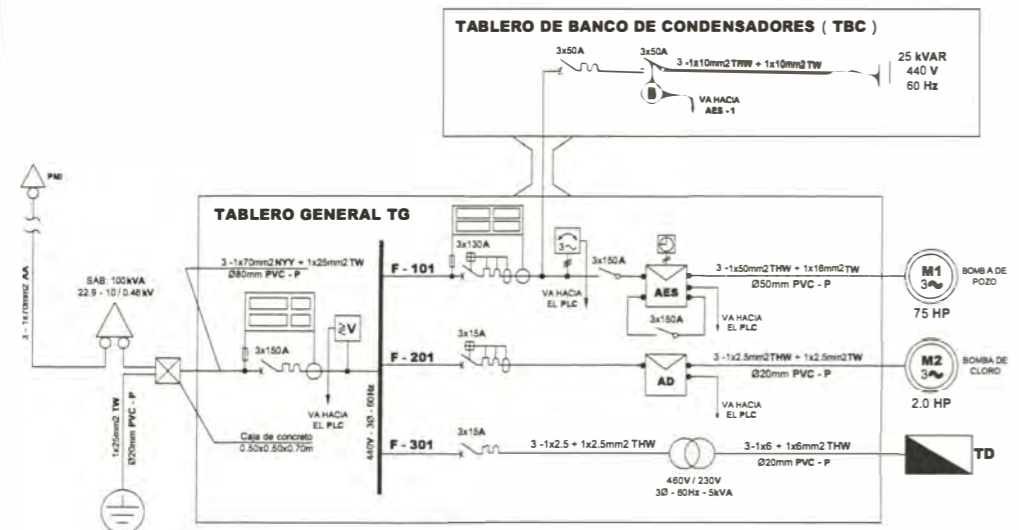


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL TG: PP - 01

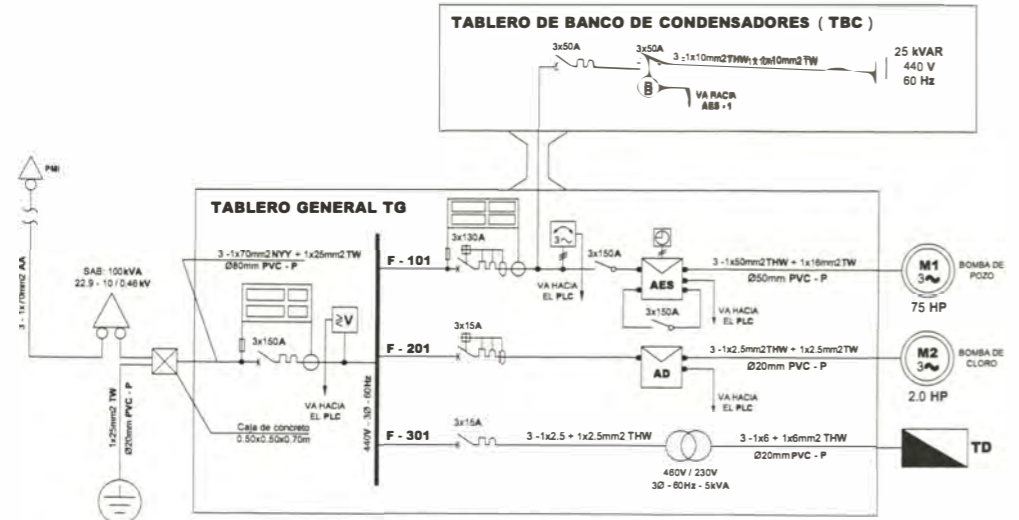


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL TG: PP - 02

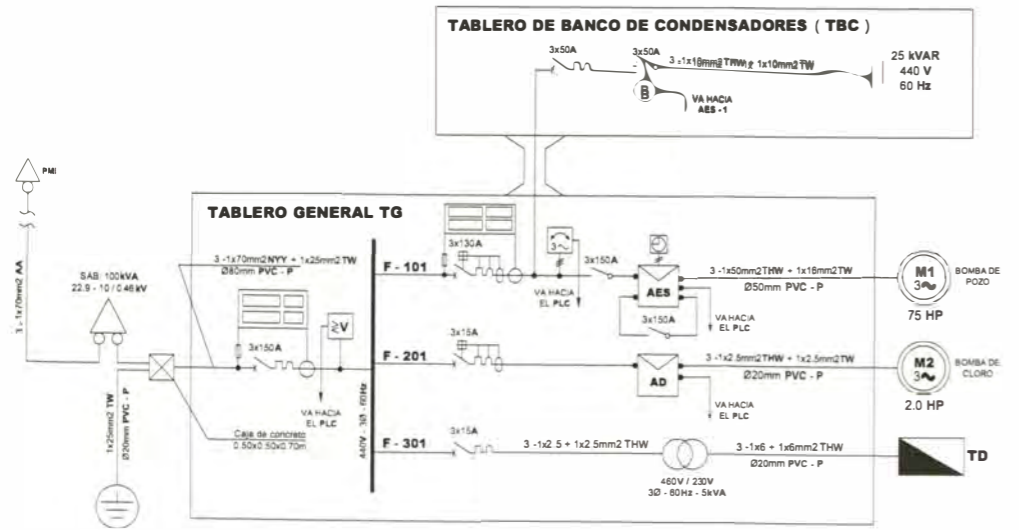


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL TG: PP - 03

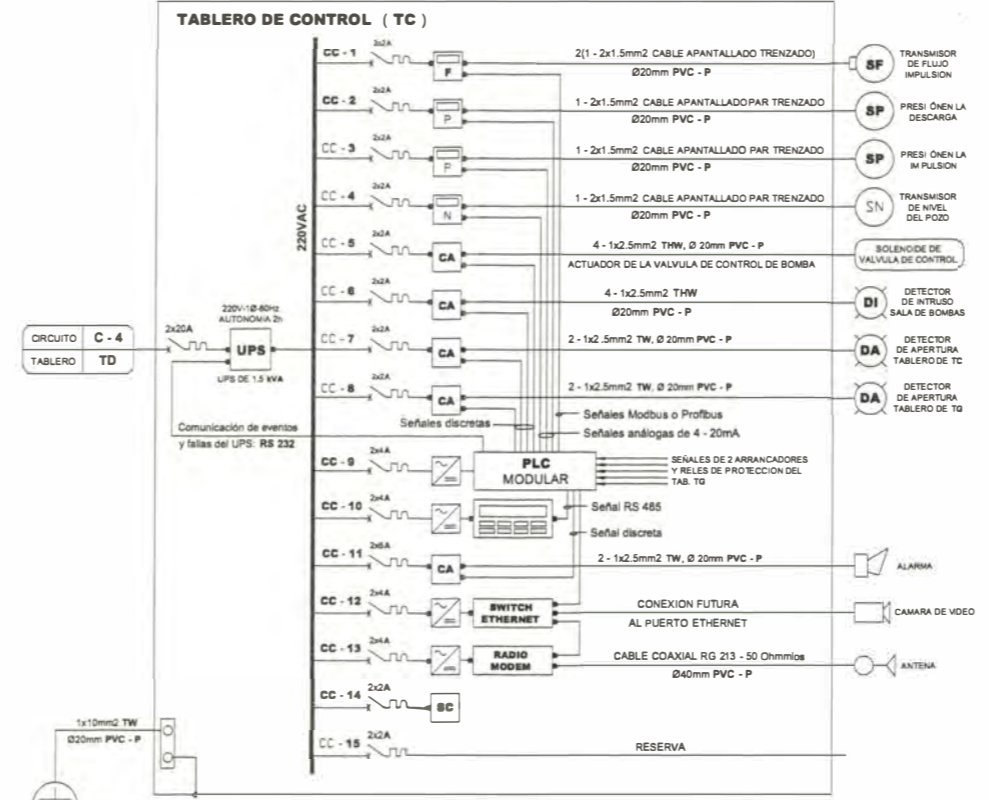


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE CONTROL TC TÍPICO PARA LOS POZOS

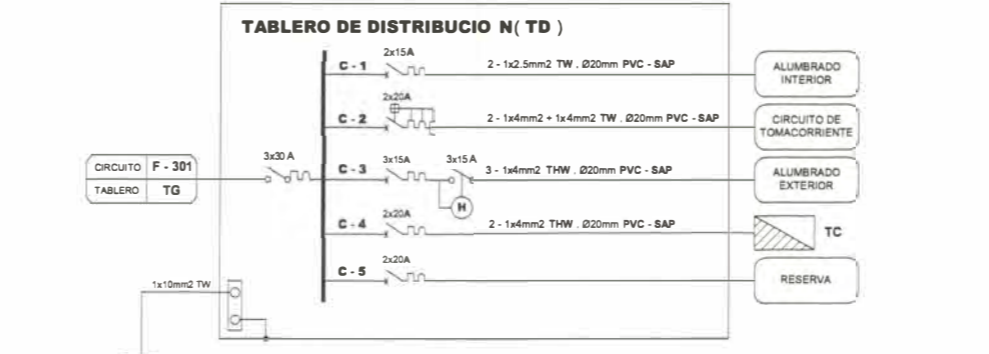


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO TD TÍPICO PARA LOS POZOS

CUADRO DE CARGAS PP - 1				
Nro.	DESCRIPCION	PI (kW)	FD	MD (kW)
1	1 MOTOR DE 75HP	56.0	1	56.0
2	1 MOTOR DE 2.0HP	1.5	1	1.5
3	TABLERO DE CONTROL	1.0	1	1.0
4	ALUMBRADO DE CASETA	1.0	1	1.0
TOTAL		59.5		59.5

CUADRO DE CARGAS PP - 3				
Nro.	DESCRIPCION	PI (kW)	FD	MD (kW)
1	1 MOTOR DE 75HP	56.0	1	56.0
2	1 MOTOR DE 2.0HP	1.5	1	1.5
3	TABLERO DE CONTROL	1.0	1	1.0
4	ALUMBRADO DE CASETA	1.0	1	1.0
TOTAL		59.5		59.5

CUADRO DE CARGAS PP - 2					
Nro.	DESCRIPCION	PI (kW)	FD	MD (kW)	
1	1 MOTOR DE 75HP	56.0	1	56.0	
2	1 MOTOR DE 2.0HP	1.5	1	1.5	
3	TABLERO DE CONTROL	1.0	1	1.0	
4	ALUMBRADO DE CASETA	1.0	1	1.0	
TOTAL		59.5		59.5	

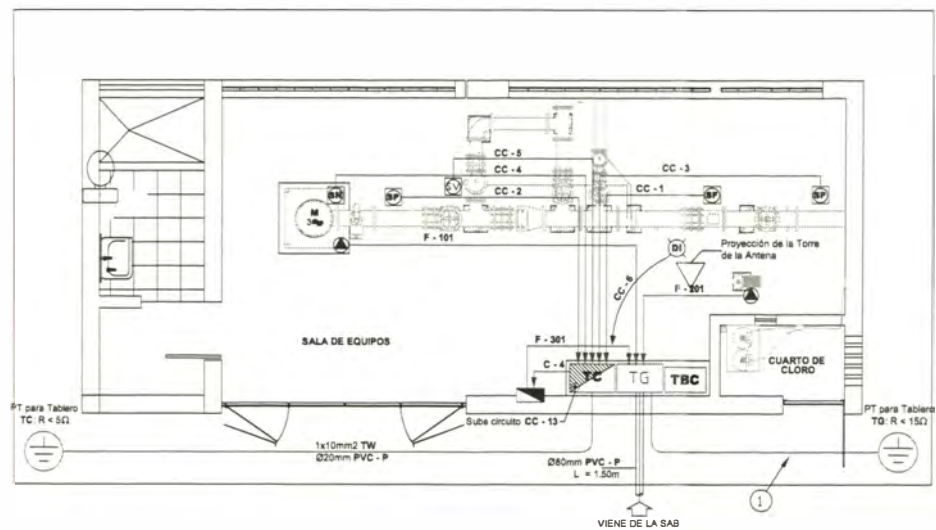
ESPECIFICACIONES TECNICAS								
MOTOR ELECTRICO								
POZO	HP eje	KW eje	KW cot	KVA	η	F.P.	I (A)	V (v)
PP - 1	75.00	56.00	65.06	75.65	0.85	0.86	99.38	440
PP - 2	75.00	56.00	65.06	75.65	0.85	0.86	99.38	440
PP - 3	75.00	56.00	65.06	75.65	0.85	0.86	99.38	440

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
TG	Tablero General autoportado con 2 amarradores. Grado de protección IP 55. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Tablero de Control autoportado equipado con UPS de 1.5kVA, cargador de baterías y baterías con una autonomía de 2 horas. Protección IP 55. Caract. eléct.: 220VAC.
[Símbolo]	Tablero de Distribución empotrado en muro ó pared. Grado de protección IP 54. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
AES	Amarrador de Estado Sólido para motor. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
zV	Relé de protección de Máxima y Mínima Tensión. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Relé de protección de secuencia y pérdida de fase. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
UPS	Sistema Ininterrumpido de Energía con; estabilizador, baterías y cargador de baterías. Autonomía de 2 horas. Caract. eléct.: 1.5kVA, entrada de 220VAC.
[Símbolo]	Convertidor de corriente alterna en corriente continua. Características eléctricas: 24VDC.
CA	Contactores Auxiliares
F	Pantalla de lectura Digital del caudal existente y volumen acumulado. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con puerto de Comunicación por MODBUS o PROFIBUS. 220VAC - IP65
P	Pantalla de lectura Digital de la presión existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
N	Pantalla de lectura Digital del nivel existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Análizador de Redes con pantalla retroiluminada y lecturas de Voltaje, Amperaje, cosφ, kW, kVA, kVAR, kWh y kVARh. Caract. eléct.: 220V - 3Ø - 60Hz.
PLC	Programador Lógico de Control de procesos. Con entradas y salidas analógicas y digitales suficientes para cumplir con lógica del funcionamiento del sistema. PLC modular con base rack
[Símbolo]	Terminal de diálogo Hombre - Máquina. Pantalla fluorescente con 8 líneas de 40 caracteres.
RADIO MODEM	Unidad de Telemetría con chasis tipo industrial, equipado con Radio - Modem Integrado.
SWITCH ETHERNET	Switch Ethernet con chasis tipo industrial, con 5 puertos RJ 45
SP	Transmisor de Flujo tipo electromagnético.
BP	Transmisor de Presión Dinámica tipo piezoresistivo.
BN	Transmisor de Nivel de presión hidrostática tipo piezoresistivo.
DI	Detector de Intruso, con salida discreta
DA	Detector de apertura del tablero de control, con salida discreta
M	Motor de Inducción trifásico. 440 V - 3Ø - 60Hz
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable para tableros TG y TBC, y de regulación fija para los Tableros TD y TC
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable y protección diferencial de 300mA para los circuitos F-101 ... F-201, y 30mA para los circuitos de tomacorrientes
[Símbolo]	Contacto Normalmente Abierto AC - 3.
[Símbolo]	Interruptor horario con reserva de 72 horas. 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Bobina o unidad de mando temporizado para puesta y salida en paralelo del Banco de Condensadores.
[Símbolo]	Banco de Condensadores. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Pozo de Puesta a Tierra.
[Símbolo]	Alarma sonora tipo industrial. Características: 120W - 85dB - 1Ø - 220VAC
[Símbolo]	Horómetro.
[Símbolo]	Cámara de vídeo con puerto Ethernet que no será instalada en la presente obra.
BC	Sistema de climatización/Ventilación forzada, resistencia calefactora e higrostató

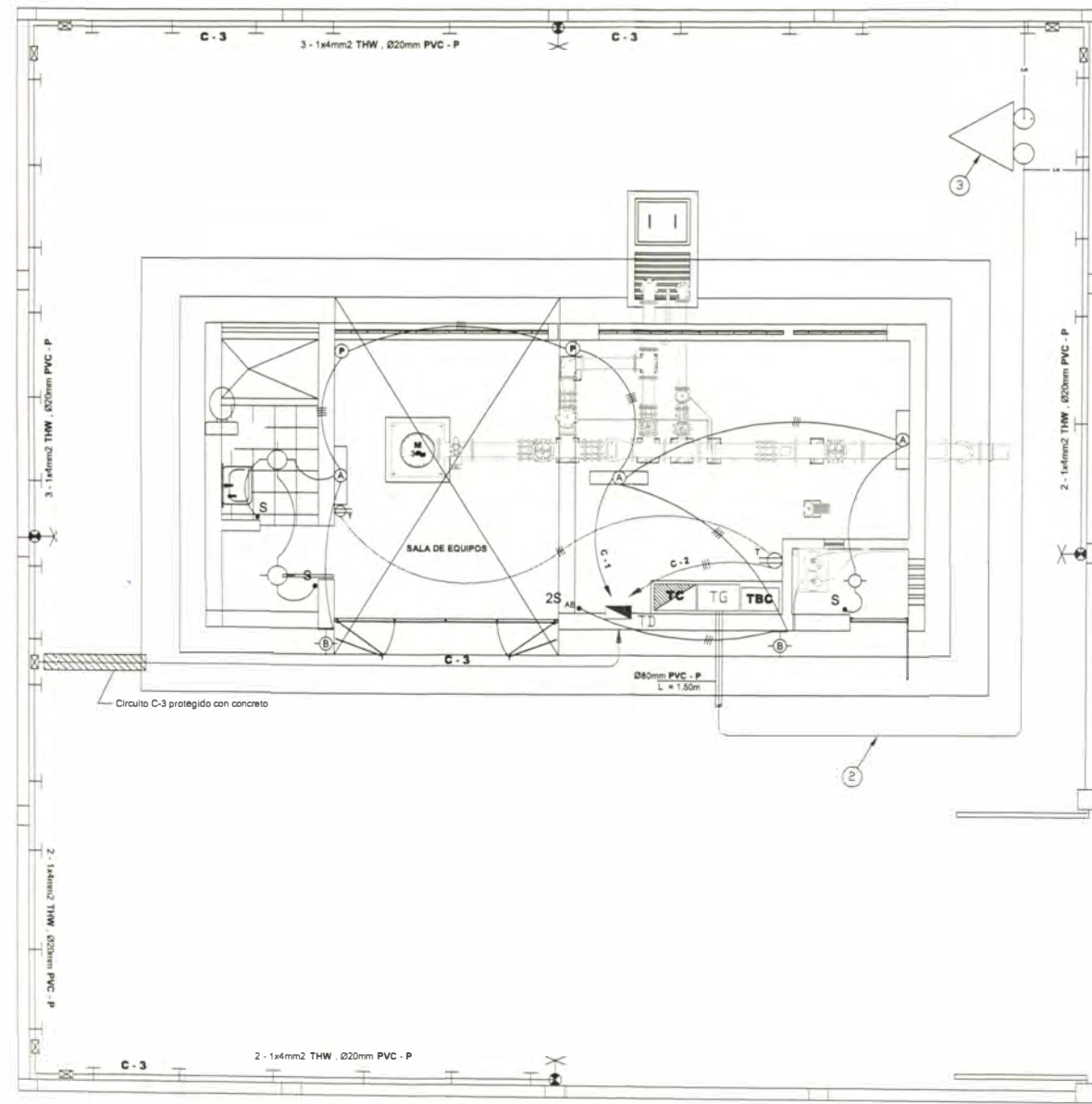
EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
GERENCIA DE PROYECTO Y OBRAS

CONSORCIO INDEPENDIENTE

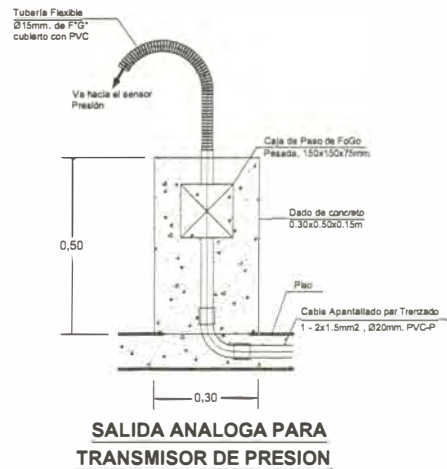
Proyectista:	Diseño:	Nº de Proyecto:
Revisado:	Elaborado:	Plano N°:
ANTEPROYECTO DE OBRAS GENERALES Y SECUNDARIAS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO		
<p align="center">IE - 01</p>		
<p align="center">INSTALACIONES ELECTRICAS DIAGRAMA UNIFILAR POZO TÍPICO</p>		
Fecha: DICIEMBRE - 2008		01/6



**INSTALACIONES ELECTRICAS DE FUERZA Y CONTROL
CASETA DE BOMBO DEL POZO**
ESCALA: 1/50

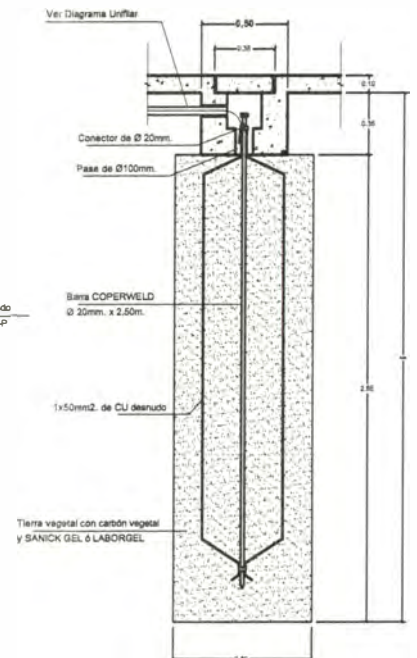


**INSTALACIONES ELECTRICAS DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTE
DEL POZO**
ESCALA: 1/50



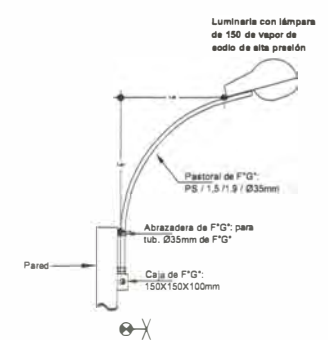
ESC. 1/10

Salida Analoga para Transmisor de Presion



DETALLE TIPICO DEL POZO DE TIERRA
ESC. 1/20

VALORES DE RESISTENCIA A TIERRA (Ohmios)		
DESCRIPCION	RESISTENCIA	Nro. DE POZOS
Medio Tensión	Menor a 25Ω	Mínimo 1
Baja Tensión	Menor a 15Ω	Mínimo 1
Control	Menor a 5Ω	Mínimo 2



DETALLE DE LA LUMINARIA

NOTA:
1. La torre de la antena tendrá una altura mínima de 6metros

NOTA:
1. Los Tableros: TG, TC, y TBC serán fabricados con planchas de acero de 2mm. de espesor. El Tablero TD será fabricado con plancha de 1.5mm.
2. Las puertas de los Tableros autosoportados serán soportadas con 4 bisagras.
3. Los Bancos de Condensadores tendrán la capacidad para corregir el factor de potencia a 0.98 como mínimo.
4. La cámara de video será implementada en el futuro.

POZOS		
PP - 01	PP - 02	PP - 03
1 - 1x25mm2 TW . Ø20mm PVC - P	1x25mm2 TW . Ø20mm PVC - P	1x25mm2 TW . Ø20mm PVC - P
3 - 1x70mm2 NYY . Ø80mm PVC - P	3 - 1x70mm2 NYY . Ø80mm PVC - P	3 - 1x70mm2 NYY . Ø80mm PVC - P
SAB 100kVA - 22.9 - 10 / 0.46 kV	SAB 100kVA - 22.9 - 10 / 0.46 kV	SAB 100kVA - 22.9 - 10 / 0.46 kV

LEYENDA DE INST. ELECTRICAS

SIMBOLO	DESCRIPCION	CAJA / GAB.	ALTURA
		mm.	m.s.n.p.
[Symbol]	Tablero de Distribución empotrado en muro ó pared. Caract. eléct.: 220V - 3Ø - 60Hz.	300x280x100	1.80
[Symbol]	Salida para artefacto fluorescente, similar al modelo TCW - 016 de PHILIPS, adosado al techo o pared, con 2 luminarias de 36W cada una.	100x40	Techo / 2.20
[Symbol]	Salida para tomacorriente doble con toma a tierra.	100x55x50	0.40
[Symbol]	Interruptor Unipolar.	100x55x50	1.20
[Symbol]	Interruptor Unipolar doble.	100x55x50	1.20
[Symbol]	Circuito empotrado en el techo o pared.		
[Symbol]	Circuito empotrado en el piso o directamente enterrado		
[Symbol]	Circuito adosado al techo o pared con abrazaderas de F'G'.		
[Symbol]	Salida de alimentación a los solenoides de control de la válvula de control de bomba.	Especial	0.50
[Symbol]	Sub-Estación Aérea Biposte con transformador de 22.9 - 10 / 46kV - 60Hz - 4.5%Vcc		
[Symbol]	Pozo de Puesta a Tierra.		
[Symbol]	Tablero General autosoportado con 2 arrancadores. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.	2000x650x400	0.20
[Symbol]	Tablero de Control autosoportado equipado con UPS de 1.5kVA, Convertor de 240W, Cargador de baterías y Baterías. Autonomía de 2 horas.	2000x650x400	0.20
[Symbol]	Tablero de Banco de Condensadores equipado con 1 Banco.	1200x800x350	0.60
[Symbol]	Caja de Paso de FoGo adosado al muro, salvo indicación.	150x150x50	2.20
[Symbol]	Salida análoga de 4 - 20mA., en el piso para transmisor de Flujo tipo electromagnético.	Especial	0.50
[Symbol]	Salida para Transmisor de Nivel tipo piezoresistivo con salida análoga de 4 - 20mA.	Especial	0.00
[Symbol]	Salida análoga de 4 - 20mA., en el piso para Transmisor de Presión tipo piezoresistivo.	Especial	0.50
[Symbol]	Salida de Fuerza en el piso para motor eléctrico.	Especial	0.20
[Symbol]	Caja de paso de FoGo. Para alumbrado octogonal de 100x40mm. Para tomacorriente rectangular de 100x55x50mm.	100x40 100x55x50	2.20 0.40
[Symbol]	Salida para artefacto fanal adosado a la pared, con chasis de aluminio fundido, difusor de vidrio y lámpara incandescente de 100W.	100x40	2.20
[Symbol]	Luminaria de VSA de 150W, con pastoral parabólico de F'G' PS / 1.5 / 1.9 / Ø35mm, adosado al muro.	150x150x100	2.50
[Symbol]	Salida para lámpara ahorradora de energía de 20w adosado al techo	100x40	Techo
[Symbol]	Detector de Intruso, con salida discreta instalado en el techo	100x40	Techo
[Symbol]	Motor de Inducción trifásico. 440 V - 3Ø - 60 Hz		

CAJAS	Son de Fierro Galvanizado del tipo pesado
CONDUCTOS	Son de cloruro de polivinilo clase pesada: PVC - SAP
CONDUCTORES	Son de cobre electrolítico al 99.9% de pureza Con aislamiento del tipo TW y THW para 750V.
PLACAS	Son de aluminio anodizado tipo TICINO para 250V - 20A
ACCESORIOS	De calidad similar al MAGIC de TICINO - 250V
INTERRUPTORES	Termomagnéticos con capacidad de ruptura de 85kA a 220V., para protección de motores y alimentador principal
ACTUADOR	Con posicionador y transmisor de posición Incorporados. Caract. Eléctricas: 220V - 1Ø - 60Hz
CURVAS	Serán curvas de fábricas de radio standard, clase pesada
CONDENSADORES	Tendrán la capacidad para corregir el F.P a 0.98

**EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALcantarillado
GERENCIA DE PROYECTO Y OBRAS**

Proyectista: _____

CONSORCIO INDEPENDIENTE

Proyecto: ANTEPROYECTO DE OBRAS GENERALES Y SECUNDARIAS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALcantarillado

N° de Proyecto: _____
Plan: 01

IE - 02

Plan: 01
**INSTALACIONES ELECTRICAS
POZO TIPICO**

Fecha: _____
Diciembre 2004

Tutor de Planes: _____
02/6

SEÑALIZACIONES EN EL TG
 Para cada uno de los circuitos:
 F - 101 ... y F - 401 sus
 señalizaciones correspondientes
 serán:
 Modo remoto (SCADA SEDAPAL)
 Modo local
 Mando manual
 Mando automático
 Funcionando
 Listo
 Detenido
 Sobrecarga
 Falla a tierra
 Pérdida de fases
 Falla del arrancador estático

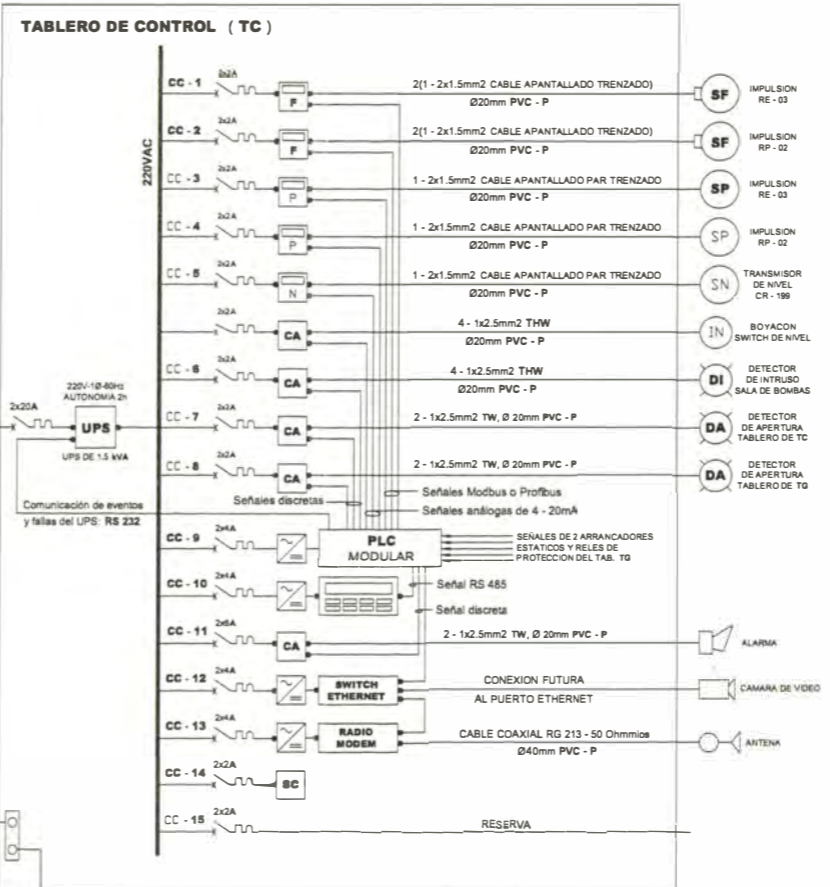
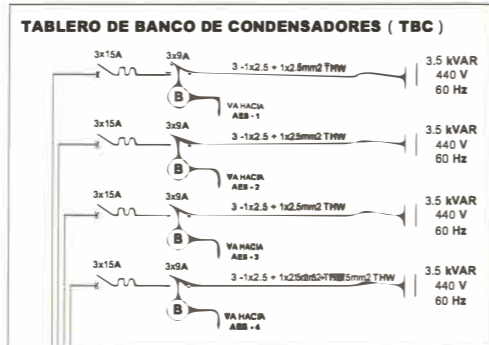


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE CONTROL TC

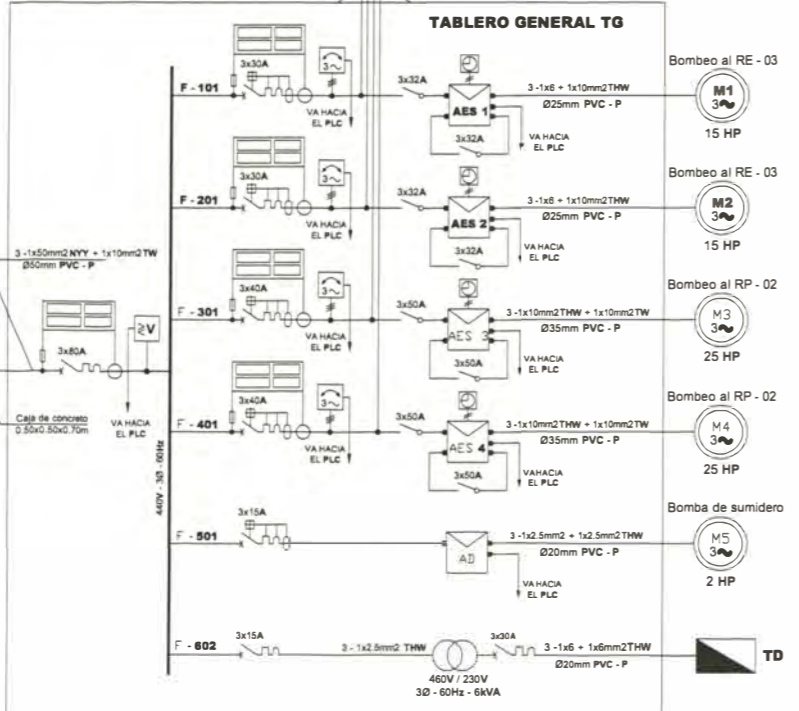


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL TG

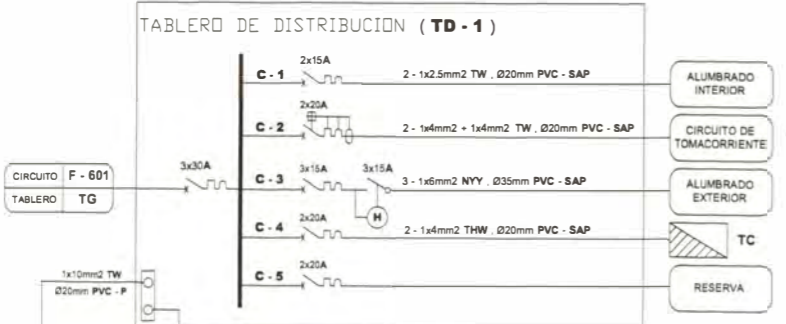


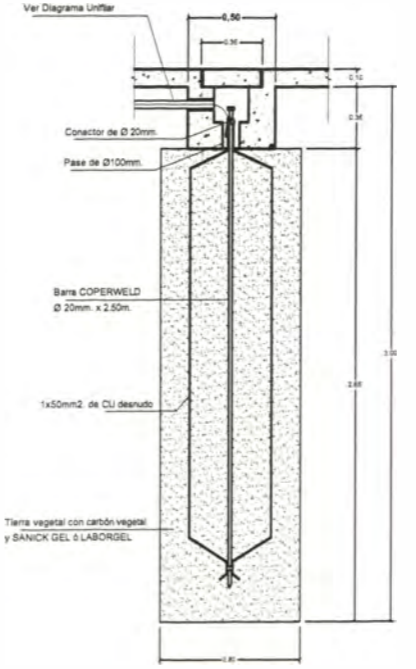
DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO TD

CAJAS	Son de Hierro Galvanizado del tipo pesado
CONDUCTOS	Son de cloruro de polivinilo clase pesada: PVC - P
CONDUCTORES	Son de cobre electrolítico al 99.9% de pureza Con aislamiento del tipo TW y THW para 750V.
PLACAS	Son de aluminio anodizado tipo TICINO para 250V - 20A
ACCESORIOS	De calidad similar al MAGIC de TICINO - 250V
INTERRUPTORES	Termomagnéticos con capacidad de ruptura de 42kA a 440V., para protección de motores y alimentador principal.
ACTUADOR	Con posicionador y transmisor de posición Incorporados. Caract. Eléctricas: 220V - 10 - 60Hz
CURVAS	Serán curvas de fábricas de radio standard, clase pesada
CONDENSADORES	Tendrán la capacidad para corregir el F.P a 0.98

Nro.	DESCRIPCION	PI (kW)	FD	MD (kW)
1	2 Motores de 15HP c/u.	22.5	0.50	11.3
2	2 Motores de 25HP c/u.	37.5	0.50	18.8
3	1 Motor de 2HP c/u.	1.5	1.00	1.5
4	Tablero de Control	1.5	1.00	1.5
5	Alumbrado Interior	1.0	1.00	1.0
6	Alumbrado Exterior	1.0	1.00	1.0
TOTAL		65.0		35.1

HP eje	KW eje	MOTOR ELECTRICO				I (A)	V (v)	RPM	
		KW 12r	KVA	η	F.P				
AL RE - 03	15.00	11.25	13.16	14.63	0.85	0.90	19.32	440	3500
AL RP - 02	25.00	18.65	21.69	23.83	0.86	0.91	31.31	440	3510

NOTA:
 1. Los Tableros: TG, TC, y TBC serán fabricados con planchas de acero de 2mm. de espesor. El Tablero TD será fabricado con plancha de 1.5mm.
 2. Las puertas de los Tableros autosoportados serán soportadas con 4 bisagras.
 3. Los Bancos de Condensadores tendrán la capacidad para corregir el factor de potencia a 0.98 como mínimo.
 4. La cámara de vídeo será implementada en el futuro.



DETALLE TIPICO DEL POZO DE TIERRA

DESCRIPCION	RESISTENCIA	Nº DE POZOS
Media Tensión	Menor a 25Ω	Mínimo 1
Baja Tensión	Menor a 15Ω	Mínimo 1
Control	Menor a 5Ω	Mínimo 2

SIMBOLO	DESCRIPCION
TG	Tablero General autosoportado con 4 arrancadores de Estado Sólido. Grado de protección IP 55. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Tablero de Control autosoportado equipado con UPS de 1.5kVA, cargador de baterías y baterías con una autonomía de 2 horas. Protección IP 55. Caract. eléct.: 220VAC.
[Símbolo]	Tablero de Distribución empotrado en muro ó pared. Grado de protección IP 54. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Arrancador de Estado Sólido para motor. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Relé de protección de Máxima y Mínima Tensión. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Relé de protección de secuencia y pérdida de fase. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Sistema Ininterrumpido de Energía con: estabilizador, baterías y cargador de baterías. Autonomía de 2 horas. Caract. eléct.: 1.5kVA, entrada de 220VAC.
[Símbolo]	Convertidor de corriente alterna en corriente continua. Características eléctricas: 24VDC.
[Símbolo]	Contactores Auxiliares
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital del caudal existente y volumen acumulado. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital de la presión existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital del nivel existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Analizador de Redes con pantalla retroiluminada y lecturas de Voltaje, Amperaje, cosØ, kW, kVA, kVAR, kWh y kVARh. Caract. eléct.: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Programador Lógico de Control de procesos. Con entradas y salidas analógicas y digitales suficientes para cumplir con lógica del funcionamiento del sistema. PLC modular con base rack
[Símbolo]	Terminal de diálogo Hombre - Máquina. Pantalla fluorescente con 8 líneas de 40 caracteres.
[Símbolo]	Unidad de Telemetría con chasis tipo Industrial, equipado con Radio - Modem Integrado.
[Símbolo]	Switch Ethernet con chasis tipo Industrial, con 5 puertos RJ 45
[Símbolo]	Transmisor de Flujo tipo electromagnético.
[Símbolo]	Transmisor de Presión Dinámica tipo piezoresistivo.
[Símbolo]	Transmisor de Nivel de presión hidrostática tipo piezoresistivo.
[Símbolo]	Detector de Intruso, con salida discreta
[Símbolo]	Detector de apertura del tablero de control, con salida discreta
[Símbolo]	Motor de Inducción trifásico. 440 V - 3Ø - 60Hz
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable para tableros TG y TBC, y de regulación fija para los Tableros TD y TC
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable y protección diferencial de 300mA para los circuitos F-101 ... F-301, y 30mA para los circuitos de tomacorrientes
[Símbolo]	Contactador Normalmente Abierto AC - 3.
[Símbolo]	Interruptor horario con reserva de 72 horas. 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Bobina o unidad de mando temporizado para puesta y salida en paralelo del Banco de Condensadores.
[Símbolo]	Banco de Condensadores. Características eléctricas: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Pozo de Puesta a Tierra.
[Símbolo]	Alarma sonora tipo Industrial. Características: 120W - 85dB - 1Ø - 220VAC
[Símbolo]	Horómetro.
[Símbolo]	Cámara de vídeo con puerto Ethernet que no será instalada en la presente obra.
[Símbolo]	Sistema de climatización: Ventilación forzada, resistencia calefactora e higrostat
[Símbolo]	Boya con Interruptor de Control de Nivel. Características eléctricas: 220VAC

EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
 GERENCIA DE PROYECTO Y OBRAS

Proyecto: _____

CONSORCIO INDEPENDIENTE

Proyecto: ANTEPROYECTO DE OBRAS GENERALES Y SECUNDARIAS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Plano de: **INSTALACIONES ELECTRICAS**
DIAGRAMA UNIFILAR
RESERVORIO TIPICO

Fecha: _____

IE - 03

03/6

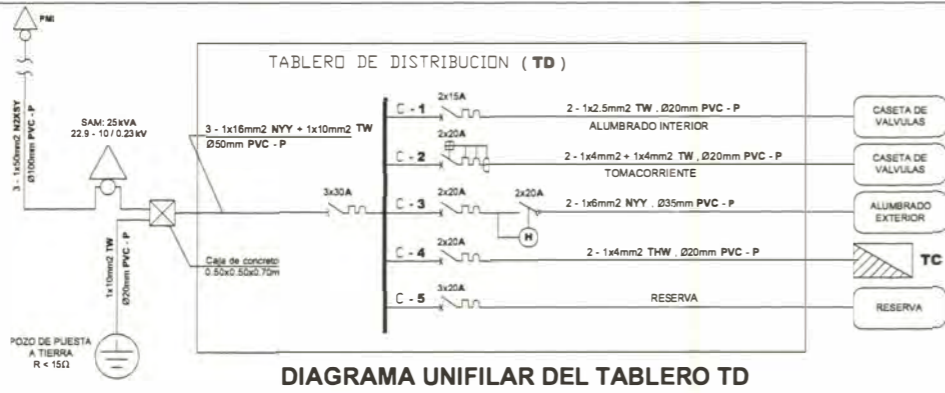


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO TD

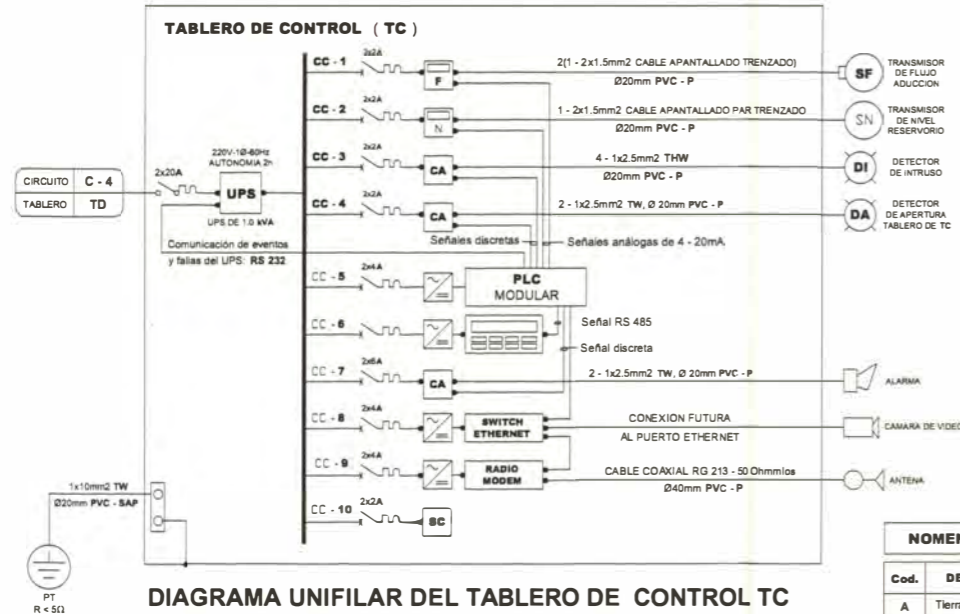
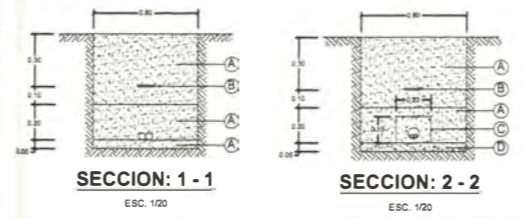


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE CONTROL TC

NOMENCLATURA

Cod.	DESCRIPCION
A	Tierra cementada compactada
B	Cinta amarilla
C	Concreto Clópeo
D	Concreto pobre 1/12

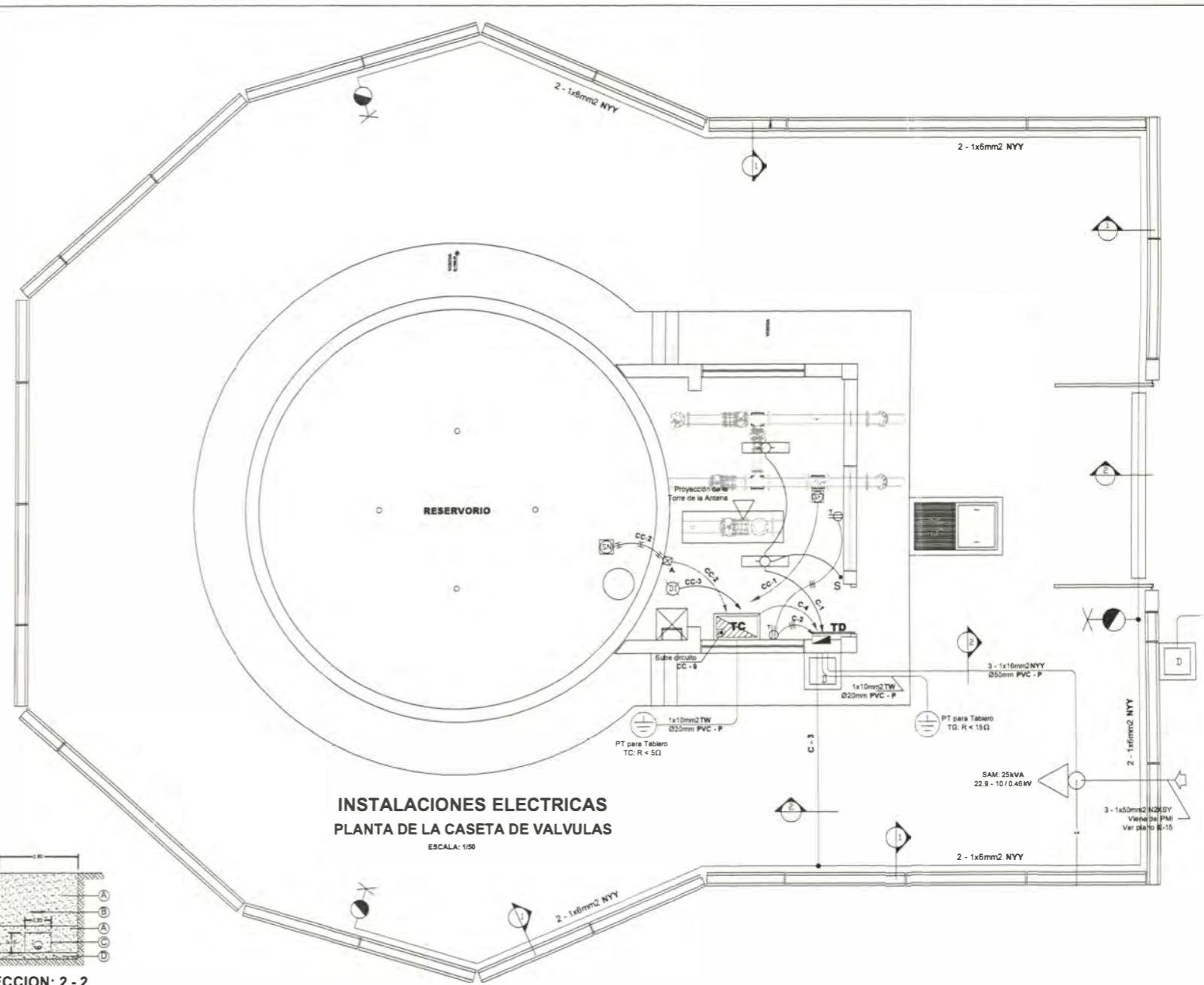


LEYENDA DEL DIAGRAMA UNIFILAR

SIMBOLO	DESCRIPCION
[Símbolo]	Tablero de Control adosado equipado con UPS de 1.0kVA, cargador de baterías y baterías con una autonomía de 2 horas. Protección IP 55. Caract. eléct.: 220VAC.
[Símbolo]	Tablero de Distribución empotrado en muro ó pared. Grado de protección IP 54. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Sistema Ininterrumpido de Energía con: estabilizador, baterías y cargador de baterías. Autonomía de 2 horas. Caract. eléct.: 1.0kVA, entrada de 220VAC.
[Símbolo]	Convertidor de corriente alterna en corriente continua. Características eléctricas: 24VDC.
[Símbolo]	Contactores Auxiliares
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital del caudal existente y volumen acumulado. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida análoga de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital del nivel existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida análoga de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Analizador de Redes con pantalla retroiluminada y lecturas de Voltaje, Amperaje, cosØ, kW, kVA, kVAR, kWh y kVARh. Caract. eléct.: 440V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Programador Lógico de Control de procesos. Con entradas y salidas análogas y digitales suficientes para cumplir con lógica del funcionamiento del sistema. PLC modular con base rack
[Símbolo]	Terminal de diálogo Hombre - Máquina. Pantalla fluorescente con 4 líneas de 40 caracteres.
[Símbolo]	Unidad de Telemetría con chasis tipo industrial, equipado con Radio - Modem integrado.
[Símbolo]	Switch Ethernet con chasis tipo industrial, con 5 puertos RJ 45

LEYENDA DEL DIAGRAMA UNIFILAR

SIMBOLO	DESCRIPCION
[Símbolo]	Transmisor de Flujo tipo electromagnético.
[Símbolo]	Transmisor de Nivel de presión hidrostática tipo piezorresistivo.
[Símbolo]	Detector de intruso, con salida discreta
[Símbolo]	Detector de apertura del tablero de control, con salida discreta
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético de regulación fija para los Tableros TD y TC
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con protección diferencial de 30mA para el circuito del tomacorriente
[Símbolo]	Interruptor horario con reserva de 72 horas. 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Pozo de Puesta a Tierra.
[Símbolo]	Alarma sonora tipo industrial. Características: 120W - 85dB - 1Ø - 220VAC
[Símbolo]	Antena Yagui u Omnidireccional con torre de soporte metálico.
[Símbolo]	Cámara de video con puerto Ethernet que no será instalada en la presente obra.



INSTALACIONES ELECTRICAS PLANTA DE LA CASETA DE VALVULAS ESCALA: 1/50

LEYENDA DE INST. ELECTRICAS

SIMBOLO	DESCRIPCION	CAJA / GAB.	ALTURA
[Símbolo]	Tablero de Distribución empotrado en muro ó pared. Caract. eléct.: 220V - 3Ø - 60Hz.	400x500x150	1.80
[Símbolo]	Tablero de Control adosado equipado con UPS de 1.0kVA, Cargador de baterías y Baterías. Autonomía de 2 horas.	800x1400x350	0.50
[Símbolo]	Circuito empotrado en el techo o pared.		
[Símbolo]	Circuito empotrado en el piso o directamente enterrado		
[Símbolo]	Circuito adosado al techo o pared.		
[Símbolo]	Empalme.		
[Símbolo]	Pozo de Puesta a Tierra.		
[Símbolo]	Caja de concreto. Incluye tapa	500x500x700	0.00
[Símbolo]	Caja de Paso de FoGo adosado al muro, salvo indicación.	150x150x50	0.50
[Símbolo]	Caja de Paso de FoGo adosado al muro, salvo indicación.	100x100x50	0.50
[Símbolo]	Salida de Alimentación eléctrica y análoga de 4 - 20mA., en el piso para transmisor de Flujo tipo electromagnético.	Especial	0.50
[Símbolo]	Salida para Transmisor de Nivel tipo piezorresistivo con salida análoga de 4 - 20mA.	Especial	Techo
[Símbolo]	Salida en el techo del Detector de Intrusos.	100x40	Techo
[Símbolo]	Salida para artefacto fluorescente con con rejilla metálica, similar al modelo RAS - M de JOSEF L., adosado al techo o pared, con 2 luminarias de 36W cada una.	100x40	Techo
[Símbolo]	Salida para tomacorriente doble con toma a tierra.	100x55x50	0.40
[Símbolo]	Interruptor Unipolar.	100x55x50	1.20
[Símbolo]	Poste CAC 9 / 250 / 120 / 255 con pastoral parabólico de hierro galvanizado PS / 1.5 / 1.9 / 50 y luminaria con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 150W.		

CUADRO DE CARGAS DE LA CASETA

Nro.	DESCRIPCION	PI (kW)	FD	MD (kW)
1	Tablero de Control	0.5	1.00	0.5
2	Alumbrado Interior	0.5	1.00	0.5
3	Alumbrado Exterior	1.0	1.00	1.0
TOTAL		2.0	1.00	2.0

EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO GERENCIA DE PROYECTO Y OBRAS

Proyectista: _____

CONSORCIO INDEPENDIENTE

Proyecto: ANTEPROYECTO DE OBRAS GENERALES Y SECUNDARIAS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Plan: **IE - 04**

Fecha: 02/09/2018

04/6

SEÑALIZACIONES EN EL TG
 Para cada uno de los circuitos:
 F - 101 y F - 201 sus
 señalizaciones correspondientes
 serán:
 Modo remoto (SCADA SEDAPAL)
 Modo local
 Mando manual
 Mando automático
 Funcionando
 Listo
 Deteriido
 Sobrecarga
 Falla a tierra
 Pérdida de fases
 Falla del arrancador estático

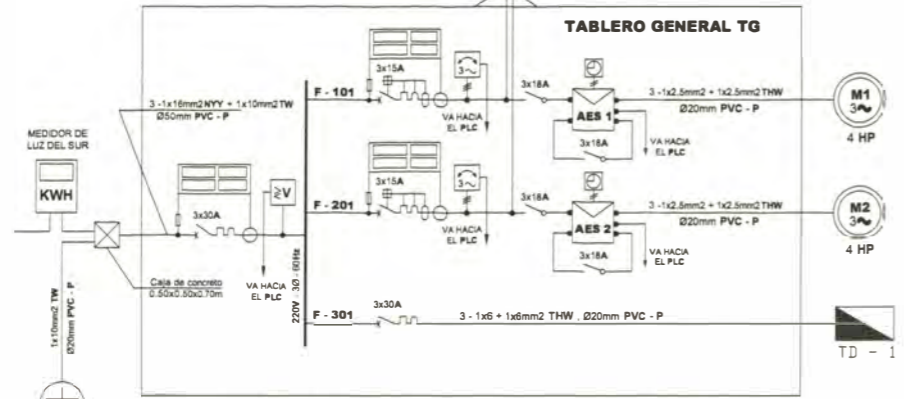
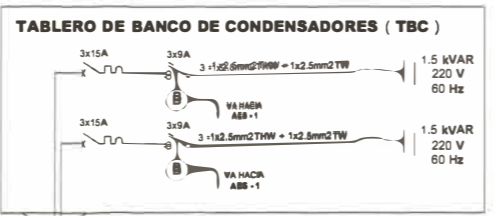


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO GENERAL TG

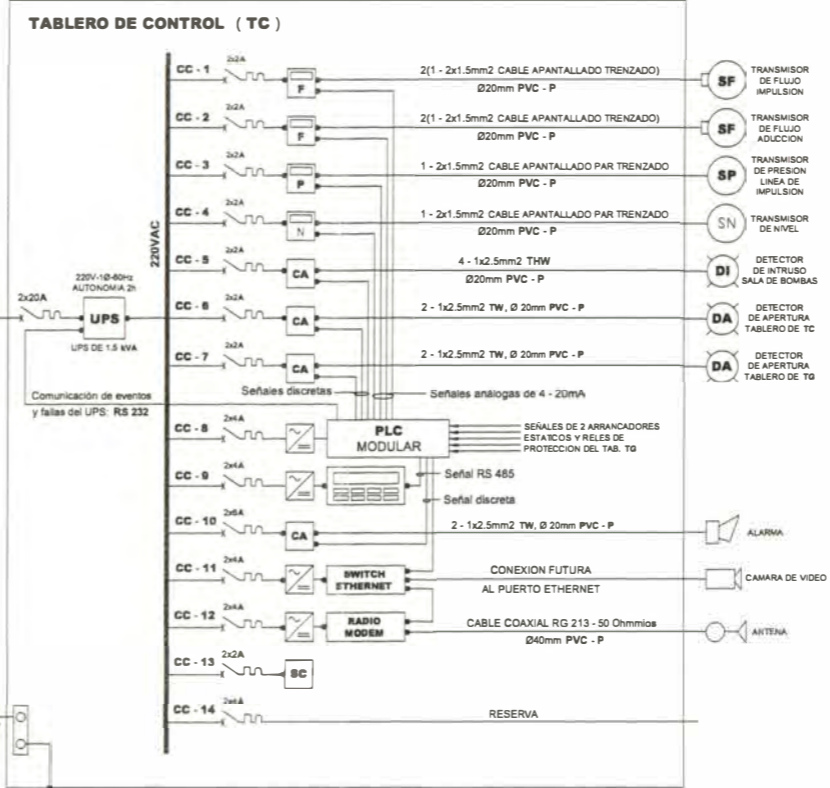


DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO DE CONTROL TC

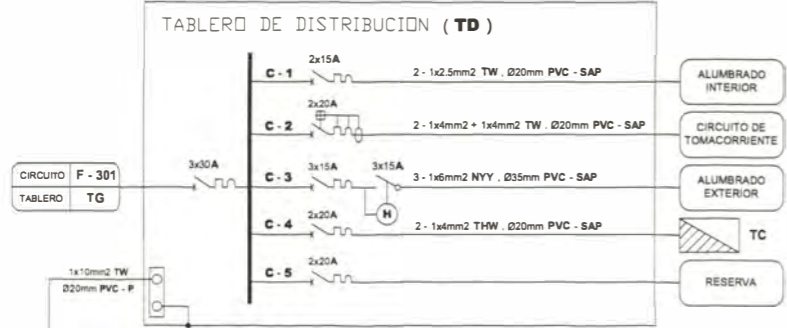


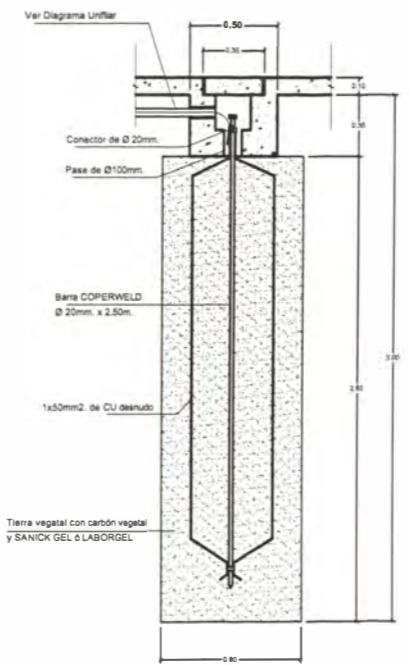
DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO TD

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MOTOR ELECTRICO									
CABETA	HP eje	KW eje	KW tot	KVA	η	F.P	I (A)	V (v)	RPM
RE - 04	4.00	3.00	3.78	4.86	0.79	0.81	12.25	220	3490

CAJAS	Son de Hierro Galvanizado del tipo pesado
CONDUCTOS	Son de cloruro de polivinilo clase pesada: PVC - SAP
CONDUCTORES	Son de cobre electrolítico al 99.9% de pureza Con aislamiento del tipo TW y THW para 750V.
PLACAS	Son de aluminio anodizado tipo TICINO para 250V - 20A
ACCESORIOS	De calidad similar al MAGIC de TICINO - 250V
INTERRUPTORES	Termomagnéticos con capacidad de ruptura de 85kA a 220V., para protección de motores y alimentador principal
ACTUADOR	Con posicionador y transmisor de posición Incorporados. Caract. Eléctricas: 220V - 1Ø - 60Hz
CURVAS	Serán curvas de fábricas de radio standard, clase pesada
CONDENSADORES	Tendrán la capacidad para corregir el F.P entre 0.98 y 0.98

NOTA:
 1. Los Tableros: TG, TC-2, y TBC serán fabricadas con planchas de acero de 2mm. de espesor. El Tablero TD será fabricado con plancha de 1.5mm.
 2. Las puertas de los Tableros autosoportados serán soportadas con 4 bisagras.
 3. Los Bancos de Condensadores tendrán la capacidad para corregir el factor de potencia a 0.98 como mínimo.
 4. La cámara de video será implementada en el futuro.



DETALLE TÍPICO DEL POZO DE TIERRA
 ESC 1/20

VALORES DE RESISTENCIA A TIERRA (Ohmios)		
DESCRIPCION	RESISTENCIA	Nº DE PZOS
Media Tensión	Menor a 25Ω	Mínimo 1
Baja Tensión	Menor a 15Ω	Mínimo 1
Control	Menor a 5Ω	Mínimo 2

CARGAS DE LA CASETA PROYECTADA RE - 04				
Nro.	DESCRIPCION	PI (kW)	FD	MD (kW)
1	2 Motores de 4HP c/u.	6.0	0.5	3.0
2	Tablero de Control	1.0	1.00	1.0
3	Alumbrado Interior	1.0	1.00	1.0
4	Alumbrado Exterior	1.0	1.00	1.0
TOTAL PROYECTADA		9.0		6.0

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
TG	Tablero General autosoportado con 2 arrancadores de Estado Sólido. Grado de protección IP 55. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Tablero de Control autosoportado equipado con UPS de 1.5kVA, cargador de baterías y baterías con una autonomía de 2 horas. Protección IP 55. Caract. eléct.: 220VAC.
[Símbolo]	Tablero de Distribución empotrado en muro ó pared. Grado de protección IP 54. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
ABS	Arrancador de Estado Sólido para motor. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Relé de protección de Máxima y Mínima Tensión. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Relé de protección de secuencia y pérdida de fase. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
UPB	Sistema Ininterrumpido de Energía con: estabilizador, baterías y cargador de baterías. Autonomía de 2 horas. Caract. eléct.: 1.5kVA, entrada de 220VAC.
[Símbolo]	Convertidor de corriente alterna en corriente continua. Características eléctricas: 24VDC.
CA	Contactores Auxiliares
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital del caudal existente y volumen acumulado. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital de la presión existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Pantalla de lectura Digital del nivel existente. Empotrado en la parte frontal del Tablero de Control. Con entrada y salida analógica de 4 - 20mA. 220VAC - IP65
[Símbolo]	Análizador de Redes con pantalla rotulada y lecturas de Voltaje, Amperaje, cosØ, kW, kVA, kVAR, KWH y kVARH. Caract. eléct.: 220V - 3Ø - 60Hz.
PLC	Programador Lógico de Control de procesos. Con entradas y salidas analógicas y digitales suficientes para cumplir con lógica del funcionamiento del sistema. PLC modular con base rack
[Símbolo]	Terminal de diálogo Hombre - Máquina. Pantalla fluorescente con 8 líneas de 40 caracteres.
RADIO MODEM	Unidad de Telemetría con chasis tipo Industrial, equipado con Radio - Modem integrado.
SWITCH ETHERNET	Switch Ethernet con chasis tipo industrial, con 5 puertos RJ 45
[Símbolo]	Transmisor de Flujo tipo electromagnético.
[Símbolo]	Transmisor de Presión Dinámica tipo piezorresistivo.
[Símbolo]	Transmisor de Nivel de presión hidrostática tipo piezorresistivo.
[Símbolo]	Detector de Intruso, con salida discreta
[Símbolo]	Detector de apertura del tablero de control, con salida discreta
[Símbolo]	Motor de inducción trifásico. 220 V - 3Ø - 60Hz
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable para tableros TG y TBC, y de regulación fija para los Tableros TD y TC
[Símbolo]	Interruptor Termomagnético con regulación térmica y magnética variable y protección diferencial de 300mA para los circuitos F-101 y F-201, y 30mA para los circuitos de tomacorrientes
[Símbolo]	Contactador Normalmente Abierto AC - 3.
[Símbolo]	Interruptor horario con reserva de 72 horas. 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Bobina o unidad de mando temporizado para puesta y salida en paralelo del Banco de Condensadores.
[Símbolo]	Banco de Condensadores. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.
[Símbolo]	Pozo de Puesta a Tierra.
[Símbolo]	Alarma sonora tipo industrial. Características: 120W - 85dB - 1Ø - 220VAC
[Símbolo]	Horómetro.
[Símbolo]	Cámara de video con puerto Ethernet que no será instalada en la presente obra.
[Símbolo]	Sistema de climatización: Ventilación forzada, resistencia calefactora e higróstico
[Símbolo]	Tablero de Distribución existente. Características eléctricas: 220V - 3Ø - 60Hz.

**EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
 GERENCIA DE PROYECTO Y OBRAS**

Proyectista: **CONSORCIO INDEPENDIENTE**

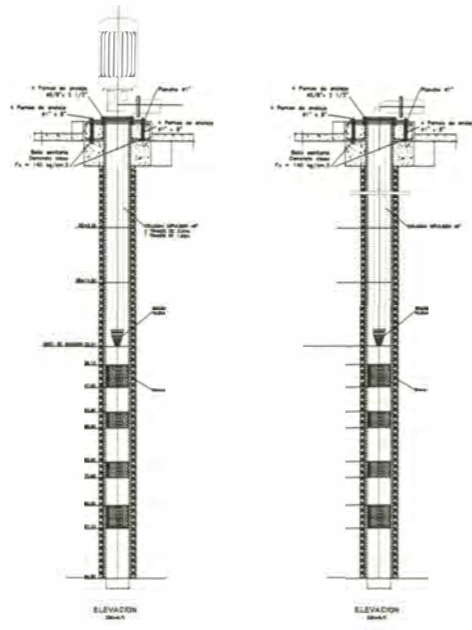
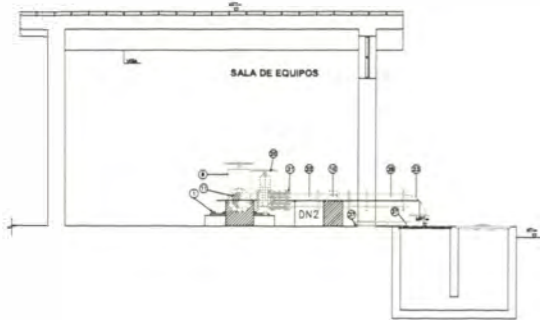
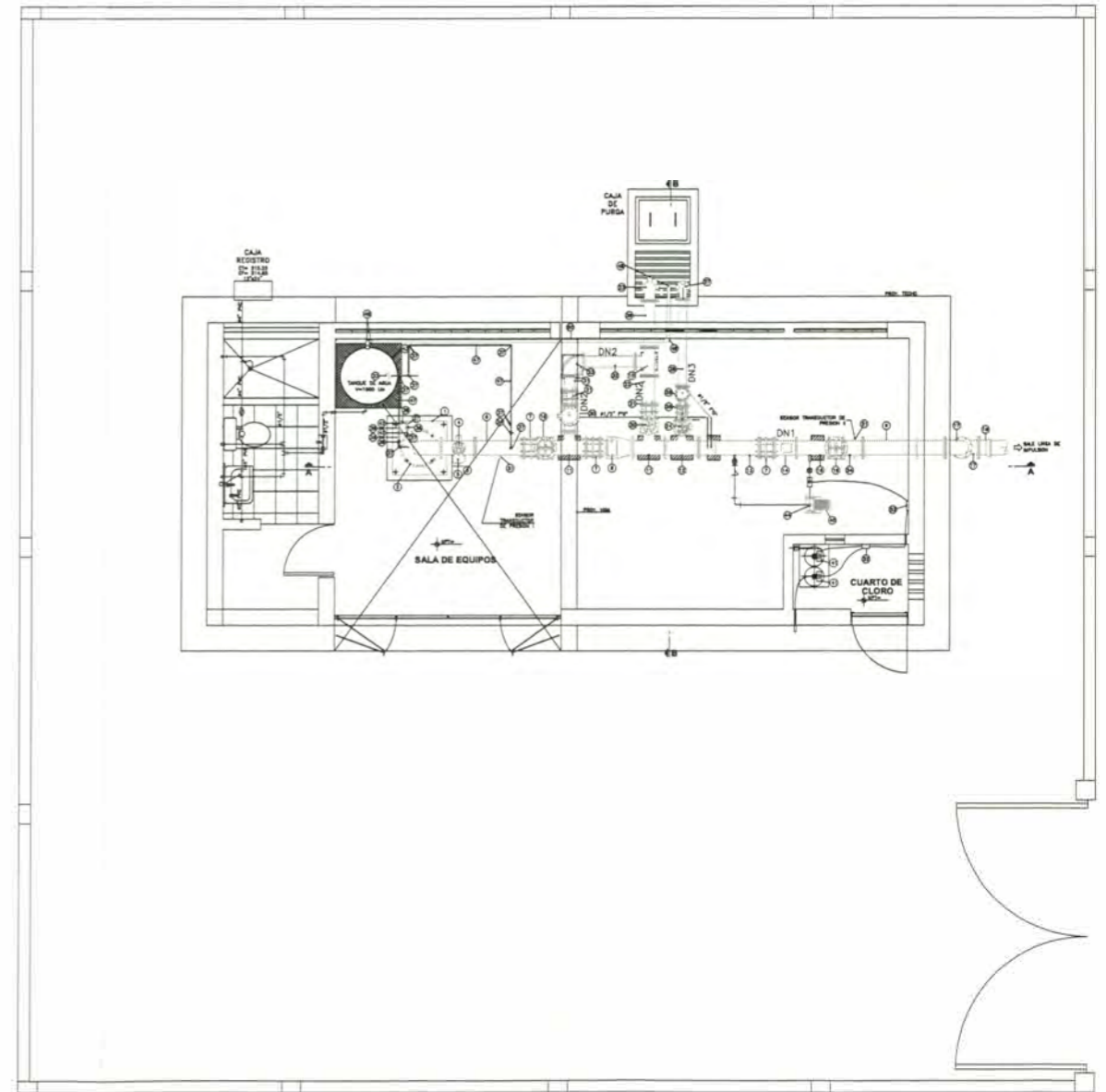
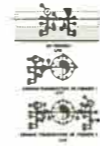
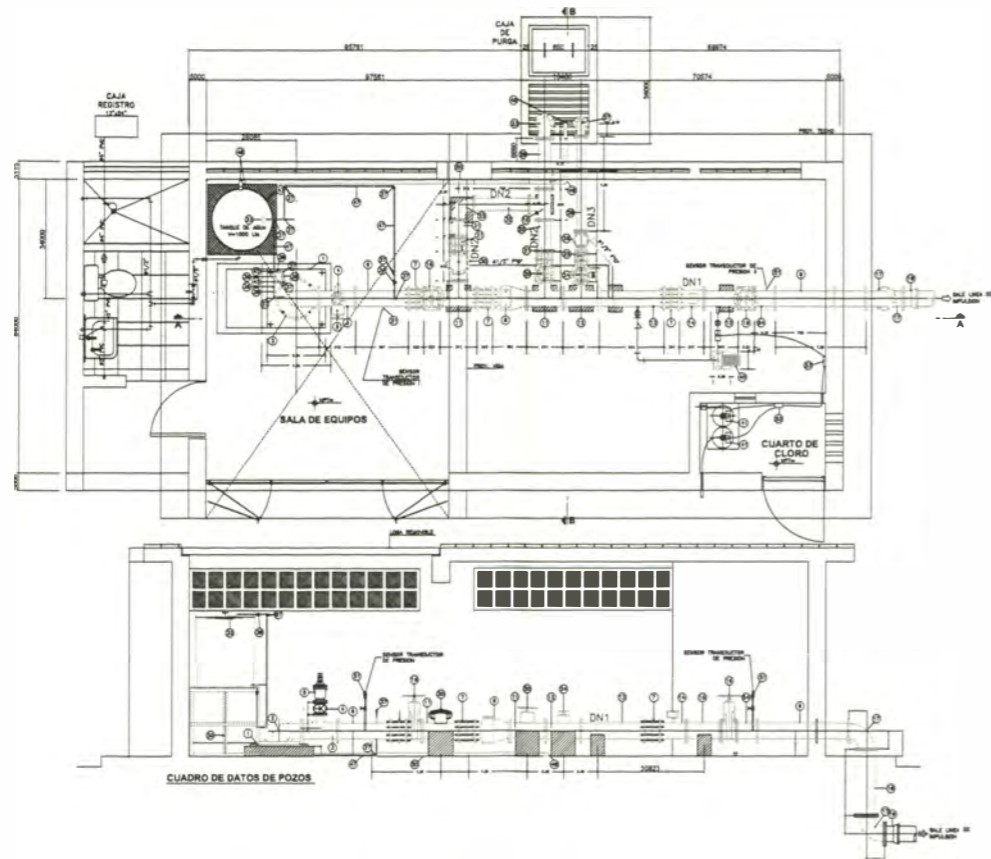
Proyecto: ANTEPROYECTO DE OBRAS GENERALES Y SECUNDARIAS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

Plano N°: **IE - 05**

Instalaciones Eléctricas
 DIAGRAMA UNIFILAR
 CASETA TÍPICA DE REMOBEO

05/6

DN200mm



CODIGO	RESERV. SERVIC.	C.T.	PROF.	DN1	DN2	DN3	EQUIPO	TRAYECTO REQUERIDO
ME-01	ME-01	300	100	100	100	100	100	100
ME-02	ME-02	300	100	100	100	100	100	100
ME-03	ME-03	300	100	100	100	100	100	100
ME-04	ME-04	300	100	100	100	100	100	100
ME-05	ME-05	300	100	100	100	100	100	100
ME-06	ME-06	300	100	100	100	100	100	100
ME-07	ME-07	300	100	100	100	100	100	100
ME-08	ME-08	300	100	100	100	100	100	100
ME-09	ME-09	300	100	100	100	100	100	100
ME-10	ME-10	300	100	100	100	100	100	100
ME-11	ME-11	300	100	100	100	100	100	100

EMPRESA DE SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO GERENCIA DE PROYECTO Y OBRAS		
Proyectista:	CONSORCIO INDEPENDIENTE	
Proyecto:	Distrito:	Nº de Proyecto:
ANTEPROYECTO DE OBRAS GENERALES Y SECUNDARIAS DEL PROYECTO AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	Dibujó:	Plano Nº:
	Elaboró:	
	Prof. Responsable:	
Plano de:	Diseñó:	
INSTALACIONES ELECTRICAS	Revisó:	Título de Plano:
CASETA TIPICA	Fechó:	06/ 6
	INFORMES - 004	

ANEXO D
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HARDWARE Y SOFTWARE DEL SISTEMA
SCADA PROPUESTO

D.1 Datos técnicos del PLC SIMATIC S7-200 y módulos de ampliación



Fig. D.1 Vista general de CPU 224XP [23]

Tabla D.1 Números de referencia de las CPUs [24]

Nº de referencia	Modelo de CPU	Alimentación (nominal)	Entradas digitales	Salidas digitales	Puertos COM	Entradas analógicas	Salidas analógicas	Bloque de terminales extraíble
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221	24 V c.c.	6 x 24 V c.c.	4 x 24 V c.c.	1	No	No	No
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221	120 a 240 V c.a.	6 x 24 V c.c.	4 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222	24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	6 x 24 V c.c.	1	No	No	No
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222	120 a 240 V c.a.	8 x 24 V c.c.	6 salidas de relé	1	No	No	No
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	1	No	No	SI
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224	120 a 240 V c.a.	14 x 24 V c.c.	10 salidas de relé	1	No	No	SI
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	2	2	1	SI
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP	120 a 240 V c.a.	14 x 24 V c.c.	10 salidas de relé	2	2	1	SI
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 226	24 V c.c.	24 x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c.	2	No	No	SI
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 226	120 a 240 V c.a.	24 x 24 V c.c.	16 salidas de relé	2	No	No	SI

Tabla D.2 Datos técnicos generales de las CPUs [24]

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c.c. disponible	
					+5 V c.c.	+24 V c.c. ¹
6ES7 211-0AA23-0XB0	CPU 221 DC/DC/DC 6 entradas/4 salidas	90 x 80 x 62	270 g	3 W	0 mA	180 mA
6ES7 211-0BA23-0XB0	CPU 221 AC/DC/relé 6 entradas/4 salidas de relé	90 x 80 x 62	310 g	6 W	0 mA	180 mA
6ES7 212-1AB23-0XB0	CPU 222 DC/DC/DC 8 entradas/6 salidas	90 x 80 x 62	270 g	5 W	340 mA	180 mA
6ES7 212-1BB23-0XB0	CPU 222 AC/DC/relé 8 entradas/6 salidas de relé	90 x 80 x 62	310 g	7 W	340 mA	180 mA
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224 DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	120,5 x 80 x 62	360 g	7 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-1BD23-0XB0	CPU 224 AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	120,5 x 80 x 62	410 g	10 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2AD23-0XB0	CPU 224XP DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas	140 x 80 x 62	390 g	8 W	660 mA	280 mA
6ES7 214-2BD23-0XB0	CPU 224XP AC/DC/relé 14 entradas/10 salidas de relé	140 x 80 x 62	440 g	11 W	660 mA	280 mA
6ES7 216-2AD23-0XB0	CPU 226 DC/DC/DC 24 entradas/16 salidas	196 x 80 x 62	550 g	11 W	1000 mA	400 mA
6ES7 216-2BD23-0XB0	CPU 226 AC/DC/relé 24 entradas/16 salidas de relé	196 x 80 x 62	560 g	17 W	1000 mA	400 mA

¹ Esta es la alimentación de sensores de 24 V c.c. disponible tras tenerse en cuenta la alimentación interna de bobinas de relé y los requisitos de corriente de 24 V c.c. del puerto de comunicación.

Tabla D.3 Datos técnicos de las CPUs [24]

	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
Memoria					
Tamaño del programa de usuario (EEPROM)					
con edición en modo RUN	4096 bytes		8192 bytes	12288 bytes	16384 bytes
sin edición en modo RUN	4096 bytes		12288 bytes	16384 bytes	24576 bytes
Datos de usuario (EEPROM)	2048 bytes (remanentes)		8192 bytes (remanentes)	10240 bytes (remanentes)	10240 bytes (remanentes)
Respaldo (condensador de alto rendimiento)	Tip. 50 h (mín. 8 h a 40°C)		Tip. 100 h (mín. 70 h a 40°C)		Tip. 100 horas (mín. 70 horas a 40°C)
(pila opcional)	Tip. 200 días		Tip. 200 días		Tip. 200 días
Entradas y salidas (E/S)					
E/S de ampliación	6 E/4 S	8 E/6 S	14 E/10 S	14 E/10 S	24 E/16 S
E/S analógicas	Ninguna			2 E/1 S	Ninguna
Tamaño de la imagen de E/S digitales	256 (128 E/128 S)				
Tamaño de la imagen de E/S analógicas	Ninguno	32 (16 E/16 S)	64 (32 E/32 S)		
Nº máx. de módulos de ampliación	Ninguno	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Nº máx. de módulos inteligentes	Ninguno	2 módulos ¹	7 módulos ¹		
Entradas de captura de impulsos	6	8	14		24
Contadores rápidos	4 contadores (total)		6 contadores (total)	6 contadores (total)	6 contadores (total)
Fase simple	4 a 30 kHz		6 a 30 kHz	4 a 30 kHz	6 a 30 kHz
Dos fases	2 a 20 kHz		4 a 20 kHz	2 a 200 kHz 3 a 20 kHz 1 a 100 kHz	4 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2 a 20 kHz (sólo en salidas c.c.)			2 a 100 kHz (sólo en salidas c.c.)	2 a 20 kHz (sólo en salidas c.c.)
Datos generales					
Temporizadores	256 temporizadores en total: 4 temporizadores de 1 ms, 16 temporizadores de 10 ms y 236 temporizadores de 100 ms				
Contadores	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila)				
Marcas internas almacenadas al desconectar la CPU	256 (respaldo por condensador de alto rendimiento o pila) 112 (almacenamiento en EEPROM)				
Interrupciones temporizadas	2 con resolución de 1 ms				
Interrupciones de flanco	4 flancos positivos y/o 4 flancos negativos				
Potenciómetros analógicos	1 con resolución de 8 bits		2 con resolución de 8 bits		
Velocidad de ejecución booleana	0,22 µs por operación				
Reloj de tiempo real	Cartucho opcional		Incorporado		
Cartuchos opcionales	Memoria, pila y reloj de tiempo real		Memoria y pila		
Comunicación integrada					
Puertos (potencia limitada)	1 puerto RS-485			2 puertos RS-485	
Velocidades de transferencia PPI, DP, T	9,6, 19,2 y 187,5 kbit/s				
Velocidades de transferencia Freepoint	1,2 kbit/s a 115,2 kbit/s				
Longitud máx. del cable por segmento	Con repetidor aislado: 1000 m hasta 187,5 kbit/s, 1200 m hasta 38,4 kbit/s Sin repetidor aislado: 50 m				
Nº máximo de estaciones	32 por segmento, 126 por red				
Nº máximo de maestros	32				
Punto a punto (modo maestro PPI)	Sí (NETR-NETW)				
Enlaces MPI	4 en total, 2 reservados (1 para una PG y 1 para un OP)				

¹ Es preciso calcular la corriente necesaria para determinar cuánta energía puede suministrar la CPU S7-200 a la configuración deseada. Si se excede la corriente necesaria para la CPU, es posible que no se pueda conectar el número máximo de módulos. Consulte el anexo A para obtener información acerca de los requisitos de alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación, así como el anexo E para calcular la corriente necesaria.

Tabla D.4 Datos de alimentación de las CPUs [24]

Corriente continua			Corriente alterna	
Potencia de entrada				
Tensión de entrada	20,4 a 28,8 V c.c.		85 V a 264 V c.a., 47 a 63 Hz	
Intensidad de entrada	CPU sólo a 24 V c.c.	Carga máx. a 24 V c.c.	sólo CPU	Carga máx.
CPU 221	80 mA	450 mA	30/15 mA a 120/240 V c.a.	120/60 mA a 120/240 V c.a.
CPU 222	85 mA	500 mA	40/20 mA a 120/240 V c.a.	140/70 mA a 120/240 V c.a.
CPU 224	110 mA	700 mA	60/30 mA a 120/240 V c.a.	200/100 mA a 120/240 V c.a.
CPU 224XP	120 mA	900 mA	70/35 mA a 120/240 V c.a.	220/100 mA a 120/240 V c.a.
CPU 226	150 mA	1050 mA	80/40 mA a 120/240 V c.a.	320/160 mA a 120/240 V c.a.
Corriente de inyección	12 A a 28,8 V c.c.		20 A a 264 V c.a.	
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Sin aislamiento		1500 V c.a.	
Tiempo de retardo (desde la pérdida de corriente)	10 ms a 24 V c.c.		20/80 ms a 120/240 V c.a.	
Fusible (no reemplazable)	3 A, 250 V, de acción lenta		2 A, 250 V, de acción lenta	
Alimentación de sensores 24 V c.c.				
Tensión de sensores (potencia limitada)	L+ menos 5 V		20,4 a 28,8 V c.c.	
Intensidad límite	1,5 A pico, límite térmico no destructivo (v. tabla A-3, carga nominal)			
Rizado/corriente parásita	Derivado de potencia de entrada		Menos de 1 V pico a pico	
Aislamiento (sensor a circuito lógico)	Sin aislamiento			

Tabla D.5 Datos de las entradas digitales de las CPUs [24]

Datos generales	Entrada de 24 V c.c. (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Entrada de 24 V c.c. (CPU 224XP)	
Tipo de datos	Sumidero de corriente fuente tipo 1 IEC con sumidero de corriente	Sumidero de corriente fuente tipo 1 IEC, excepto 10,3 a 10,5	
Tensión nominal	Tip. 24 V c.c. a 4 mA	Tip. 24 V c.c. a 4 mA	
Tensión continua máx. admisible	30 V c.c.		
Sobretensión	35 V c.c., 0,5 s		
Señal 1 lógica (mín.)	15 V c.c. a 2,5 mA	15 V c.c. a 2,5 mA (10,0 a 10,2 e 10,6 a 11,5) 4 V c.c. a 5 mA (10,3 a 10,5)	
Señal 0 lógica (máx.)	5 V c.c. a 1 mA	5 V c.c. a 1 mA (10,0 a 10,2 e 10,6 a 11,5) 1 V c.c. a 1 mA (10,3 a 10,5)	
Retardo de entrada	Seleccionable (0,2 a 12,8 ms)		
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Berol)			
Corriente de fuga admisible (máx.)	1 mA		
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Sí		
Separación galvánica	500 V c.a., 1 minuto		
Grupos de aislamiento	Consulte el diagrama de cableado		
Frecuencia de entrada de los contadores rápidos (HSC)			
Entradas HSC	Señal 1 lógica	Fase simple	Doce fases
Todos los HSC	15 a 30 V c.c.	20 kHz	10 kHz
Todos los HSC	15 a 26 V c.c.	30 kHz	20 kHz
HCS4, HCS5 (sólo CPU 224XP)	> 4 V c.c.	200 kHz	100 kHz
Entradas ON simultáneamente	Todas		Todas Sólo CPU 224XP AC/DC/relé. Todas a 55° C con entradas c.c. a 25 V c.c. máx. Todas a 50° C con entradas c.c. a 30 V c.c. máx.
Longitud del cable (máx.)			
Apantallado	500 m para las entradas normales, 50 m para las entradas HSC ¹		
No apantallado	300 m para las entradas normales		

¹ Para las entradas HSC se recomienda utilizar cables apantallados de par trenzado.

Tabla D.6 Datos de las salidas digitales de las CPUs [24]

Datos generales	Salida de 24 V c.c. (CPU 221, CPU 222, CPU 224, CPU 226)	Salida de 24 V c. c.(CPU 224XP)	Salidas de relé
Tipo de datos	Estado sólido-MOSFET ¹ (fuente)		Contacto de baja potencia
Tensión nominal	24 V c.c.	24 V c.c.	24 V c.c. ó 250 V c.a.
Rango de tensión	20.4 a 28.5 V c.c.	5 a 28.5 V c.c. (Q0.0 a Q0.4) 20.4 a 28.8 V c.c. (Q0.5 a Q1.1)	5 a 30 V c.c. ó 5 a 250 V c.a.
Sobrecorriente (máx.)	8 A, 100 ms		5 A durante 4 s c/u 10% de ciclo de trabajo
Señal 1 lógica (mín.)	20 V c.c. a intensidad máx.	L+ menos 0,4V a intensidad máx.	-
Señal 0 lógica (máx.)	0,1 V c.c. con 10 K Ω de carga		-
Intensidad nominal por salida (máx.)	0,75 A		2,0 A
Intensidad nominal por neutro (máx.)	6 A	3,75 A	10 A
Corriente de fuga (máx.)	10 μ A		-
Carga de lámparas (máx.)	5 W		30 W c.c., 200 W c.a. ^{3, 4}
Tensión de bloqueo inductiva	L+ menos 48 V c.c., disipación de 1 W		-
Resistencia en estado ON (contactos)	Tip. 0,3 Ω (0,6 Ω máx.)		0,2 Ω (máx. si son nuevas)
Separación galvánica			
Separación galvánica (campo a circuito lógico)	500 V c. a 1 minuto		-
Circuito lógico a contacto	-		1500 V c.a., 1 minuto
Resistencia (circuito lógico a contacto)	-		100 M Ω
Grupos de aislamiento	Consulte el diagrama de cableado		Consulte el diagrama de cableado
Retardo (máx.)			
OFF a ON (μ s)	2 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (todas las demás)	0,5 μ s (Q0.0, Q0.1), 15 μ s (todas las demás)	-
ON a OFF (μ s)	10 μ s (Q0.0, Q0.1), 130 μ s (todas las demás)	1,5 μ s (Q0.0, Q0.1), 130 μ s (todas las demás)	-
Conmutación	-	-	10 ms
Frecuencia de impulsos (máx.)	20 kHz ² (Q0.0 y Q0.1)	100 kHz ² (Q0.0 y Q0.1)	1 Hz
Vida útil mecánica	-	-	10 000 000 (sin carga)
Vida útil de los contactos	-	-	100 000 (carga nominal)
Salidas ON simultáneamente	Todas a 55° C (horizontal), todas a 45° C (vertical)		
Conexión de dos salidas en paralelo	Sí, sólo salidas de un mismo grupo		No
Longitud del cable (máx.)			
Apantallado	500 m		
No apantallado	150 m		

1 Cuando un contacto mecánico aplica tensión a una CPU S7-200, o bien a un módulo de ampliación digital, envía una señal "1" a las salidas digitales durante aproximadamente 50 microsegundos. Considere esto especialmente si desea utilizar aparatos que reaccionen a impulsos de breve duración.

2 En función del receptor de impulsos y del cable, un resistor de carga externo (al menos 10% de la intensidad nominal) puede mejorar la calidad de señal de los impulsos y la inmunidad a interferencias.

3 La vida útil de los relés con carga de lámparas se reducirá en 75%, a menos que la sobrecorriente al conectar se reduzca por debajo de la sobrecorriente límite de la salida.

4 El variador límite de la carga de lámparas es aplicable a la tensión nominal. Reduzca el variador límite proporcionalmente a la tensión conmutada (p. ej. 120 V c.a. - 100 W).

Tabla D.7 Datos de las entradas analógicas de la CPU 224XP [24]

Datos generales	Entrada analógica (CPU 224XP)
Nº de entradas	2
Tipo de entrada analógica	Asimétrica
Rango de tensión	± 10 V
Formato de palabra de datos, rango máx.	-32.000 a +32.000
Impedancia de entrada DC	> 100 K Ω
Tensión de entrada máxima	30 V c.c.
Resolución	11 bits más 1 bit de signo
Valor LSB	4,88 mV
Separación galvánica	Ninguno
Precisión	
Caso más desfavorable 0° a 55° C	$\pm 2,5\%$ de rango máx.
Típico, 25° C	$\pm 1,0\%$ de rango máx.
Repetibilidad	$\pm 0,05\%$ de rango máx.
Tiempo de conversión analógica digital	125 ms
Tipo de conversión	Sigma-delta
Respuesta en escalón	Máx. 250 ms.
Rechazo de interferencias	Tip. -20 dB c/u 50 Hz

Tabla D.8 Datos de las salidas analógicas de la CPU 224XP [24]

Datos generales	Salida analógica (CPU 224XP)
Nº de salidas	1
Rango de señales	
Tensión	0 a 10 V (potencia limitada)
Intensidad	0 a 20 V (potencia limitada)
Formato de palabra de datos, rango máx.	0 a +32767
Formato de palabra de datos, rango máx.	0 a +32000
Resolución, rango máx.	12 bits
Valor LSB	
Tensión	2.44 mV
Intensidad	4.88 µA
Separación galvánica	Ninguna
Precisión	
Caso más desfavorable. 0° a 55° C	
Salida de tensión	± 2% de rango máx.
Salida de intensidad	± 3% de rango máx.
Típ. 25° C	
Salida de tensión	± 1% de rango máx.
Salida de intensidad	± 1% de rango máx.
Tiempo de estabilización	
Salida de tensión	< 50 µs
Salida de intensidad	< 100 µs
Accionamiento máx. de salidas	
Salida de tensión	± Mín. 5000 Ω
Salida de intensidad	± Máx. 500 Ω

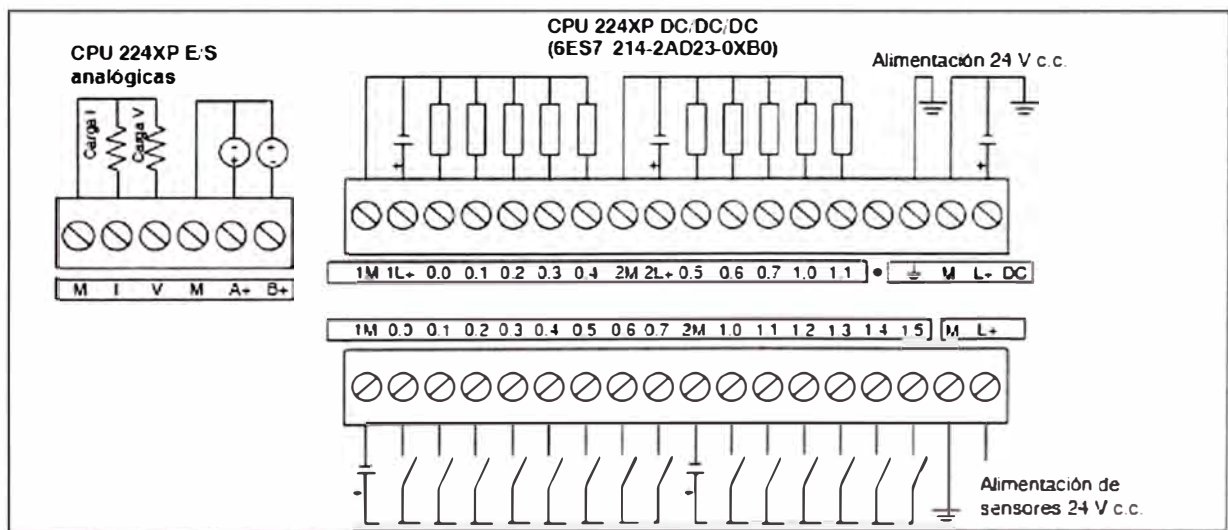


Fig. D.2 Cableado CPU 224XP [24]

Tabla D.9 Asignación de pines del puerto de comunicación del S7-200 [24]

Enchufe	Nº de pin	Señal PROFIBUS	Puerto 0/Puerto 1
	1	Blindaje	Tierra
	2	Hilo de retorno 24 V	Hilo lógico
	3	Señal B RS-485	Señal B RS-485
	4	Petición de transmitir	RTS (TTL)
	5	Hilo de retorno 5 V	Hilo lógico
	6	+5 V	+5 V, 100 Ω resistor en serie
	7	+24 V	+24 V
	8	Señal A RS-485	Señal A RS-485
	9	No aplicable	Selección protocolo de 10 bits (entrada)
	Carcasa del enchufe	Blindaje	Tierra

D.2 Datos técnicos de los módulos de ampliación digitales del PLC SIMATIC S7-200

Tabla D.10. Números de referencia de los módulos de ampliación digitales [24]

Nº de referencia	Módulo de ampliación	Entradas digitales	Salidas digitales	Bloque de terminales extraíble
6ES7221-1BF22-0XA0	EM 221 8 entradas digitales x 24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	-	Si
6ES7 221-1EF22-0XA0	EM 221 8 entradas digitales x 120/230 V c.a.	8 x 120/230 V c.a.	-	Si
6ES7221-1BH22-0XA0	EM 221 16 entradas digitales x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c.	-	Si
6ES7 222-1BD22-0XA0	EM 222 4 salidas digitales x 24 V c.c. -5A	-	4 x 24 V c.c. -5A	Si
6ES7 222-1HD22-0XA0	EM 222 4 salidas digitales x relé-10A	-	4 x relé-10A	Si
6ES7 222-1BF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x 24 V c.c.	-	8 x 24 V c.c. -0.75A	Si
6ES7 222-1HF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x relé	-	8 x relé-2A	Si
6ES7 222-1EF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x 120/230 V c.a.	-	8 x 120/230 V c.a.	Si
6ES7223-1BF22-0XA0	EM 223 4 entradas digitales/4 salidas digitales x 24 V c.c.	4 x 24 V c.c.	4 x 24 V c.c. -0.75A	Si
6ES7 223-1HF22-0XA0	EM 223 4 entradas digitales/4 salidas de relé x 24 V c.c.	4 x 24 V c.c.	4 x relé-2A	Si
6ES7 223-1BH22-0XA0	EM 223 8 entradas digitales/8 salidas digitales x 24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	8 x 24 V c.c. -0.75A	Si
6ES7 223-1PH22-0XA0	EM 223 8 entradas digitales/8 salidas de relé x 24 V c.c.	8 x 24 V c.c.	8 x relé-2A	Si
6ES7 223-1BL22-0XA0	EM 223 16 entradas digitales/16 salidas digitales x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c. -0.75A	Si
6ES7 223-1PL22-0XA0	EM 223 16 entradas digitales/16 salidas de relé x 24 V c.c.	16 x 24 V c.c.	16 x relé-2A	Si

Tabla D.11 Datos técnicos generales de los módulos de ampliación digitales [24]

Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Dissipación	Tensión c.c. disponible	
					+5 V c.c.	+24 V c.c.
6ES7221-1BF22-0XA0	EM 221 8 entradas digitales x 24 V c.c.	46 x 80 x 62	150 g	2 W	30 mA	ON: 4 mA/entrada
6ES7 221-1EF22-0XA0	EM 221 8 entradas digitales x 120/230 V c.a.	71,2 x 80 x 62	160 g	3 W	30 mA	-
6ES7221-1BH22-0XA0	EM 221 16 entradas digitales x 24 V c.c.	71,2 x 80 x 62	160 g	3 W	70 mA	ON: 4 mA/entrada
6ES7 222-1BD22-0XA0	EM 222 4 DO x 24 V c.c.-5A	46 x 80 x 62	120 g	3 W	40 mA	-
6ES7 222-1HD22-0XA0	EM 222 4 DO x relé-10A	46 x 80 x 62	150 g	4 W	30 mA	ON: 20 mA/salida
6ES7 222-1BF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x 24 V c.c.	46 x 80 x 62	150 g	2 W	50 mA	-
6ES7 222-1HF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x relé	46 x 80 x 62	170 g	2 W	40 mA	ON: 9 mA/salida
6ES7 222-1EF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x 120/230 V c.a.	71,2 x 80 x 62	165 g	4 W	110 mA	-
6ES7223-1BF22-0XA0	EM 223 4 entradas/4 salidas x 24 V c.c.	46 x 80 x 62	160 g	2 W	40 mA	ON: 4 mA/entrada
6ES7 223-1HF22-0XA0	EM 223 4 entradas x 24 V c.c./4 salidas de relé	46 x 80 x 62	170 g	2 W	40 mA	ON: 9 mA/salida, 4 mA/entrada
6ES7 223-1BH22-0XA0	EM 223 8 entradas digitales/8 salidas digitales x 24 V c.c.	71,2 x 80 x 62	200 g	3 W	80 mA	-
6ES7 223-1PH22-0XA0	EM 223 4 entradas x 24 V c.c./4 salidas de relé	71,2 x 80 x 62	300 g	3 W	80 mA	ON: 9 mA/salida, 4 mA/entrada
6ES7 223-1BL22-0XA0	EM 223 16 entradas digitales/16 salidas digitales x 24 V c.c.	137,3 x 80 x 62	360 g	6 W	160 mA	-
6ES7 223-1PL22-0XA0	EM 223 16 entradas x 24 V c.c./16 salidas de relé	137,3 x 80 x 62	400 g	6 W	150 mA	ON: 9 mA/salida, 4 mA/entrada

Tabla D.12 Datos de las entradas de los módulos de ampliación digitales [24]

Datos generales	Entrada 24 V c.c.	Entrada 120/230 V c.a. (47 a 63 Hz)
Tipo de datos	Sumidero de corriente, fuente tipo 1 IEC con sumidero de corriente)	Tipo I IEC
Tensión nominal	24 V c.c. a 4 mA	120 V c.a. a 6 mA ó 230 V c.a. a 9 mA, nominal
Tensión continua máx. admisible	30 V c.c.	264 V c.a.
Sobretensión (máx.)	35 V c.c., 0,5 s	-
Señal 1 lógica (mín.)	15 V c.c. a 2,5 mA	79 V c.c. a 2,5 mA
Señal 0 lógica (máx.)	5 V c.c. a 1 mA	20 V c.a. o 1 mA c.a.
Retardo de las entradas (máx.)	4,5 ms	15 ms
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Óero)		
Corriente de fuga admisible (máx.)	1 mA	1 mA c.a.
Aislamiento		
Separación galvánica (campo a circuito lógico)	500 V c.a. durante 1 minuto	1500 V c.a., 1 minuto
Grupos de aislamiento	Consulte el diagrama de cableado	1 entrada
Entradas ON simultáneamente	Todas a 55° C (horizontal), todas ON a 45° C (vertical)	
Longitud del cable (máx.)		
Apantallado	500 m	500 m
No apantallado	300 m	300 m

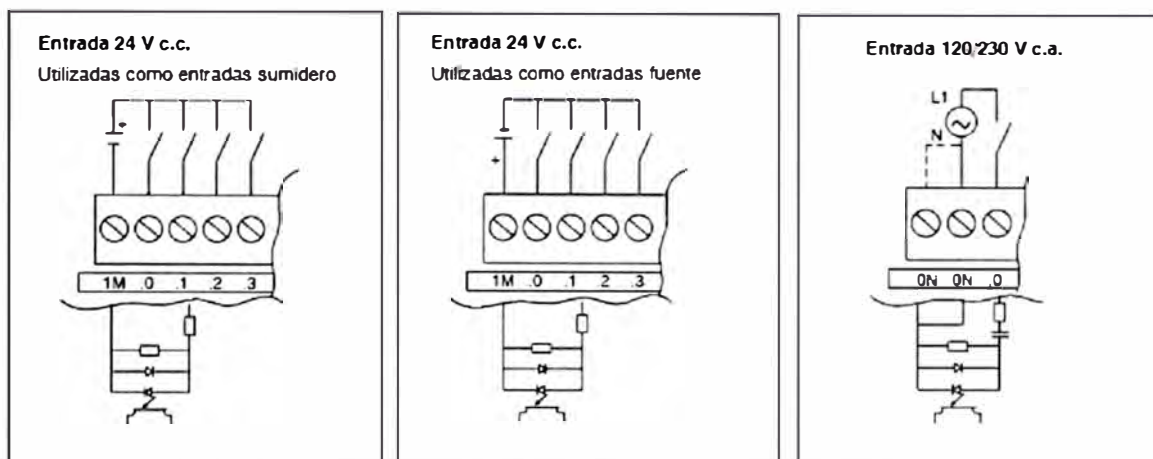


Fig. D.3 Entradas de los módulos de ampliación digitales S7-200 [24]

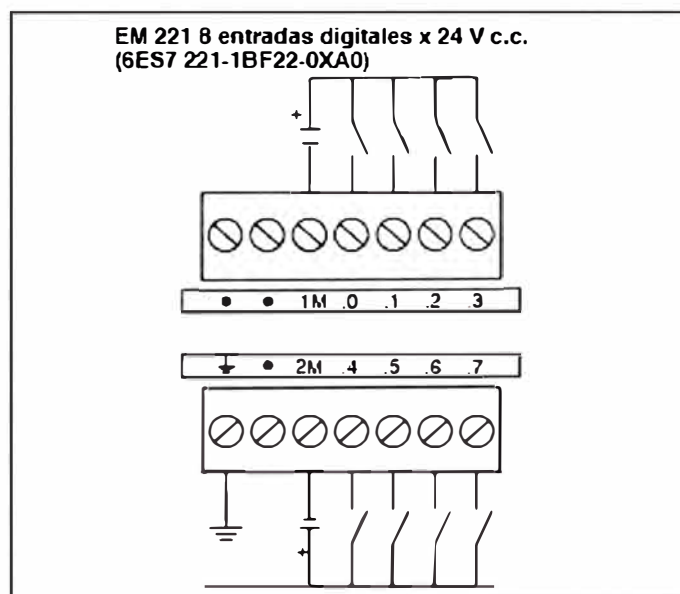


Fig. D.4 Diagrama de cableados del módulo de ampliación EM 221 [24]

D.3 Especificaciones técnicas de los módulos de ampliación analógicos para PLC SIMATIC S7-200

Tabla D.13 Números de referencia de los módulos de ampliación analógicos [24]

Nº de referencia	Módulo de ampliación	Entradas del módulo	Salidas del módulo	Bloque de terminales extraíble
6ES7 231-0HC22-0XA0	EM 231. 4 entradas analógicas	4	-	No
6ES7 232-0HB22-0XA0	EM 232. 2 salidas analógicas	-	2	No
6ES7 235-0KD22-0XA0	EM 235 4 entradas analógicas/1 salida analógica	4	1 ¹	No

1 La CPU reserva 2 salidas analógicas para este módulo.

Tabla D.14 Datos técnicos generales de los módulos de ampliación analógicos [24]

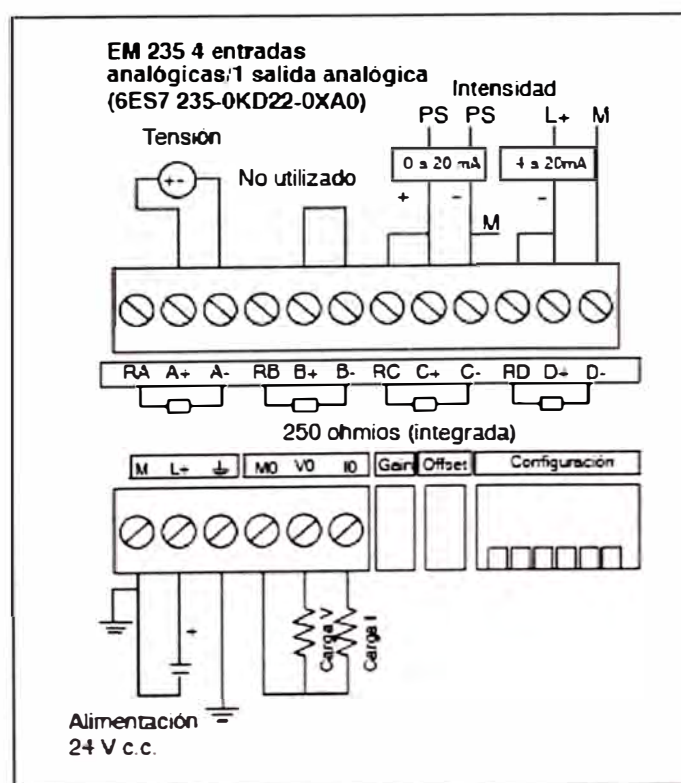
Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c. c. disponible	
					+5 V c.c.	+24 V c.c.
6ES7 231-0HC22-0XA0	EM 231. 4 entradas analógicas	71,2 x 80 x 62	183 g	2 W	20 mA	60 mA
6ES7 232-0HB22-0XA0	EM 232. 2 salidas analógicas	46 x 80 x 62	148 g	2 W	20 mA	70 mA (ambas salidas a 20 mA)
6ES7 235-0KD22-0XA0	EM 235. 4 entradas analógicas/ 1 salida analógica	71,2 x 80 x 62	186 g	2 W	30 mA	60 mA (salida a 20 mA)

Tabla D.15 Datos de las entradas de los módulos de ampliación analógicos [24]

Datos generales	6ES7 231-0HC22-0XA0	6ES7 235-0KD22-0XA0
Formato palabra de datos	(v. fig. A-14)	(v. fig. A-14)
Bipolar, rango máx.	-32000 a +32000	-32000 a +32000
Unipolar, rango máx.	0 a 32000	0 a 32000
Impedancia de entrada DC	≥ 10 MΩ entrada de tensión. 250 Ω entrada de intensidad	≥ 10 MΩ entrada de tensión. 250 Ω entrada de intensidad
Atenuación del filtro de entrada	-3 db a 3,1 kHz	-3 db a 3,1 kHz
Tensión de entrada máxima	30 V c.c.	30 V c.c.
Intensidad de entrada máx.	32 mA	32 mA
Resolución		
Bipolar	11 bits más 1 bit de signo	
Unipolar	12 bits	
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Ninguno	Ninguno
Tipo de entrada	Diferencial	Diferencial
Rangos de entradas		
Tensión	Seleccionable (rangos disponibles, v. tabla A-20)	Seleccionable (rangos disponibles, v. tabla A-21)
Intensidad	0 a 20 mA	0 a 20 mA
Resolución de las entradas	V. tabla A-20	V. tabla A-21
Tiempo de conversión analógica/digital	< 250 μs	< 250 μs
Respuesta de salto de la entrada analógica	1,5 ms a 95%	1,5 ms a 95%
Rechazo en modo común	40 dB, c.c. a 60 Hz	40 dB, c.c. a 60 Hz
Tensión en modo común	Tensión de señal más tensión en modo común (debe ser ≤ ±12 V)	Tensión de señal más tensión en modo común (debe ser ≤ ±12 V)
Rango de tensión de alimentación 24 V c.c.	20,4 a 28,8 V c.c. (clase 2, potencia limitada o alimentación de sensores de la CPU)	

Tabla D.16. Datos de las salidas de los módulos de ampliación analógicos [24]

Datos generales	6ES7 232-0MB22-0XA0	6ES7 235-0KD22-0XA0
Aislamiento (campo a circuito lógico)	Ninguno	Ninguno
Rango de señales		
Salida de tensión	± 10 V	± 10 V
Salida de intensidad	0 a 20 mA	0 a 20 mA
Resolución, rango máx.		
Tensión	12 bits más bit de signo	11 bits más bit de signo
Intensidad	11 bits	11 bits
Formato palabra de datos		
Tensión	-32000 a +32000	-32000 a +32000
Intensidad	0 a +32000	0 a +32000
Precisión		
Caso más desfavorable, 0° a 55° C		
Salida de tensión	$\pm 2\%$ de rango máx.	$\pm 2\%$ de rango máx.
Salida de intensidad	$\pm 2\%$ de rango máx.	$\pm 2\%$ de rango máx.
Típico, 25° C		
Salida de tensión	$\pm 0.5\%$ de rango máx.	$\pm 0.5\%$ de rango máx.
Salida de intensidad	$\pm 0.5\%$ de rango máx.	$\pm 0.5\%$ de rango máx.
Tiempo de ajuste		
Salida de tensión	100 μ S	100 μ S
Salida de intensidad	2 mS	2 mS
Accionamiento máx.		
Salida de tensión	Mín. 5000 Ω	Mín. 5000 Ω
Salida de intensidad	Máx. 500 Ω	Máx. 500 Ω
Rango de tensión de alimentación 24 V c.c.	20.4 a 28.8 V c.c. (clase 2, potencia limitada o alimentación de sensores de la CPU)	


Fig. D.5 Diagrama de cableado de los módulos de ampliación analógicos [24]

D.4 Especificaciones técnicas del display TD200 [23]

SIMATIC S7-200 Human machine interface

Text Display TD 200

Overview



- The user-friendly text display for the S7-200
- For control and monitoring:
Message text display, intervention in PLC program, setting of inputs and outputs
- Direct connection to CPU interface using supplied cable or incorporation into network (also via EM 277)
- No separate power supply required
- No separate parameterization software required
- Addressing and setting of contrast in supplied menu

Technical specifications

6ES7 272-0AA30-0YA0	
Power supply	
Input voltage	
• Rated value (DC)	24 V; Supply through S7-200 communication interface or optional external power supply unit. Sensor power supply (24 V DC) of the CPU is not loaded
Input current	
• Rated value at 24 V DC	120 mA
MPI	
Transmission speed (PPI), max.	187.5 kBit/s
Ist interface	
Physical	RS 485
Functionality	
• PPI	Yes
PPI	
• Number of nodes, max.	126; S7-200, CP, TP, TBP, PG/PC

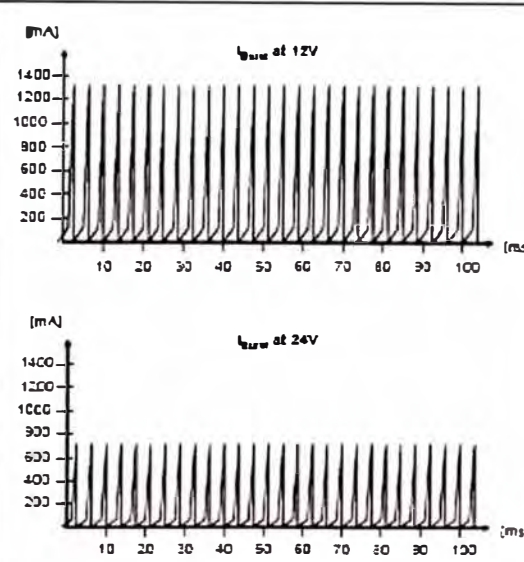
6ES7 272-0AA30-0YA0	
Operator control and monitoring	
Display	
• Type	LCD backlit
• Number of lines	2
• Number of characters per line	20; Char/line: ASCII, Cyrillic; 10 chars per line: Chinese
• Font size	5 mm
Environmental requirements	
Operating temperature	
• min.	0 °C
• max.	60 °C
Storage/transport temperature	
• min.	-40 °C
• max.	70 °C
Degree and class of protection	
• IP 65	Yes; at front
Dimensions and weight	
Width	148 mm
Height	76 mm
Depth	27 mm
Mounting cutout width	138 mm
Mounting cutout height	68 mm
Cabinet's witchboard strength	0.3 mm
Weights	
Weight, approx.	250 g

Ordering data

Order No.	
Text Display TD 200	
For connection to SIMATIC S7-200; can be used with STEP 7, Micro/WIN V3.2 SP4 or higher, incl. connecting cable	6ES7 272-0AA30-0YA0
Connecting cables	
For connecting TD 100C or TD 200C to S7-200	6ES7 901-3EB10-0XA0
Accessories for supplementary ordering	
Connecting cables	see catalog ST 90
Connectors	see catalog ST 90

D.5 Especificaciones técnicas del modem SINAUT MD720-3

Tabla D.17 Datos técnicos del modem SINAUT MD720-3 [19]

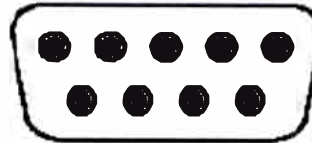
Interface X1	Function	GPRS connections to SINAUT MICRO SC GSM data calls (CSD 9.600 bps) MTC SMS sending
	Standard	RS232 (V.24 / V.28), socket D-SUB 9 pins
	Default speed	9600 bps
	Control	AT commands
Air interface	GSM module	GPRS / CSD / Quad band
	GPRS	Up to 2 uplinks / up to 4 downlinks (max. 5 Slots)
	Transmit power	GSM 850 MHz (max. 2W), GSM 900 MHz (max. 2W), DCS 1800 MHz (max. 1W), PCS 1900 MHz (max. 1W)
	Antenna connector	SMA / 50 Ohm
Power supply	power consumption	typ. 5.5W
	Supply voltage	12 - 30 VDC (24 VDC nominal)
	Supply current / Established GPRS connection with data exchange	 <p>I_n 430mA at 12V (I_{burst} 1.3A). I_n 185mA at 24V (I_{burst} 0.8A). 4.62ms Burst repetition rate</p>
Ambient conditions	Supply current / no connection or connection to SINAUT MICRO SC without data exchange	I_n 80mA at 12V I_n 50mA at 24V I_n 40mA at 30V
	Temperature range	Operation: -20°C up to +60°C Storage: -25°C up to +85°C
	Humidity	0-95 %, not condensing
Mechanics	Construction	Top-hat rail housing
	Material	Synthetic material
	Protection category	IP40
	Dimensions	114 mm x 22,5 mm x 99 mm (L x W x H)
Approvals	Weight	Approx. 150g
	CE	Yes
	R&TTE	Yes
	EMV / ESD	EN 55024, EN 55022 Class A, EN 61000-6-2
	ATEX	III 3 G EEx nA II T4 Ta=-20°C-60°C KEMA 03 ATEX 1229 X
	FM	CLI, DIV2, GP, A,B,C,D T4 Ta=-20°C-60°C CLI, Zone 2 IIC, T4 Ta=-20°C-60°C
	UL	E301825

Interface X1

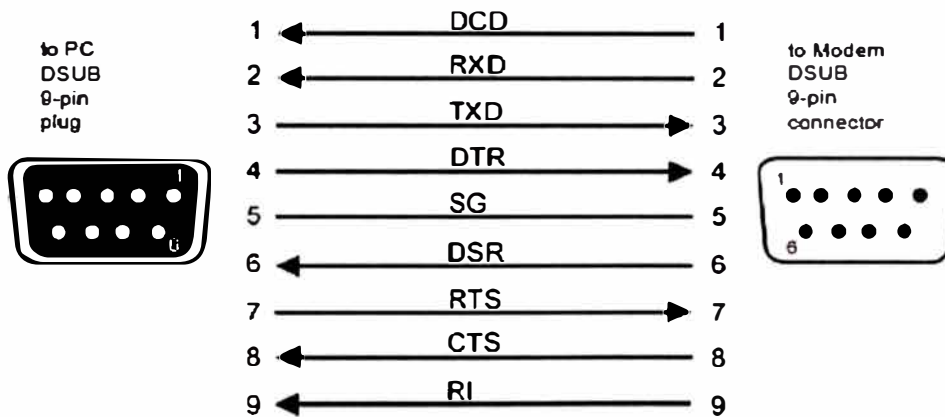
Signals (Signal direction DTE)

Pin1	DCD	Output
Pin2	RXD	Output
Pin3	TXD	Input
Pin4	DTR	Input
Pin5	GND	Signal ground
Pin6	DSR	Output
Pin7	RTS	Input
Pin8	CTS	Output
Pin9	RI	Output

SUB-D9 socket, Pin assignment RS232



Modem cable for Service Interface



The line RI is an option.

Fig. D.6 Datos de pines de la interfase RS232 del modem SINAUT MD720-3 [19]

D.6 Especificaciones técnicas del módulo solar ATERS A-66P [25]

CARACTERÍSTICAS

Los datos eléctricos reflejan los valores típicos del módulo y laminado del A-66P medidos en la salida de los terminales, al final del proceso de fabricación.

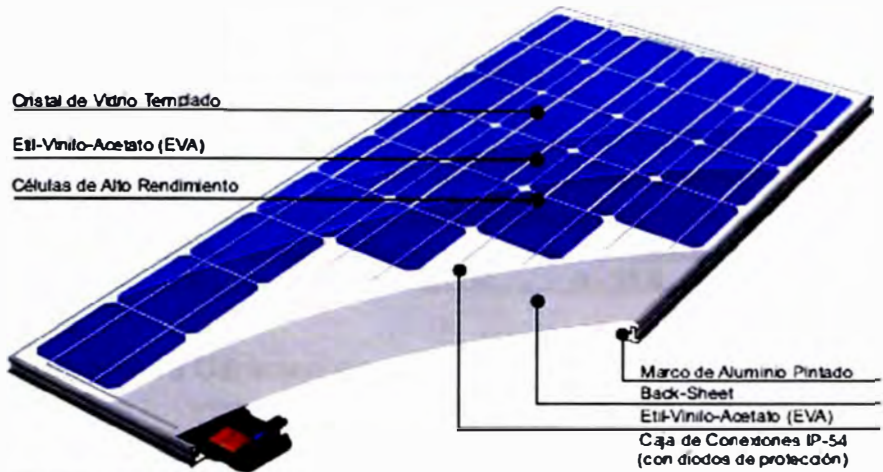
Mediciones realizadas conforme a ASTM E1036 corregidas a las condiciones de prueba estándar (STC): radiación 1KW/m², distribución espectral AM (masa de aire) 1,5 ASTM E892 y temperatura de célula de 25°C.

La potencia de las células solares es variable en la salida del proceso de producción. Las diferentes especificaciones de potencia de estos módulos reflejan esta dispersión.

Las células cristalinas, durante los primeros meses de exposición a la luz, pueden experimentar una degradación fotónica que podría hacer decrecer el valor de la potencia máxima del módulo hasta un 3%.

Las células, en condiciones normales de operación, alcanzan una temperatura superior a las condiciones estándar de medida del laboratorio. El TONC es una medida cuantitativa de ese incremento. La medición del TONC se realiza en las siguientes condiciones: radiación de 0,8KW/m², temperatura ambiente de 20°C y velocidad del viento de 1 m/s.

Dado que la pintura del marco es un aislante eléctrico, habrá que erosionar el punto de contacto con el cable de tierra para asegurar la continuidad a tierra.



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Potencia (W en prueba ± 8 %)	60W
Número de células en serie	36
Eficiencia del módulo	12,90%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	3,70A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	17,80V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	4,05A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	22,25V
Coefficiente de Temperatura de Isc (α)	0,08 %/°C
Coefficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32 %/°C
Coefficiente de Temperatura de P (γ)	-0,46 %/°C
Máxima Tensión del Sistema	1000 V

A-66P

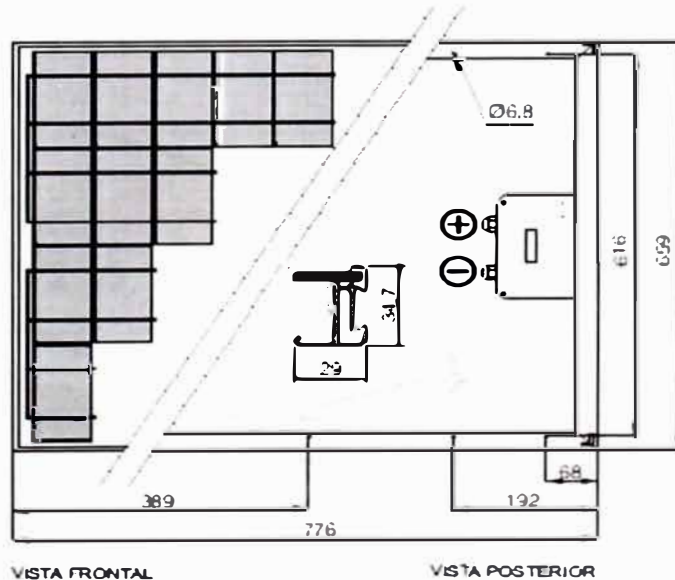
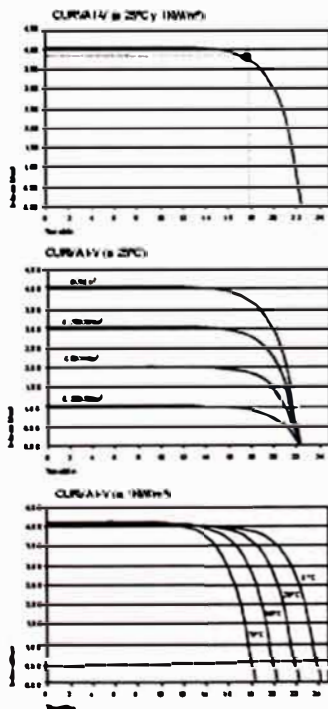
60W
36
12,90%
3,70A
17,80V
4,05A
22,25V
0,08 %/°C
-0,32 %/°C
-0,46 %/°C
1000 V

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Dimensiones (mm.)	776x659x35
Peso (aprox.)	6,20Kg

Especificaciones eléctricas medidas en STC. TONC: 47±2°C
 NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

CURVAS MODELO A-66P



MADRID 28045
 C/ Embajadores, 187-3ª
 tel. +34 915 178 580
 tel. +34 915 178 452
 fax. +34 914 747 467

ALMUSAFES (VALENCIA) 46440
 Pl. Juan Carlos I
 Avda. de la Fosa, 14
 tel. 902 545 111
 fax. 902 500 355
 e-mail: atersa@atersa.com

CÓRDOBA 14007
 C/ Escorial Rafael Pabón, 3
 tel. +34 957 363 526
 fax. +34 957 365 308

(www.atersa.com)

Fecha última revisión: 02/12/08
 Referencia: MUA6P A.G.E.

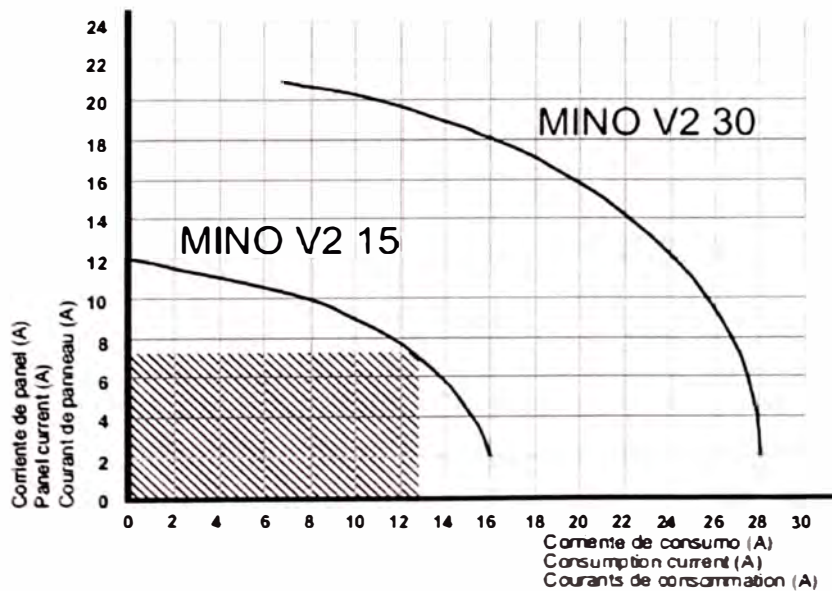
D.7 Especificaciones técnicas del regulador de tensión ATERSA modelo MINO V2 12/24V 15 [26]

Tabla D.18 Características eléctricas

	MINO V2 12/24V 15	MINO V2 12/24V 30
Tensión nominal	12/24V (automático)	
Consumo típico	6 mA	
Rango intensidad carga	0 - 12 A	0 - 21 A
Rango intensidad consumo	0 - 16 A	0 - 28 A

Tabla D.19 Características físicas

	Versión no estanca	Versión estanca
Sección máxima de cable 9	6 mm ² con punt eracabl efl exible 10 mm ² cable unipolar Ø máx. de la manguera: 14 mm.	
Peso (aproximado)	250 g.	1 Kg.
Dimensiones 9	140 x 116 x 30 mm.	150 x 240 x 78 mm.
Grado de protección	IP-20	IP-67
Protección UV	SI	
Rango de temperatura	- 10° C a + 40° C	
Otras características	<ul style="list-style-type: none"> • Carátula de material autoextinguible • Base de aluminio con tratamiento de catáforesis en su parte posterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caja de policarbonato con tapa transparente • Resistencia a la llama: U94 V-2 • Resistencia a golpes IK 08 • Tres prensaestopas IP-68 para facilitar la entrada de cables a la caja



Ejemplo: Si un panel está suministrando una carga de 7A, la máxima intensidad simultánea de consumo con un MINO V2 15 será de 13A.

Example: If a panel is supplied with a 7A charge, the maximum simultaneous consumption intensity with MINO V2 15 will be 13A.

Exemple: Si un panneau fournit une charge de 7A, l'intensité simultanée maximale de consommation avec un MINO V2 15 sera de 13A.

Fig. D.7 Diagrama de corrientes máximas

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IBM, "IBM Global CEO Study: The Enterprise of the Future", 2008.
- [2] CISCO, "GPRS White Paper", 2000.
- [3] Eberspächer, J. et al., "GSM: Switching Services and Protocols, 2nd. Edition", John Wiley and Sons, New York, 2001.
- [4] Halonen, T. et al., "GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G-UMTS", John Wiley and Sons, New Jersey, 2003.
- [5] McGuigan, P., "GPRS in Practice: A Companion to the Specifications", John Wiley and Sons, New Jersey, 2004.
- [6] CISCO, "Cisco IOS Mobile Wireless Configuration Guide", 2006.
- [7] Lempiäinen, J. y Manninen, M., "Radio Interface System Planning for GSM/GPRS/UMTS", Kluwer Academic Publishers, New York, 2002.
- [8] NATIONAL COMMUNICATION SYSTEM, "Technical Information Bulletin 04-1 Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems", Arlington, 2004.
- [9] Department of the Army, "TM 5-601, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities", Washington, 2006.
- [10] Bailey, D. y Wright, E., "Practical SCADA for Industry", Burlington, 2003.
- [11] Love, Jonathan, "Process automation handbook", Springer, London, 2007.
- [12] Shell, Richard, Hall, Ernest, "Handbook of Automation", Marcel Dekker Inc., New York, 2000.
- [13] Trevathan, Vernon L., "A guide to the automation body of knowledge", 2da. Ed., International Society of Automation, North Carolina, 2006.
- [14] Bailey, David, "Practical Radio Engineering and Telemetry for Industry", Burlington, 2003.
- [15] Artículo on-line, accesado en enero 2009. Disponible en <http://www.industrial-grade-modem.com/General Packet Radio Service GPRS.htm>
- [16] CEPIS, "Guía para estaciones de bombeo de agua potable", Organización Panamericana de la Salud (OPS). Disponible en: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/161esp-diseno-estbombeo.pdf>

- [17] Jones, Garr, et al., "Pumping Station Design", Elsevier, Boston, 2006.
- [18] CEPIS, "Guía para inspección de reservorios de agua potable", Organización Panamericana de la Salud (OPS). Disponible en <http://www.cepis.org.pe/bvsacg/fulltext/inspecciones/lec5.pdf>
- [19] Siemens AG, "Manual de sistema SINAUT MD720-3", Nürnberg, 2006. <http://support.automation.siemens.com>
- [20] Precios referenciales tomados de listas de precio públicas de Siemens Perú, Lima, 2009.
- [21] Cotizaciones y precios referenciales obtenidos de empresas comercializadoras locales, Lima, 2009.
- [22] Planos adaptados de planos de proyectos de empresas de servicio de agua potable y alcantarillado de Perú, 2009.
- [23] Siemens AG, "Catálogo SIMATIC ST 70", Nuremberg, 2007.
- [24] Siemens AG, "Manual de sistema SIMATIC S7-200", Nuremberg, 2009. <http://support.automation.siemens.com>
- [25] ATERSA, "Manual módulo solar A-66P", Madrid, 2008. http://www.atersa.com/img/MU-M6P_4x9-E_A66P.pdf
- [26] ATERSA, "Manual regulador ATERSA modelo Mino V2", Madrid, 2005. http://www.atersa.com/img/MU-30-F_Mino_V2.pdf