



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de
telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico
Bulubulu.**

AUTOR:

Silva Pérez, Freddy Rafael

Trabajo de Titulación
previo a la Obtención del Título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

TUTOR:

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, Ecuador

2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Freddy Rafael Silva como requerimiento para la obtención del título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

TUTOR

Heras Sánchez, Miguel Armando

DIRECTOR DE CARRERA

Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 13 del mes de Septiembre del año 2016



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Silva Pérez Freddy Rafael**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Telecomunicaciones**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 13 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

SILVA PÉREZ, FREDDY RAFAEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **Silva Pérez, Freddy Rafael**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 13 del mes de Septiembre del año 2016

EL AUTOR

SILVA PÉREZ, FREDDY RAFAEL

REPORTE DE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: BORRADOR FINAL.docx (D21064466)
Submitted: 2016-07-11 22:54:00
Submitted By: orlandophilco_7@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

<http://www.empresaagua.gob.ec/con-el-proyecto-rio-bulubulu-el-pais-dejara-de-perder-9-5-dolares-en-remediaciones-emergentes/>

Instances where selected sources appear:

1

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA

DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES TEMA: Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulu-bulu. AUTOR: SILVA PÉREZ FREDDY RAFAEL Tesis

previa

a la obtención del Título de: INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES TUTOR: MSc. Armando Heras Sanchez.

Guayaquil, Ecuador 2016

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por

el Sr. Freddy Rafael Silva Pérez, como requerimiento parcial para la obtención del título

de INGENIERO

EN TELECOMUNICACIONES. TUTOR _____ M.Sc. ARMANDO HERAS SÁNCHEZ DIRECTOR DE CARRERA _____ M. Sc. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ

Guayaquil, a los 15 del mes de Agosto el año 2016 UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Yo, Freddy Rafael Silva Pérez DECLARO QUE: El trabajo de titulación "

Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulu bulu",

previa

a la obtención del Título de Ingeniero en Telecomunicaciones,

ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me

----- del contenido, identidad del autor, identidad del Trabajo de Titulación, identidad

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres en especial a Marina (mi madre) que con su amor y esfuerzo ha sido un ejemplo de perseverancia.

Amy Daniela (mi hija), quien es mi mayor fuente de mi inspiración en mi vida.

A Vicente P. mi maestro (+), quien me inculcó el valor de la perseverancia y constancia y fue una guía importante en mi desarrollo profesional.

A mis abuelos en general (+), mi tía Olga P. (+) quienes de una u otra manera forjaron en mí una enseñanza de honestidad y sacrificio.

EL AUTOR

SILVA PÉREZ, FREDDY RAFAEL

AGRADECIMIENTO

A Dios mi Padre Celestial, a mis padres por brindarme su apoyo incondicional en todo momento de este largo camino, de la misma manera a mi querida hermana Johana y Gary (su esposo), a Liliana (mi esposa) por su constante apoyo; a mis tíos y familia en general cuya fuente ha sido la honestidad, sacrificio y la perseverancia.

A mis profesores de la UCSG, en especial a los ingenieros (Armando Heras y Fernando Palacios) quienes me ayudaron en mi formación académica, también por su asesoría, colaboración y por todas las facilidades brindadas.

EL AUTOR

SILVA PÉREZ, FREDDY RAFAEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

HERAS SÁNCHEZ, MIGUEL ARMANDO

TUTOR

ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS

DECANO

PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO

COORDINADOR DE TITULACIÓN

CONTENIDO

Índice de Figuras	13
Índice de Tablas	15
Resumen.....	16
Abstract	17
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. Introducción.	18
1.2. Antecedentes.....	19
1.3. Justificación del Problema.	20
1.4. Definición del Problema.....	20
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.	21
1.5.1. Objetivo General.....	21
1.5.2. Objetivos Específicos.....	21
1.6. Hipótesis.....	21
1.7. Metodología de Investigación.	22
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE CONTROL	23
2.1. Control actual de estaciones de operación del sistema hídrico.....	23
2.2. Generalidades del proceso de control.....	24
2.3. Control de grupos oleos hidráulicos – lazos de control.....	27
2.4. Interfaz visualizar HMI.....	31
2.5. Programación del plc de los tableros eléctricos.....	32
2.6. Programación de autómatas y telecomunicaciones.....	33
2.7. Monitores de caudales.....	35
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.....	37
3.1. Sistema scada.	37
3.1.1 Procesamiento de señales.....	37

3.1.2. Alarmas.....	38
3.1.3. Históricos.....	39
3.1.4. Bases de datos.....	39
3.1.5 Bases de datos en tiempo real.....	40
3.1.6 Bases de datos históricos.....	40
3.1.7 Protocolo y estandar OPC: Ole For Process Control.....	40
3.1.8 Diseño y desarrollo de la interfaz gráfica.....	41
3.1.9 Seguridad.....	43
3.2. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.....	44
3.2.1. Redes de difusión.....	44
3.2.2. Enlace de maestra – repetidoras – remotas.....	45
3.2.3 Criterios técnicos para el diseño de enlaces.....	46
3.3. Selección e instalación de antenas.....	48
3.4. Telemetría.....	49
CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE TELEMETRÍA, REDUNDANTES Y SCADA.....	50
4.1. Sistemas de alimentación redundantes.....	50
4.2. Diagrama de la red de control y base de datos.....	52
4.3. Sistema de control.....	53
4.4. Diagrama de la red de autómatas programables Plc´s.....	54
4.5. Software para la creación de las pantallas.....	55
4.6. Pantallas de supervisión.....	56
4.6.1 Pantallas de control de los equipamientos.....	56
4.6.2 Pantallas geográficas.....	57
4.6.3 Pantalla de niveles y presiones de represa.....	58
4.6.4 Pantalla de arquitectura de red.....	59
4.6.5 Pantalla de monitoreo en el Scada.....	60

4.6.6	Pantalla de sistema del grupo electrógeno.	61
4.6.7	Pantallas hidráulicas	63
4.6.8	Pantalla del sistema eléctrico.....	64
4.6.9	Pantalla de presentación de alarmas.	67
4.7.	Sistema de telemetría y telecomunicaciones	67
4.7.1	Sistema de puesta a tierra.	68
4.7.2	Diseño de los enlaces.	70
4.7.3	Requerimientos.	70
4.7.4	Enlace de maestra – repetidoras - remotas.	70
4.7.5	Equipamientos.....	71
4.7.6	Requisitos de calidad de telecomunicaciones.	73
4.7.7	Supervisión y control de la red.	73
4.7.8	Antenas y soportes.	73
4.7.9	Torres de vientos.....	74
4.7.10	Cable coaxial.....	75
4.7.11	Conectores.....	76
4.7.12	Cables de comunicaciones.....	76
4.7.13	Cables de instrumentación.	76
4.7.14	Cables de control.	77
4.7.15	Conexión al tablero.	78
4.7.16	Elementos de sujeción.....	78
4.7.17	Protecciones contra rayos.....	78
4.7.18	Terminales y acabados.	79
4.7.19	Protecciones contra transistores.....	79
	CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	81
	Conclusiones.....	81
	Recomendaciones.....	81

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
---	-----------

Índice de Figuras

Capítulo 1

Figura 1. 1: Esquema General de las estaciones Remotas.....	22
---	----

Capítulo 2

Figura 2. 1: Diagrama del sistema óleo hidráulico.....	23
Figura 2. 2: Definición de instrumentos, banderas y niveles operativos de nivel en cuba de aceite del grupo óleo hidráulico	25
Figura 2. 3: Definición de instrumentos, banderas y niveles operativos de presión de bombas de mantenimiento.....	30
Figura 2. 4: Sistema de transferencia	33
Figura 2. 5: Diagrama de control de instrumentos.....	34
Figura 2. 6: Señales de instrumentación en río.....	36

Capítulo 3

Figura 3. 1: Sistema de control Scada	37
Figura 3. 2: Tipos de señal	38
Figura 3. 3: Representación de datos históricos de manera gráfica	39
Figura 3. 4: Representación de conexiones de distintas marcas con aplicaciones Pc mediante servidor OPC.....	40
Figura 3. 5: Norma para representación gráfica de un sistema de supervisión	41
Figura 3. 6: Representación de las acciones de encendido y apagado en actuadores	43
Figura 3. 7: Representación de las acciones de encendido y apagado en actuadores	44
Figura 3. 8: Tipos de redes de comunicación	45
Figura 3. 9: Red de enlace Maestra – Repetidoras - Remotas	46
Figura 3.10: Diseño de enlaces de datos entre estaciones remotas y el sistema Scada	47
Figura 3.11: Diseño de enlaces de datos de una estación remota y el sistema Scada.....	48

Capítulo 4

Figura 4. 1: Arquitectura de sistemas redundantes	51
Figura 4. 2: Red computadoras y base de datos	52
Figura 4. 3: Sistema de Control	53
Figura 4. 4: Red de PLCs y servidores.....	55
Figura 4. 5: Pantalla de control de equipamientos.....	57
Figura 4. 6: Pantalla geográfica	58
Figura 4. 7: Pantallas de niveles y presiones de la represa.....	59
Figura 4. 8: Pantalla de arquitectura de red.....	60
Figura 4. 9: Pantalla monitoreo Scada.....	61
Figura 4. 10: Pantalla de sistema de electrógeno.....	62
Figura 4. 11: Pantalla de sistema de electrógeno.....	64
Figura 4. 12: Pantalla de sistema eléctrico	65
Figura 4. 13: Pantalla de presentación de alarmas	67
Figura 4. 14: Sistema de telemetría y telecomunicaciones	68

Índice de Tablas

Capítulo 2

Tabla 2. 1: Lista de señales de control de PLC del sistema óleo hidráulico 24

Capítulo 3

Tabla 3. 1 Nomenclatura para indicadores e instrumentos..... 42

Capítulo 4

Tabla 4. 1 . Sistemas operativos que soportan Factory talk. 55

Tabla 4. 2: Colores de Alarmas..... 66

Resumen

La zona hidrográfica de las provincias del Guayas y del Azuay establece un gran potencial para el incremento del país, sin embargo enfrenta un mayor crecimiento de caudal debido a las continuas lluvias por lo cual finalizan la mayor parte en inundaciones, causando una mayor pérdida en los sectores de la economía, el agro y social. Por ende, el actual trabajo teniendo en cuenta la situación problematizante explicada en el párrafo anterior manifiesta cómo se optimiza el sistema hidráulico capturando las señales de las entradas y procesando la activación de todos los equipos de control de las compuertas mediante una red de autómatas programables ubicadas en cada embalse, que a su vez estos se comunican mediante una red de telemetría, la cual brinda una transmisión a grandes distancias, instaladas en lugares máximos de elevación, que emplea antenas y repetidoras por la distancia y dificultad de comunicación entre cada una de los embalses. Además de considerar todos los sistemas de seguridad, también contempla la opción de monitorear el mantenimiento de los equipos instalados en campo. Finalmente, se establece como toda esta gran red es posible supervisarla mediante un sistema Scada donde no solo tienen acceso los operadores, sino también la parte administrativa la cual realiza registro que ayudaran a elaborar un plan operativo para futuras temporadas de lluvias.

Palabras Claves:

HIDROGRÁFICA; COMPUERTAS; TELEMETRÍA; SCADA; SISTEMAS REMOTOS; COMUNICACIÓN; EMBALSE.

Abstract

The hydrographical area of the Provinces of Guayas and Azuay set a great potential for Ecuador's growth, but in the rainy season the flow and water level increase ending up in floods, which leads to major losses in national economy, local agriculture and livestock, and social issues. Hence, considering the situation explained earlier, this project proposes a hydraulic system optimization that captures input signals and uses a PLC network to activate lock-gates control equipment. In order to transmit long distances, a telemetry network is set up, to avoid obstructions each node (lock-gate) is installed at the local highest elevation point available, and to retrieve an optimal signal, antennas and repeaters are used communicate to each other. After considering all the possible security systems, the possibility of monitoring the maintenance of every equipment installed is also considered. Finally, it is studied the option of supervising the entire network via a SCADA system, giving the access not only to operators but administrative staff as well, which will be in charge of keeping a register necessary for the elaboration of an operating plan for future rainy seasons.

Keywords: HYDROGRAPHICAL, TELEMETRY, REMOTE SYSTEM, COMMUNICATION, RESERVOIR, SCADA, GATE.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

El presente trabajo contiene los elementos de un diseño para el sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de la telemetría aplicada en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu.

El objetivo principal del sistema permitirá monitorear y regular en tiempo real los diferentes tipos de parámetros, tales como: nivel, presión y caudal de los afluentes que conforman las cuencas de los ríos Bulubulu y Cañar.

El monitoreo permitirá desde el centro de control visualizar en tiempo real el estado del sistema de control de inundaciones; mediante la implementación de una aplicación particular del software SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) que dispondrá de una base de datos relacional para almacenamiento de valores históricos de las mediciones efectuadas mediante la instrumentación física de campo que indiquen tendencias; será posible inclusive gestionar con los grupos de operaciones y mantenimiento los avisos de alarma o falla que se presentaren en las instalaciones de los locales a equipar.

El interés de hacer un diseño es, no solo para controlar de una manera remota sino, basada en la optimización del uso del nuevo sistema de telecontrol aplicando el uso de la telemetría.

El nuevo sistema propuesto contempla el uso de instrumentación, automatización y control, el cual se enlazarán mediante comunicación inalámbrica interactiva full duplex, fiable y de ancho de banda adecuado para la cantidad de carga útil a gestionar.

El sistema general planteado permitirá interoperabilidad y escalabilidad de forma que el despliegue de nuevos nodos de automatización y comunicación

se realice simple y rápidamente empleando similar arquitectura del hardware y software considerado en los diseños, manteniendo concordancia con la filosofía de operación hidráulica.

1.2. Antecedentes.

La cuenca baja del río Guayas contribuye en gran medida para el desarrollo del país, por ello es considerada una de las regiones con mayor potencial en el sector agroindustrial, sin embargo afronta inundaciones permanentes causadas por la particularidad de sus aspectos geográficos y las precipitaciones pluviales extremas, estos factores impiden el desarrollo de la zona.

Debido a inundaciones a inicios de la década del 60, rige la Ley de creación de la Comisión de Estudios (CEDEGE) con el fin de realizar investigaciones y estudios necesarios para el desarrollo de la Cuenca del Río Guayas. (Ley de Modernización del Estado, 1995)

En 1996, la CEDEGE construye obras de control para las inundaciones de los sectores Yaguachi – Chimbo y Taura - Bulubulu, para prevenir los efectos de la catástrofe natural causados por el Fenómeno El Niño en los períodos: 1982 – 1983 y 1997 – 1998, sin embargo el último año ha sido el más fuerte de la historia del país. (Empresa Pública del Agua, 2015). La CEDEGE ha cambiado su nombre por Demarcación Hidrográfica del Guayas de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), la cual tiene el objetivo el desarrollo Integral de la cuenca del Río Guayas y la Península de Santa Elena.

A principios del 2007 las lluvias aumentaron y afectaron a varias ciudades de la Costa ecuatoriana, por lo tanto en el 2008 el Gobierno Nacional fundamentado en políticas y planes de desarrollo, acuerda asignar recursos a la SENAGUA y la Empresa Pública del Agua (EPA) para la elaboración de un plan de acción llamado: Proyecto de Control de Inundaciones de los ríos

Bulubulu, Cañar y Naranjal a favor de reducir el impacto socioeconómico que causa los desbordamientos de los ríos, ya que las pérdidas registradas, anunciadas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), superaron los 4 mil millones de dólares a nivel nacional, y al menos el 30 % se registraron en el sector de la Cuenca Baja del Río Guayas, puntualmente en la zona de influencia del proyecto hídrico Bulubulu” (Empresa Pública del Agua, 2015)

Esta represa se ha convertido en la mayor infraestructura hídrica para riego en la historia del país, actualmente uno de los más grandes construcciones en Latinoamérica; este sistema está implementado y funcionando con un acceso remoto básico.

1.3. Justificación del Problema.

El diseño de sistemas de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría resuelve la problemática de acceso en campo, disminuirá las fallas y tiempos de para si estas se dieran. A futuro los estudios de nuevos diseños con tecnologías venideras pueden dar como resultado que el acceso a tiempo real sea con menos tiempos de espera agilitando la actuación de los equipos en la represa

1.4. Definición del Problema.

A nivel de comunicación de datos o procesos a grandes distancias y lugares inhóspitos, pueden derivar y originarse problemas tales como: pérdidas de control de acceso en elementos y señales de campo (equipos de instrumentación y actuadores), originando retraso en el sistema de actualización de señales de monitoreo y confirmación, pérdida de controles automáticos, básicos locales y estaciones de operación. Cabe indicar que la filosofía general del sistema actual es el control de caudal de paso de aguas abajo de cada una de las cuencas considerado como un “proceso”, el cual debe ser realizado sin solución de continuidad y que por lo tanto debe ser

asegurada la independencia de los cuatro elementos indicados: es decir, que si por ejemplo falla el sistema de comunicaciones por cualquier motivo, el proceso deberá seguir funcionando por el tiempo necesario hasta reparar la falla y deberá ser posible efectuar los controles oportunos a través de los operadores.

1.5. Objetivos del Problema de Investigación.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Describir los fundamentos teóricos de la teoría de control y sistemas de control.
- Monitorear y regular en tiempo real los diferentes tipos de parámetros, tales como: nivel, presión, fallas de compuertas, estados de válvulas, modos operativos y caudal de los ríos que conforman las cuencas de los ríos Bulubulu y Cañar.
- Aplicar un software que permita almacenar datos de caudal, niveles de presión, humedad, temperatura y demás parámetros en calidad de históricos o periodos.

1.6. Hipótesis.

Al implementar lo propuesto en este trabajo de titulación el cual hace la referencia al uso de la telemetría se busca garantizar el funcionamiento del control remoto y su asistencia de una manera eficaz. El cual puede causar que los operadores pierdan el control o enlace de la represa.

1.7. Metodología de Investigación.

Los métodos que se emplearán en esta investigación serán los aplicados para las aplicaciones prácticas, tales como:

Experimental.

Técnica. Debido a la Observación y análisis de datos capturados del campo.

Aplicativa.- Debido a que ayudará a entender de mejor manera los principios del caso explicado en este trabajo.

Cuantitativa.- Se cuantifica la información de resultados para poder sustentar el tema aplicado.

Instrumentos de Recolección de Datos.- Se emplearán como instrumentos de recolección de datos los sensores colocados en campo conectados a las entradas digitales y analógicas de los equipos de control ubicadas en las estaciones remotas. La comunicación para tener acceso a los equipos remotos se realizaran mediante el sistema SCADA que se conectarán a una nube y al internet de donde se podrá obtener los datos estadísticos.

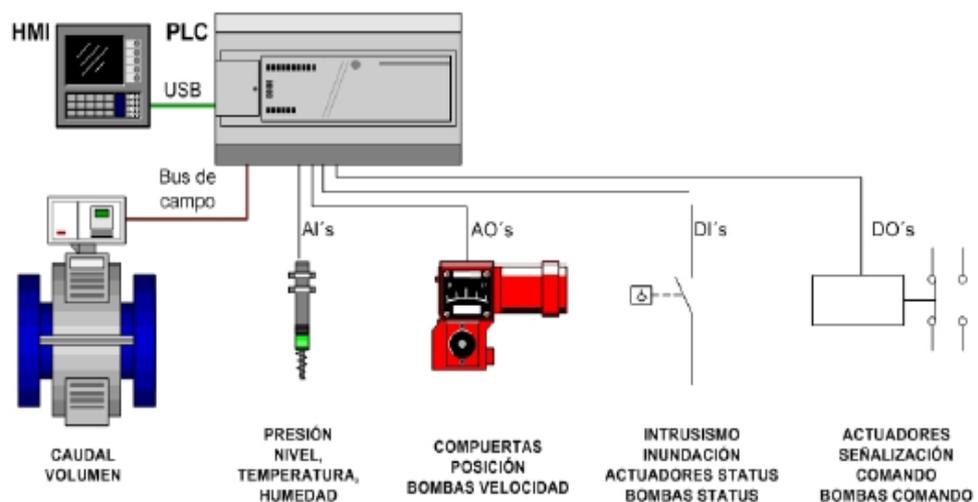


Figura 1. 1: Esquema General de las estaciones Remotas.
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE CONTROL

2.1. Control actual de estaciones de operación del sistema hídrico.

En esta sección se describe el control, automatización, monitoreo y comunicación de los accionamientos de bombes de los grupos óleo hidráulicos de mantenimiento de presión para las aperturas de las compuertas reguladoras de caudal en la derivadora Las Maravillas, controlados por el autómata PLC de los tableros ubicados en los cuartos eléctricos de cada derivadora. La explicación de la operación es aplicada para todos y cada uno de los grupos óleo hidráulico.

Esta es una operación completamente automática, sin embargo para efectos de operación ante eventos de falla del autómata, se permite efectuar la operación manual por técnicos.

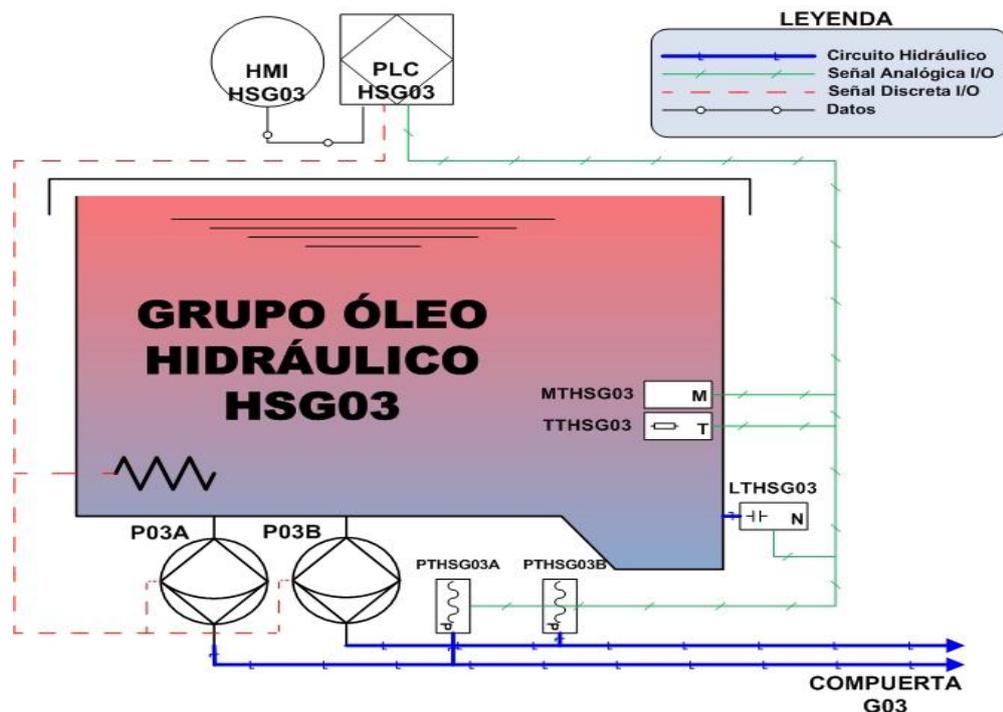


Figura 2. 1: Diagrama del sistema óleo hidráulico
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

Tabla 2. 1: Lista de señales de control de PLC del sistema óleo hidráulico

<i>TAG</i>	<i>DI</i>	<i>DO</i>	<i>AI</i>	<i>AO</i>	<i>DETALLE</i>	<i>NOTA</i>
PTHSG03 A			1		Medición de Presión de Aceite	Línea 1
PTHSG03 B			1		Medición de Presión de Aceite	Línea 2
MTHSG03			1		Medición de Humedad de Aceite	Medición General
TTHSG03			1		Medición de Temperatura de Aceite	Medición General
P03A / P03B					Bombas eléctricas	
HMI – HSG03					Human Machine Interface	
PLC – HSG03					Controlador Logico programable	
PSWHHSG03 A	1				Interruptor de Presión (Muy Alta) redundante	Línea 1

Elaborado por: El autor

2.2. Generalidades del proceso de control.

Los grupos óleo hidráulicos de mantenimiento de presión comprenden adicional al reservorio del líquido hidráulico instrumentos sensores de condiciones de calidad y operación del aceite y, actuadores para bombeo de este líquido trabajando en una banda operativa de presión permisible para el funcionamiento adecuado de los cilindros hidráulicos accionadores de compuertas en operaciones de apertura y cierre, controlar el caudal (setpoint) de paso de agua de crecientes hacia estructuras de amortiguamiento diseñadas para tal efecto. La banda operativa de presión mencionada deberá calibrarse en valores escalares (unidades de PLC) de forma que en el umbral mínimo se permita la operación normal de compuertas y el umbral máximo no represente riesgo de daño de cañerías o equipos. Las bombas para compensación o mantenimiento de presión en el sistema, succionan aceite en carga positiva (ó negativa) del reservorio de operación aleatoria en respuesta a evento de umbral mínimo de presión

tendiente a llegar hasta el umbral máximo por el tiempo que demande el incremento hasta llegar al punto de consigna. (Campos & Pazmiño, 2013).

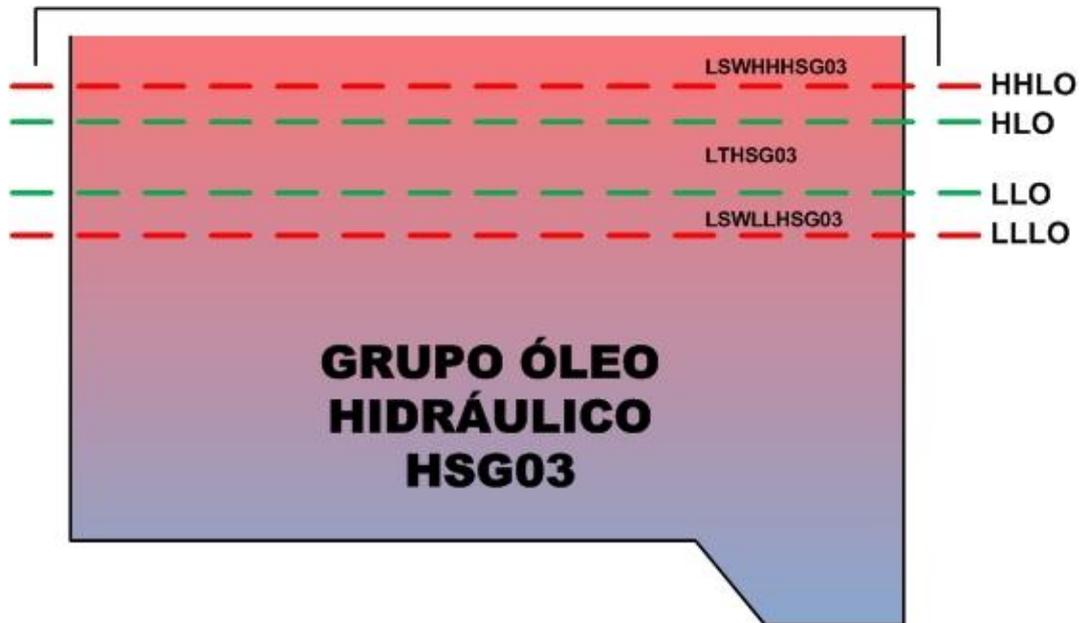


Figura 2. 2: Definición de instrumentos, banderas y niveles operativos de nivel en cuba de aceite del grupo óleo hidráulico
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

Dónde:

HHLO *High High Level Oil* [Muy alto nivel, bandera redundante de alarma]

HLO *High Level Oil* [Alto nivel, bandera de alarma]

LLO *Low Level Oil* [Bajo nivel, bandera de apagado de unidades de bombeo de aceite hacia cilindros hidráulicos actuadores de compuertas].

LLLO *Low Low Level Oil* [Muy bajo nivel, bandera redundante de apagado de unidades de bombeo de aceite hacia cilindros hidráulicos actuadores de compuertas].

La cantidad total de unidades de bombeo es de tres, para dos circuitos hidráulicos independientes. El modo operativo contempla el funcionamiento simultáneo de hasta dos unidades si es del caso mientras que la unidad restante se encontrará en modo operativo stand by (en reserva y lista para

operar en caso de falla de cualquier unidad en funcionamiento). A continuación se describe la instrumentación conformante.

- La instrumentación física de nivel **LTHSG03** mide en continuo, en unidades de ingeniería [m, cm, pulgadas, pies, etc.] la altura de la columna de aceite en la cuba contenedora del líquido operativo del grupo óleo hidráulico. (Brena, 2003)
- La instrumentación física redundante de nivel **LSWHHSG03** y **LSWLLHSG03** mide de manera discreta las alturas máxima-máxima y mínima-mínima respectivamente, de la columna de aceite en la cuba contenedora del líquido operativo del grupo óleo hidráulico.
- La instrumentación física de humedad **MTHSG03** mide en continuo, en unidades de ingeniería [g/m³, g/ft³, g/inch³, etc.] el contenido de humedad en el aceite de la cuba contenedora del líquido operativo del grupo óleo hidráulico.
- La instrumentación física de temperatura **TTHSG03** mide en continuo, en unidades de ingeniería [°C, °K, °F] la temperatura en el aceite de la cuba contenedora del líquido operativo del grupo óleo hidráulico.
- La instrumentación física de presión **PTHSG03A** mide en continuo, en unidades de ingeniería [psi, bar, mca, etc.], a la salida de la impulsión de la línea de bombeo de aceite N° 1 que se dirige desde la cuba del grupo óleo hidráulico hacia el cilindro izquierdo de la compuerta de control de caudal **G03**.(Jack, 2010)
- La instrumentación física redundante de presión **PSWHHSG03A** y **PSWLLHSG03A** mide de manera discreta las presiones máxima-máxima y mínima-mínima respectivamente, a la salida de la impulsión de la línea de bombeo de aceite N° 1 que se dirige desde la cuba del grupo óleo hidráulico hacia el cilindro izquierdo de la compuerta de control de caudal **G03**.
- La instrumentación física de presión **PTHSG03B** mide en continuo, en unidades de ingeniería [psi, bar, mca, etc.], a la salida de la impulsión de la línea de bombeo de aceite N° 2 que se dirige desde la cuba del

grupo óleo hidráulico hacia el cilindro derecho de la compuerta de control de caudal **G03**.

- La instrumentación física redundante de presión **PSWHHSG03B** y **PSWLLHSG03B** mide de manera discreta las presiones máxima-máxima y mínima-mínima respectivamente, a la salida de la impulsión de la línea de bombeo de aceite N° 2 que se dirige desde la cuba del grupo óleo hidráulico hacia el cilindro derecho de la compuerta de control de caudal **G03**.
- Las bombas implementadas para el bombeo de aceite a fin de mantener presión constante en la banda operativa antes mencionada disponen de motor eléctrico asíncrono con rotor del tipo jaula de ardilla. Su arranque y paro será controlado mediante contactores operados de forma manual o automática mediante PLC.
- Los accionamientos hidromecánicos de alivio general del bombeo (válvula relief), anti pulsaciones y anti retorno para cada línea de bombeo (válvula check) son del tipo ON/OFF, operarán de modo automático y se encontrarán calibrados para la operación adecuada del grupo óleo hidráulico y las cañerías del sistema incluidos los cilindros hidráulicos.

2.3. Control de grupos óleos hidráulicos – lazos de control.

Actualmente existen dos bombas que succionan en carga positiva (ó negativa) del reservorio de aceite, en modalidad operativa de hasta dos equipos en funcionamiento simultáneo de ser el caso, permitirán el mantenimiento de presión constante al interior de la banda operativa definida en la fase de comisionado y pruebas de funcionamiento de las dos líneas implementadas para el accionamiento de los cilindros hidráulicos izquierdo y derecho de cada compuerta de control y el caudal de paso de agua de creciente, dispondrán de dos modos de operación del sistema:

- Manual Local (Lo).
- Automático (Au).

A continuación, se detallan los modos de operación:

En modo Manual Local (Selector rotativo **SW03** en tablero **TCHSG03** en posición **Lo**).

La operación (encendido/apagado) de cada una de las bombas estará gobernado por el personal de operación del proceso, mediante simple acción sobre pulsantes de arranque y paro dispuestos a tal efecto en el tablero **TCHSG03**. Una vez iniciado el estado de encendido, este se mantendrá inalterable en cada unidad de bombeo hasta llegar a:

- La condición de bajo nivel de aceite en el reservorio de bombeo denominado **LLO**, dato medurado mediante **LTHSG03** dispuesto conforme lo anteriormente indicado al nivel de la base de dicha lectura, ó en caso de falla de este instrumento, de la indicación redundante de muy bajo nivel de aceite **LLLO** medurado mediante el interruptor **LSWLLHSG03**. Ó la condición de alta presión en la línea de impulsión de bombeo **HPO**, dato medible mediante **PTHSG03 A/B**, dispuesto en la cañería de la línea de impulsión hacia los actuadores hidráulicos, o en caso de falla de este instrumento, de la indicación redundante de muy alta presión de aceite **HHPO** medurado mediante el interruptor de presión **PSWHHSG03 A/B**.
- La condición de falla de sobrecarga **O/L** ó sobre temperatura de devanados **O/T** de la unidad de bombeo y mantenimiento de presión **P03 A/B** de la respectiva línea de impulsión. Ó la maniobra de actuación del pulsante de paro de emergencia general
- **EPBHSG03A** efectuada por el operador.

Los técnicos durante la ejecución del sistema manual deberá prestar atención pormenorizada y continua de las condiciones de nivel, presión, temperatura, humedad y estado de las bombas del equipo óleo hidráulico intervenido en el panel gráfico del interfaz **HMI HSG03** (*Human Machine Interface*) y en las luminarias de estado de la instrumentación redundante y

de las bombas de impulsión dispuestos en la parte frontal del tablero **TCHSG03**. (García J. , 2008)

En modo automático (Selector rotativo **SW03** en tablero **TCHSG03** en posición **Au**).

El funcionamiento (encendido/apagado) de cada uno de los equipos de bombeo estará gobernado por el PLC dispuesto a tal efecto en el tablero **TCHSG03**, considerando como criterio fundamental y primordial el mantenimiento de la presión de aceite entre los valores de pico máximo y mínimo de la banda operativa ya descrita.

Una vez iniciado el estado de encendido, este se mantendrá inalterable en cada unidad de bombeo hasta llegar a:

La condición de bajo nivel de aceite en el reservorio de bombeo **LLO**, dato mensurado mediante **LTHSG03** dispuesto conforme lo anteriormente indicado al nivel de la base de dicha cuba, ó en caso de falla de este instrumento, de la indicación redundante de muy bajo nivel de aceite **LLLO** mensurado mediante el interruptor **LSWLLHSG03**.

- La condición de alta presión en la línea de impulsión de bombeo **HPO**, dato mensurado mediante **PTHSG03 A/B**, dispuesto en la cañería de la línea de impulsión hacia los actuadores hidráulicos, o en caso de falla de este instrumento, de la indicación redundante de muy alta presión de aceite **HHPO** mesurado mediante el interruptor de presión **PSWHHSG03 A/B**. ó
- La condición de falla de sobrecarga **O/L** ó sobre temperatura de devanados **O/T** de la unidad de bombeo y mantenimiento de presión **P03 A/B** de la respectiva línea de impulsión. ó
- La maniobra de actuación del pulsante de paro de emergencia general **EPBHSG03A** efectuada por un operador en sitio.

El diagrama de niveles de presión y niveles aceptables para encendido de las unidades de bombeo así como los instrumentos de mensurado y su rango se muestran en las figuras respectivamente.

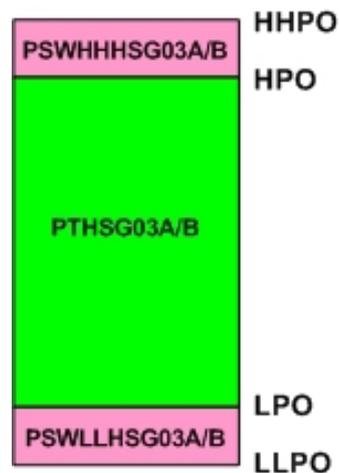


Figura 2. 3: Definición de instrumentos, banderas y niveles operativos de presión de bombas de mantenimiento
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

Dónde:

HHPO *High High Pressure Oil* [Presión muy alta, bandera redundante de apagado de la bomba mantenedora de presión].

HPO *High Pressure Oil* [Umbral Presión alta en la banda operativa, bandera de apagado de la bomba mantenedora de presión].

LPO *Low Pressure Oil* [Umbral Presión baja en la banda operativa, bandera de encendido o reanudación de la operación de la bomba mantenedora de presión].

LLPO *Low Low Pressure Oil* [Presión muy baja, bandera redundante de encendido o reanudación de la operación de la bomba mantenedora de presión].

En caso de alguna falla en uno de los equipos en funcionamiento, inmediatamente el equipo de respaldo tomará la posta operativa y mantendrá su funcionamiento sin importar las horas acumuladas mientras

disponga de condiciones adecuadas de funcionamiento hasta que se haya despejado la falla en el equipo parado.

En caso de falla total de alimentación de energía eléctrica que produzca el paro forzado de todas las unidades simultáneamente, a la normalización del suministro, el primer equipo en arrancar será aquel de tenga menor cantidad de horas acumuladas de operación. Lo antes especificado también es aplicable en caso de falla simultánea.

2.4. Interfaz visualizar HMI.

Adicionalmente recibe señales desde el **PLC** del tablero **TCHSG03** y las despliega de acuerdo a pantallas básicas. Será posible conocer en el panel **HMI HSG03** y por tanto en el sistema SCADA general del centro de control la siguiente información:

- Nivel de aceite en el reservorio del grupo hidráulico **LTHSG03**, en unidades de ingeniería [m, cm, pies, pulgadas, etc.].
- Humedad contenida en el aceite operativo del grupo hidráulico **MTHSG03**, en unidades de ingeniería [g/m³, g/ft³, g/inch³, etc.].
- Temperatura del aceite operativo del grupo hidráulico **TTHSG03**, en unidades de ingeniería [°C, °K, °F].
- Presión de bombeo de aceite en la línea N° 1 hacia el cilindro hidráulico izquierdo de la compuerta G03 **PTHSG03A**, en unidades de ingeniería [psi, bar, mca, etc.].
- Presión de bombeo de aceite en la línea N° 2 hacia el cilindro hidráulico derecho de la compuerta G03 **PTHSG03B**, en unidades de ingeniería [psi, bar, mca, etc.].
- Evento de actuación de la instrumentación redundante discreta de presión y nivel **PSWHHSG03 A/B**, **PSWLLHSG03 A/B**, **LSWHHSG03A** y **LSWLLHSG03A**
- Umbrales de presión de bombeo Muy Alto **HHPO**, Alto **HPO**, Bajo **LPO** y Muy Bajo **LLPO** para la operación normal del grupo óleo hidráulico y sus equipos asociados, en unidades de ingeniería [psi,

bar, mca, etc.], valores a ser ingresados y puestos a punto por el programador del sistema luego de efectuado el comisionado y las pruebas operativas.

- Umbrales de nivel de aceite en la cuba del grupo óleo hidráulico Muy Alto **HHLO**, Alto **HLO**, Bajo **LLO** y Muy Bajo **LLLO**, en unidades de ingeniería [m, cm, pies, pulgadas, etc.], valores a ser ingresados y puestos a punto por el programador del sistema luego de efectuado el comisionado y las pruebas operativas.
- Modo operativo del control de los Bombeos [Manual Local/Automático].
- Estado de las bombas [Funciona/Reposo/Falla].
- En caso de estado fallado de una unidad de bombeo, descripción de la misma.
- [Sobrecarga/Sobre temperatura]
- Contador de horas acumuladas de funcionamiento de cada unidad de bombeo.
- Evento de actuación del pulsante de paro de emergencia general EPBHS03A efectuada por un operador en sitio.

2.5. Programación del plc de los tableros eléctricos.

La unidad de transferencia de energía eléctrica desde el sistema alimentado por el sistema eléctrico nacional interconectado (zona distribución) hacia los grupos generadores a diesel y viceversa, de todas las dependencias comprendidas en el proyecto de control de inundaciones de la Cuenca del río Bulu Bulu (Estación de medición de caudal, estación repetidora de telecomunicaciones, estación de control de válvulas de embalse y estación derivadora de caudal) sobre la base de la instrumentación física a instalar en los tableros y equipos asociados controlados por el autómatas PLC de los tableros **TTA**, **TTDP** y **TFC** ubicados en las casas de máquinas respectivas. (García A. , 2005)

A continuación, se inicia una operación esencialmente automática, sin embargo para efectos de operación ante eventos de falla del autómata, se permite efectuar la operación manual por personal calificado in situ, en estricta observación y seguimiento de procedimientos aprobados por la dirección o gerencia del sistema de control de inundaciones observando todas las normas y medidas de seguridad y cuidado tanto del personal como de los equipos a fin de evitar riesgos a la vida o daños a los equipos y elementos conformantes de cada uno de los sistemas. El equipamiento incluido así como la circuitería eléctrica diseñada permite efectuar lo antes descrito.

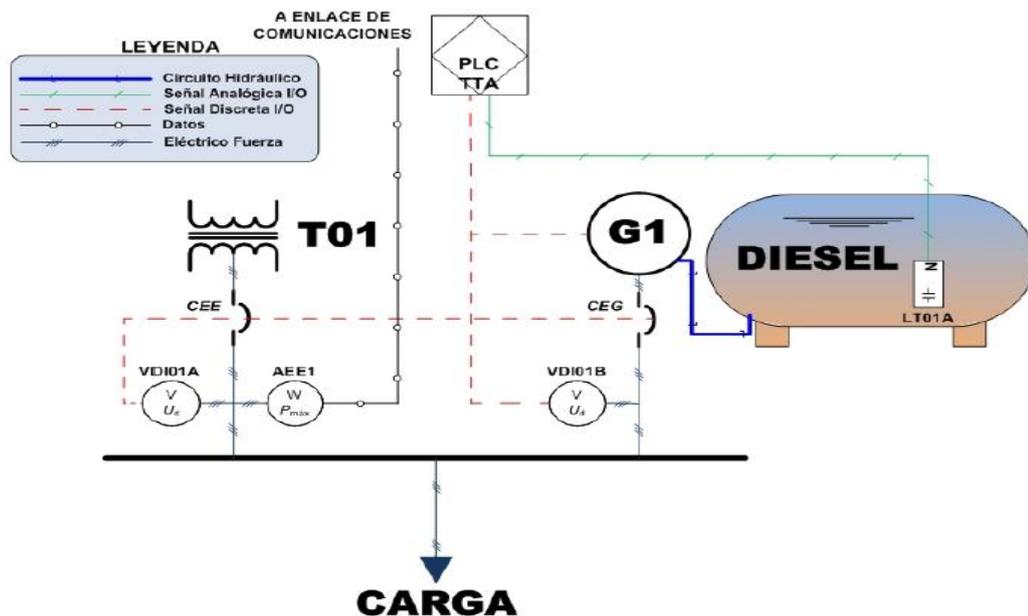


Figura 2. 4: Sistema de transferencia
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

2.6. Programación de autómatas y telecomunicaciones.

A continuación se detalla el sistema programación de PLC'S de control, automatización, monitoreo y comunicación de las estaciones de medición de caudal conformadas por los equipos de medición en tiempo real que brindará información y criterio de regulación de caudal a la estación derivadora Las Maravillas de la cuenca del río Bulu Bulu así como por los accionamientos del sistema de seguridad y tele vigilancia de las mismas debido a que no

contarán con personal de vigilancia in situ. Las estaciones de medición de caudal a implementar en primera etapa son las siguientes:

- Cuenca del Rio BuluBulu
- Estación de medición de caudal Manuel J. Calle.

Adicionalmente se incluye en el presente apartado la estación repetidora de Telecomunicaciones debido a su similitud con la estación de medición de caudal en lo relacionado con el sistema de seguridad y tele vigilancia.

Los procedimientos corresponden a una maniobra esencialmente automática, la descripción de la operación detallada es extensiva para todas las estaciones de medición de caudal.

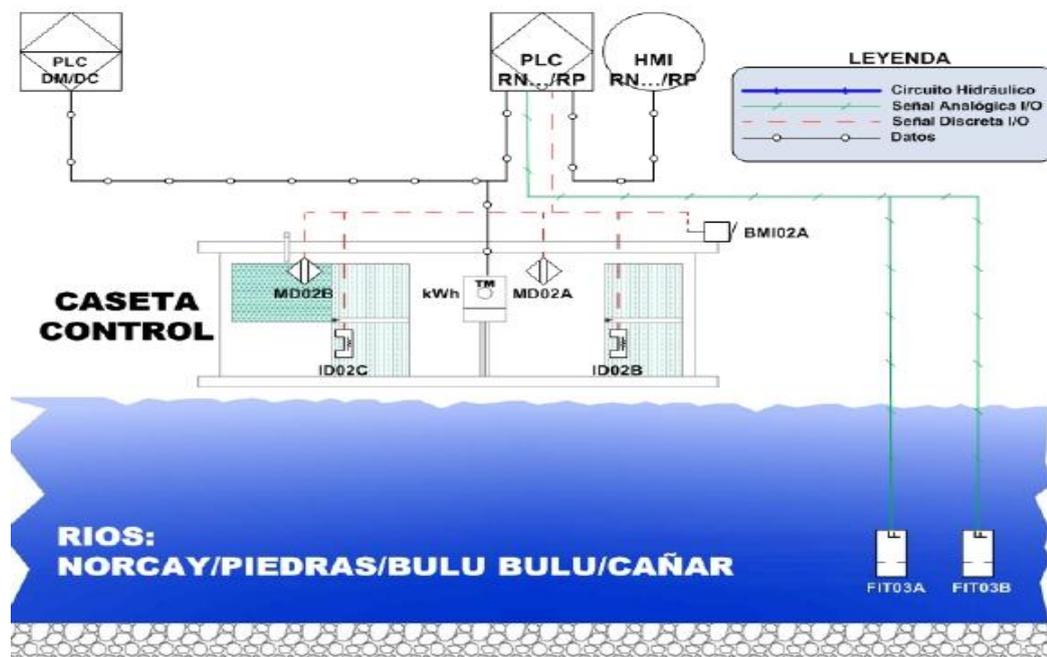


Figura 2. 5: Diagrama de control de instrumentos
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

2.7. Monitores de caudales.

La valores de instrumentación física de caudal *FIT03A* y *FIT03B* (redundante) mide en continuo, despliega en unidades de ingeniería calculadas en el PLC [l/seg, m3/seg, ft3/min, etc.]. La altura de la columna de agua en la estructura de alojamiento de instrumento conectada hidráulicamente al curso del río mediante vaso comunicante.(Creus, 2011)

Se deberá considerar programar en el PLC una expresión polinómica del orden que los modelos matemáticos que caracterizan el cauce del río en el que se va a mensurar el caudal lo indiquen como una relación directa nivel vs. caudal, en todo caso la expresión a programar podrá tener la siguiente estructura:

El valor de caudal a desplegar en el HMI del tablero, a transmitir hacia la estación derivadora y hacia el centro de control corresponderá a la media aritmética de los dos valores calculados que previamente han sido mensurados por la instrumentación física de caudal.(Oman & Schweitzer, 2001)

En caso de falla de cualquiera de los dos instrumentos de medición (ausencia de dato ó dato fuera de rango con elevada varianza), la programación procederá a tomar el dato únicamente del equipo en condiciones normales que entregue valores lógicos anteriores inmediatos. Posteriormente, las mediciones se efectuarán con el equipo en condiciones operativas adecuadas y se mantendrá desplegada una alarma que indique el equipo en mal estado o fallado con el registro cronológico correspondiente del evento de falla. El esquema de niveles de medición del río así como los instrumentos de mensurado y su rango se muestran a continuación:

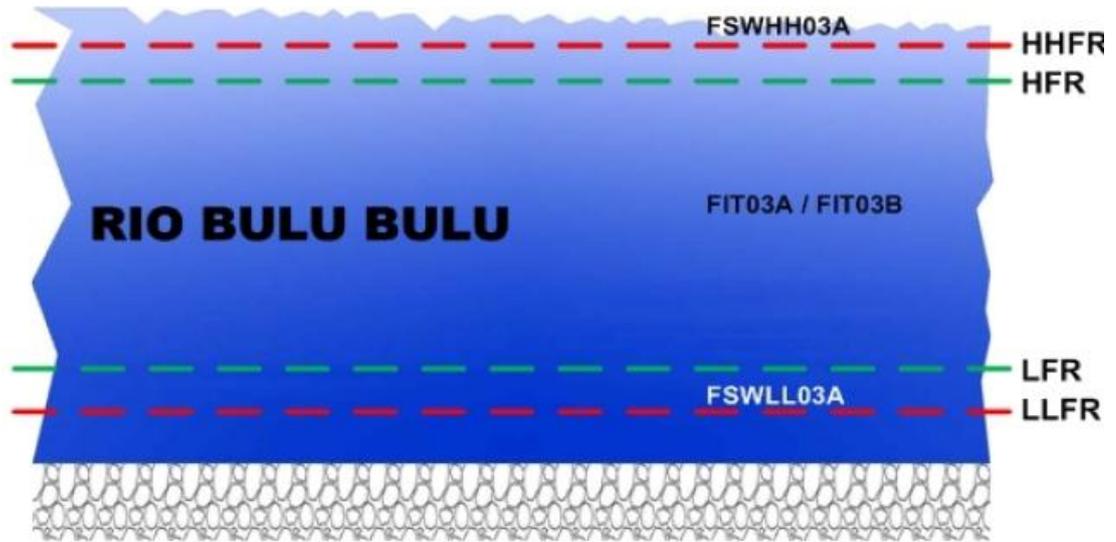


Figura 2. 6: Señales de instrumentación en río
Fuente: Proyecto Hídrico Senagua.

Dónde:

HHFR *High High Flow River* [Muy alto nivel, bandera redundante de alarma]

HFR *High Flow River* [Alto nivel, bandera de alarma]

LFR *Low Flow River* [Bajo nivel, bandera de alarma]

LLFR *Low Low Flow River* [Muy bajo nivel, bandera redundante de alarma].

CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

3.1. Sistema scada.

El sistema SCADA acrónimo de *Supervisory Control and Data Acquisition* (en español, Control Supervisor y Adquisición de Datos), comprenden todas las aplicaciones (software) que describen toda la información de un proceso.

3.1.1 Procesamiento de señales.

El SCADA permite procesar la información para obtener indicadores y gráficos que permitan una retroalimentación sobre el proceso.

Los principios de un sistema SCADA están basados en la pirámide a automatización donde se realiza la captura de datos en el proceso, la regulación de los actuadores, el mando y procesamiento de señales y la supervisión. (Rodríguez, 2007)

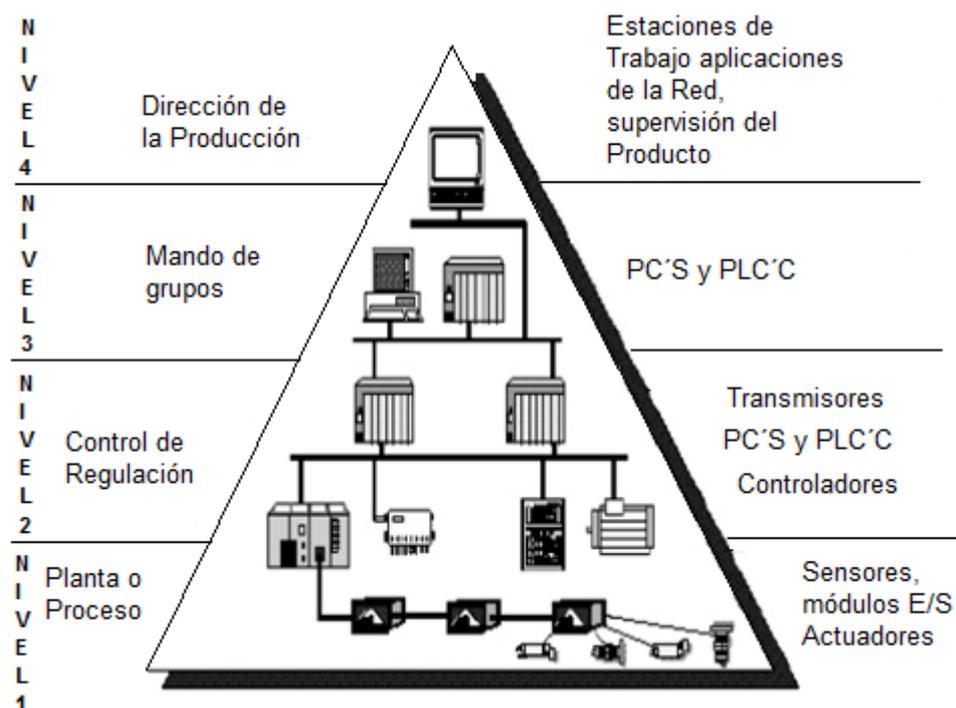


Figura 3. 1: Sistema de control Scada
Elaborado por: Proyecto Hídrico Senagua.

3.1.2. Alarmas.

En los sistemas SCADA es muy importante el tratamiento de alarmas (anomalías en el proceso), estas pueden generarse al haber desviaciones en la magnitud de un variable en sus límites superior o inferior. El objetivo de una alarma es dar aviso, una vez que ocurra debe tener una fecha, que es el instante en que se activó la alarma para que quede registrada. (Bouchair & Gayet, 2014)

De acuerdo a su condición las alarmas pueden ser:

- Discretas.- Indican un cambio binario (encendida o apagada) en el estado de la variable.
- Continuas.- Se eligen rangos numéricos para asignar un límite de operación normal de la variable. (Rockwell Automation, 2011)



Figura 3. 2: Tipos de señal
Elaborado por: Proyecto Hídrico Senagua.

Es común al gestionar las alarmas el filtrado de las mismas, es decir, asignar un nivel de prioridad a cada alarma (1 al 100).

3.1.3. Históricos

Los históricos son eventos que han sido almacenados para su posterior recuperación y análisis del proceso. La información almacenada es guardada en bases de datos (SQL) independientes del sistema de monitorización, el cual puede variar dependiente del tipo de Software a implementar.

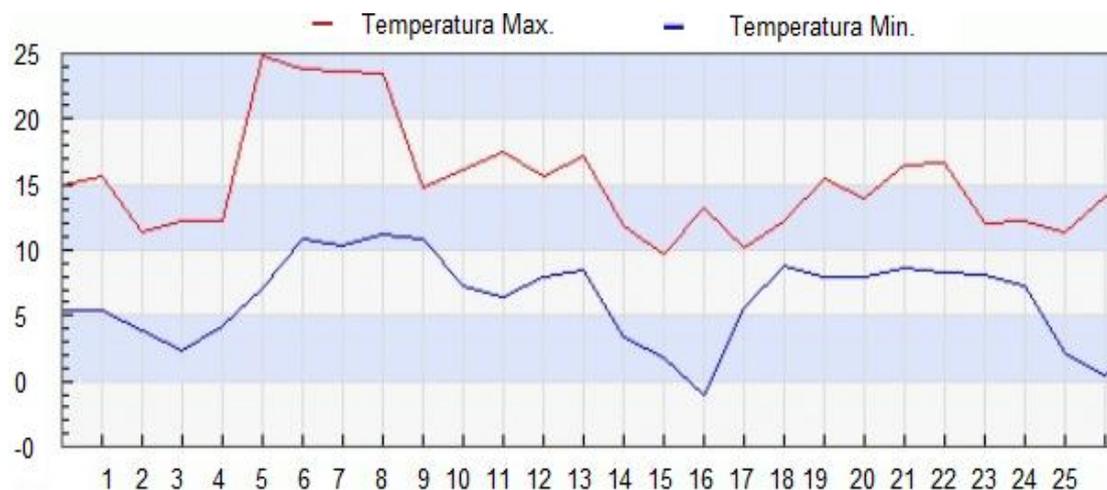


Figura 3. 3: Representación de datos históricos de manera gráfica
Elaborado por: Proyecto Hídrico Senagua.

3.1.4. Bases de datos.

Los sistemas SCADA emplean bases de datos interactivas en tiempo real para el procesamiento de las señales provenientes de los procesos. El periodo mínimo de almacenamiento de los datos es en general de un segundo para las mediciones. (Lakhoua, 2009)

Es posible almacenar la información en las bases de datos dependiendo el uso que se le dará:

- Base de datos en tiempo real = meses
- Base de datos histórico = años

3.1.5 Bases de datos en tiempo real.

La base de datos en tiempo real se ejecutará y residirá en la memoria RAM de la computadora establecida, esto optimiza la velocidad de adquisición de datos.

El principio del diseño de la base de datos en tiempo real permite definir y configurar en línea las estructuras de la base de datos, sin necesidad de interrumpir las operaciones del sistema. (Davidson & McArthur, 2009)

3.1.6 Bases de datos históricos.

Los subsistemas de administrador de la base de datos históricos son basados en software de última generación, compatible con los estándares en uso del sistema SCADA.

3.1.7 Protocolo y estandar OPC: Ole For Process Control.

El OPC permite un enlace de los componentes de automatización con dispositivos de campo y el hardware de control.

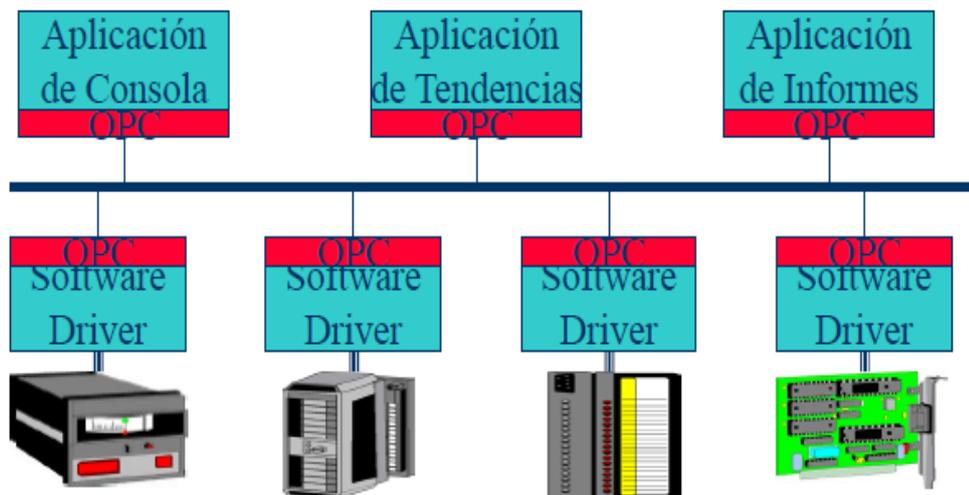


Figura 3. 4: Representación de conexiones de distintas marcas con aplicaciones Pc mediante servidor OPC.
Elaborado por: El autor

3.1.8 Diseño y desarrollo de la interfaz gráfica.

La elección de la iconografía adecuada, su distribución en la pantalla y la elección de colores adecuados que faciliten la interacción con el usuario deben ser tomadas en cuenta al momento de crear una representación gráfica.

Pantallas

Las pantallas deben tener una apariencia consistente en todo el desarrollo del proyecto, también deben tener zonas diferenciadas para visualizar las botoneras, menús y presentación de mensajes. Adicional a lo mencionado se deben tener en cuenta los siguientes pormenores:

Las representaciones del proceso se organizan de acuerdo a la distribución física de las unidades de producción, teniendo en cuenta que el sentido de lectura y observación normal es de izquierda a derecha y de arriba abajo.

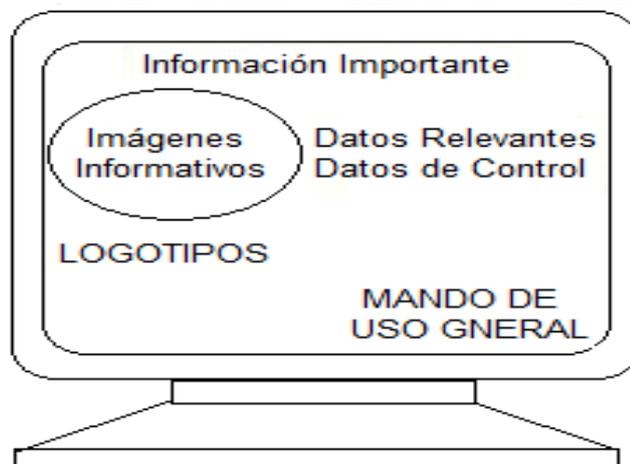


Figura 3. 5: Norma para representación gráfica de un sistema de supervisión
Elaborado por: El autor

La información numérica debe estar colocada sobre los elementos gráficos que la generan. Emplear colores de fondo, líneas, marcos, flechas ayuda a la comprensión rápida de la información. Presentar intermitencias de ciertos elementos llama la atención del observador, pero no es recomendado utilizarlos en texto.

Normas

Las normativas para la creación de pantallas propuestas por la ISA (Instrument Society of América) son ampliamente utilizadas al momento de crear representaciones gráficas en los sistemas SCADA. Teniendo algunos parámetros que seguir.

Siglas

La primera de las letras indica el tipo de variable física medida en campo mientras que la segunda representa que clase de equipo se está utilizando, tal como se muestra en la Tabla 3.1

Tabla 3.1: Nomenclatura para indicadores e instrumentos

1er letra		2er letra	
F	Caudal (Flow rate)	C	Control
L	Nivel (Level)	I	Indicador
P	Presión	S	Switch
T	Temperatura	T	Transmisor
A	Analizador genérico (pH, densidad)		

Elaborada por: El autor

Colores.

Al momento de generar pantallas es importante una selección adecuada de colores los cuales pueden ser primarios y secundarios para representar estados o variables de proceso en la pantalla. Teniendo guías en las cuales se relacionan los principales colores, se presenta a continuación la Tabla 3.2

Tabla 3.2: Nomenclatura para indicadores e instrumentos

1 er Letra		2 er Letra	
F	Caudal (flow Rate)	C	Control
L	Nivel (Livel)	I	Indicar
P	Presion	S	Switch
T	Temperatura	T	Transmisor
A	Analizar generico (Ph, densidad)		

Elaborada por: El autor

En una máquina o equipo generalmente se tiene el color verde para indicar que está en funcionamiento, azul para indicar en mantenimiento y el rojo para indicar que está parado.



Figura 3. 6: Representación de las acciones de encendido y apagado en actuadores
Elaborado por: El autor

3.1.9 Seguridad.

A nivel del software el sistema SCADA y sus componentes en el Centro de Control deben estar protegidos contra ataques externos y limitados. Todos los componentes en red son protegidos con Firewall (de acuerdo a los estándares y especificaciones técnicas) y cada estación de trabajo o PC en red deben tener instalado un Antivirus.(Bruce, 1997)

3.2. SISTEMA DE TELECOMUNICACIONES.

Los sistemas de telecomunicaciones permiten el intercambio de datos entre las estaciones locales (proceso) y el sistema SCADA del Centro de Control, desde donde se realizarán las acciones necesarias para un correcto manejo del proceso. (Choi, Lee, Won, & Kim, 2009)

Estos sistemas comprenden de una red en la cual se encuentran: Los equipos terminales, los cuales son empleados por los usuarios, a través de este se tiene acceso a la red. Los enlaces son las conexiones o canales, por medio de las cuales un puede comunicarse con otros, esto sin necesidad de estar 2 usuarios directamente conectados. (Martin, 2014)

En los nodos la información enviada y recibida es procesada.

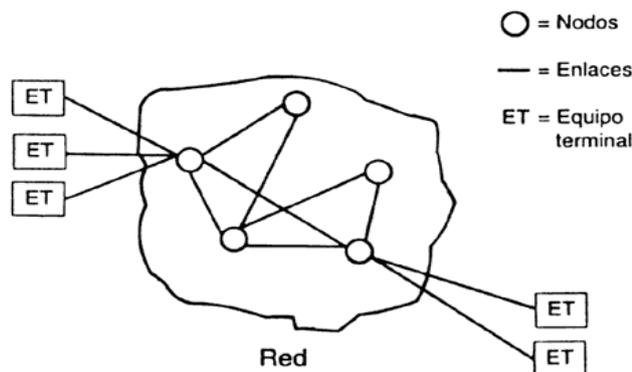


Figura 3. 7: Representación de las acciones de encendido y apagado en actuadores
Elaborado por: El autor

3.2.1. Redes de difusión.

Este tipo de redes de difusión se tiene un canal por el cual todos los usuarios de la red están conectados, así todos reciben los mensajes, pero solo extraen la información que identifica su dirección como destinatario final. Estas redes de difusión tienen un solo nodo (el transmisor). (Brito & Otorongo, 2014)

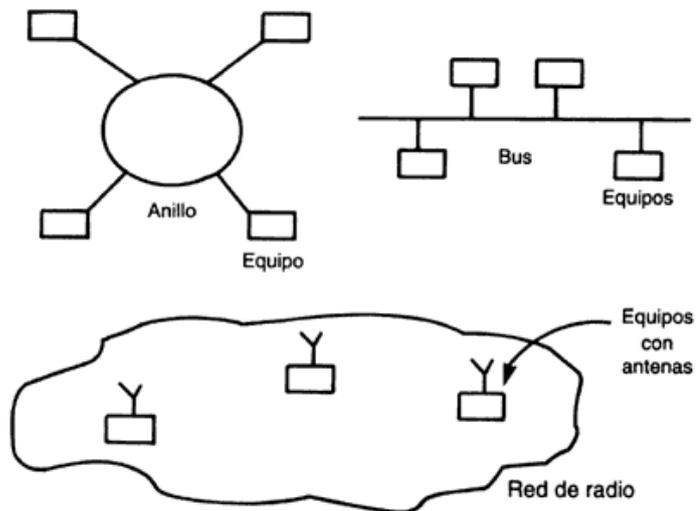


Figura 3. 8: Tipos de redes de comunicación
Elaborado por: El autor

3.2.2. Enlace de maestra – repetidoras – remotas.

Un enlace maestra – repetidora – remotas se describe como aquellos que llegan hasta cada una de las estaciones remotas de un sistema interconectado que se encuentran distribuidas en un área geográfica determinada y que no tienen línea de vista a la estación maestra, por lo cual necesitan un salto intermedio a través de una estación repetidora que dispone de línea de vista con las remotas y con la maestra.

Se propone usar la siguiente tecnología (ver figura 3.9) para cumplir con esta parte del sistema:

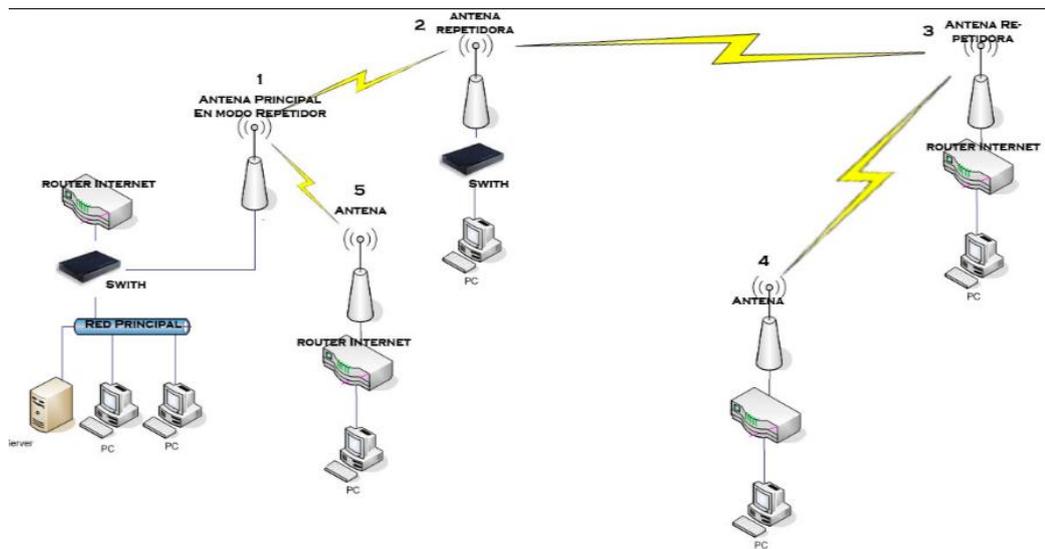


Figura 3. 9: Red de enlace Maestra – Repetidoras - Remotas
Elaborado por: El autor

3.2.3 Criterios técnicos para el diseño de enlaces

Para desarrollar estos criterios técnicos de enlaces se deberán tener en cuenta las características físicas de los trayectos (cálculo de condiciones geométrica), la tecnología y las características del equipo digital de transmisión que se instalará, así como también la denominada “Formula de Friis” la cual permite calcular la relación señal / ruido de una modulación QPSK.

➤ **Criterios de una topología de estrella del sistema - Red Wan.**

Esta configuración es la encargada de asegurar la transmisión de los datos desde las estaciones remotas al Centro de Control Principal y viceversa. La cual actua por un nodo punto o eje central de conexión para los demás, permitiendo de que en caso de existir una falla en alguno de los cables los demás nodos no pierdan la conexión con el nodo central. La desventaja de esta configuración es cuando exista un problema en el nodo principal este se convierte en un caos total para la red por lo que se pedrderia la conexión de todos los nodos.

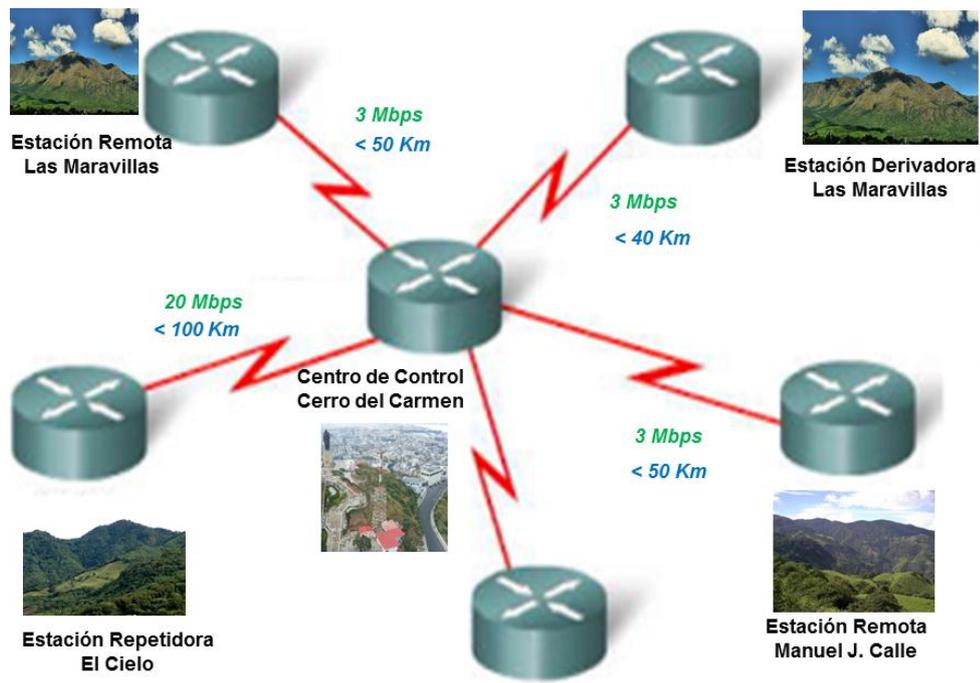


Figura 3.10: Diseño de enlaces de datos entre estaciones remotas y el sistema Scada

Elaborado por: El autor

➤ **Criterios de una topología de estrella del sistema - Red Lan.**

En este caso la red se basará en una topología en estrella que permita cubrir todas las estaciones remotas del área de influencia del proyecto que entreguen y reciban las señales a controlar. Por la topografía de la zonas, se necesitará una estación Maestra ubicada en la ciudad de Guayaquil (Centro de Control) y una estación repetidora en la ciudad El Cielo que reciba y entregue todas las señales de las estaciones remotas en configuración Punto - Multipunto y que se enlace en configuración Punto - Punto con la estación maestra de Guayaquil. Este equipamiento de comunicaciones permitirá, a través de un software especializado, el manejo y el monitoreo de los enlaces utilizando TCP/IP - adicional a los equipos de radio, en todos los sitios mencionados se dispondrá de: Torres, casetas, energía eléctrica, sistemas de protecciones contra descargas atmosféricas de sobre voltaje, sistemas de puesta a tierra con resistencia RPT menores a 2 Ω , etc.

El sistema SCADA, para esta fase, propone consolidar las señales analógicas y digitales de cada estación remota en un PLC con puertos Ethernet con interface 10/100 Base T. Esto para tener el mismo tipo de interface que permita conectar otros elementos como: teléfonos IP, cámaras de video vigilancia IP, analizadores de energía eléctrica, contadores de energía y PLC's adicionales de procesos automáticos conexos.

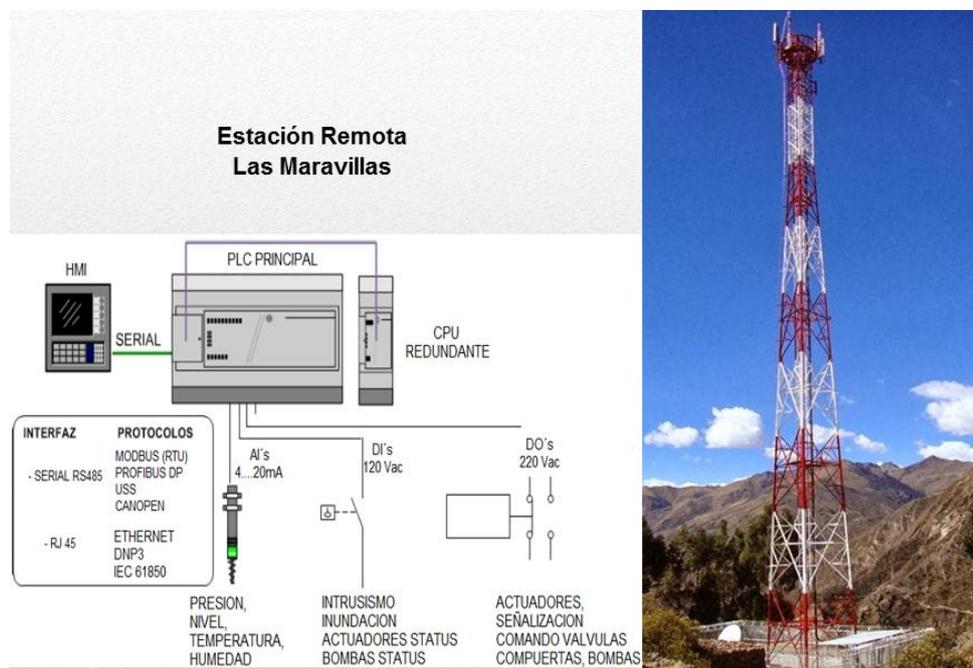


Figura 3.11: Diseño de enlaces de datos de una estación remota y el sistema Scada
Elaborado por: El autor

3.3. Selección e instalación de antenas.

Para la selección de las antenas ya sean estas de las represas y repetidoras se ha considerado los diferentes tipos de aplicaciones y de comunicación inalámbrica. Para la instalación de antenas se debe suministrar toda la información técnica la cual incluye los diseños estructurales para el óptimo funcionamiento del sistema así como todos los accesorios para su montaje en las torres, para ajuste y alineamiento de elevación y azimut. Las torres

deberán estar equipadas con lámparas de efluvios o baliza estroboscópica, un sistema de pararrayos de alta confiabilidad y pintadas de acuerdo a lo establecido por la Dirección de Aviación Civil y eventuales regulaciones municipales. (Yuyan, 2014)

Los sistemas de antenas deben incluir: antena, cable alimentador, conectores y deberá cumplir con los requisitos de VSWR (voltage standing wave ratio), ruido por distorsión de eco y ruido por intermodulación indicados en las tablas de características.

3.4. Telemetría.

La telemetría consiste en recopilar datos de un lugar que es remoto y transmite los datos a un punto en el cual se pueden evaluar los datos. Este sistema se utiliza en pruebas de vehículos en movimiento, tales como: misiles, aviones y automóviles. El sistema de telemetría es un conjunto especial del sistema de comunicación. El cual funciona a través de un transductor como un dispositivo de entrada, una forma de transmisión de ondas de radio y diferentes tipos de procesamiento de señales, este transductor transforma una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones de una señal eléctrica, la cual se transmite a una distancia para efectos de medición. La telemetría es utilizada para la recogida de datos y control, también se aplica a datos de supervisión y control. (Carden, Jedlicka, & Henry, 2002)

CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE LOS NUEVOS SISTEMAS DE TELEMETRÍA, REDUNDANTES Y SCADA.

En este capítulo se plantea la construcción y el desarrollo de las pantallas de control y redes de los sistemas de telemetría y scada, cuya finalidad primordial es la de permitir la alerta temprana y el control de inundaciones a nivel de operación de las estaciones remotas en forma centralizada, llegando con la automatización a controlar y monitorear todos los parámetros del sector.

El sistema permitirá monitorear en tiempo real los parámetros de nivel y caudal de los ríos conformantes de las cuencas de los ríos Bulu-Bulu y Cañar, así como regular los caudales aguas abajo de los mismos bajo la filosofía de establecer consignas operativas “de caudal máximo permitido” que podrán ser establecidas desde el Centro de Control en forma dinámica, ubicados en el centro de control que supervisará a las 3 represas mencionadas en el capítulo 2.

La lógica de operación en cada proceso de control, telemetría, vigilancia, señalización y telecomunicaciones define la cantidad de elementos que operan simultáneamente, por lo que se han considerado inicialmente las corrientes nominales. Estos valores de mantenimiento definen la capacidad de las unidades de respaldo energético instantáneo a fin de que el registro para control y transmisión de señales de datos no sufra cortes o interrupciones para su conocimiento en el centro de control SCADA. (Molina & Quezada, 2015)

4.1. Sistemas de alimentación redundantes.

La subestación proyectada para las represas deberá tener un nivel de tensión primaria trifásica de 13.200 Vac y tensión secundaria de 220-127 Vac a un nivel de frecuencia de 60 Hz la cual deberá ser equipada para alimentar a centros de carga (tableros eléctricos y equipos de control e

instrumentación) conformados por unidades hidráulicas y de moto-bombeo para la operación de los equipos motrices de compuertas y válvulas. Adicionalmente, se alimenta a las cargas de iluminación interior y tomas de corriente (normales y especiales) en las casetas de guardianía y de controles eléctricos e iluminación exterior en el campus conformante de la estación de la estructura antes mencionada. . (Clemmens & Strand, 2010)

La arquitectura de alimentación eléctrica para la operación adecuada de los equipos a instalar se configura con simple redundancia (Grupo Electrónico) para las cargas generales de potencia tales como motobombas hidráulicas, equipos hidráulicos, etc. Y de servicios auxiliares tales como iluminación y tomas de corriente. Con doble redundancia (Grupo Electrónico y Fuente de Corriente Continua) para las cargas críticas de instrumentación y control debido al almacenamiento de presión que permite la operación de los actuadores hidráulicos (Compuertas, Válvulas) en caso de emergencia. Los períodos de autonomía considerados en el equipamiento de redundancia de energía son de 7 horas de operación ininterrumpida para el sistema de corriente continua y de 7 días de operación ininterrumpida para el grupo electrónico, mostrada en la Figura 4.1

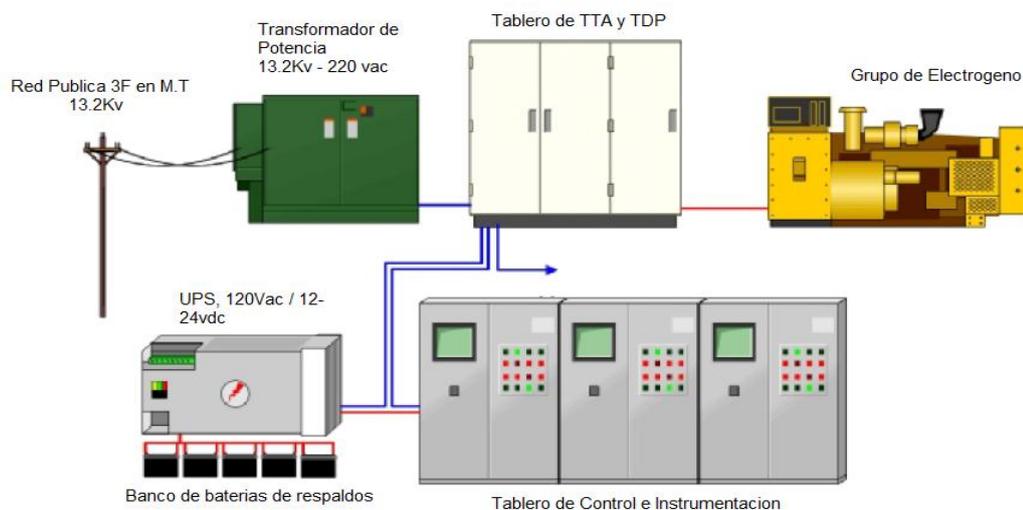


Figura 4. 1: Arquitectura de sistemas redundantes
Elaborado por: El autor

4.2. Diagrama de la red de control y base de datos.

El diagrama de red de control y bases de datos está conformado por 3 servidores enlazados como se aprecian en la figura 4.2.

Siendo este la descripción de un cuarto de control en el cual se encuentra un servidor numero # 1 denominado operación o de ejecución, el cual se encarga de los rangos de control (set point), los cuales son ingresados por el operador que toma la decisión de los niveles de agua que deben ingresar y salir de las represas. Un servidor # 2 de mantenimiento permite realizar pruebas cuando se requieren realizar una para e inspeccionar el estado de los equipos de cada embalse, es decir: actuadores, sensores, etc.

Un servidor # 3 denominado de vigilancia o supervisión, que trabaja en paralelo con los 2 servidores anteriormente descritos con el fin de servir de respaldo en caso de fallar uno de los servidores. Luego mediante un acceso remoto por internet se conecta al servidor # 4 que almacena toda la información del proceso durante varios días.

La red que comunica los 4 servidores es un Ethernet protegido por un firewall para evitar ingreso de personal no autorizado.

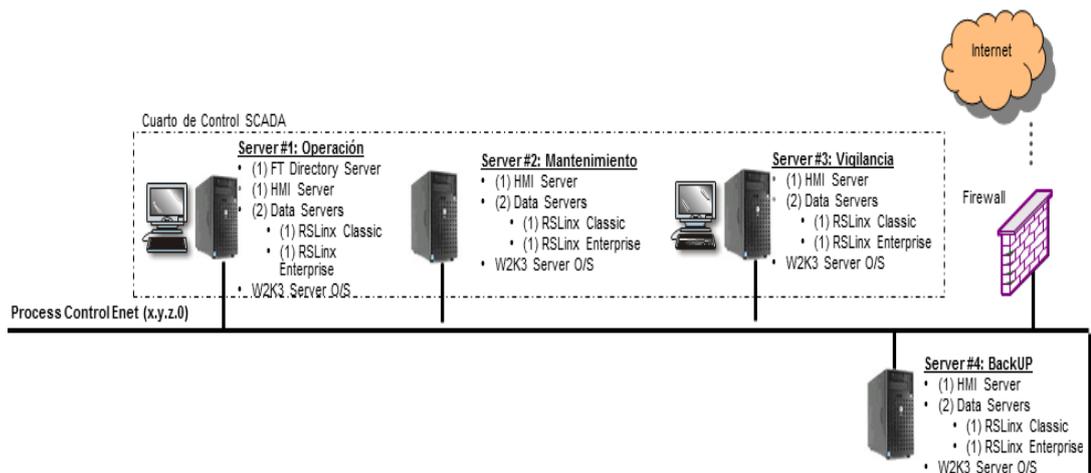


Figura 4. 2: Red computadoras y base de datos
Elaborado por: El autor

4.3. Sistema de control.

El sistema de control está contemplado en la arquitectura de periferia descentralizada con inteligencia y autonomía propias, enlazado mediante un sistema de comunicaciones del tipo Maestro – Esclavo, emplea protocolos de amplia difusión del tipo PROFIBUS, MODBUS, etc. Está compuesto de autómatas programables PLC (Programmable Logic Controller) modulares redundantes que disponen de tarjetas de fuentes conmutadas, CPU's (Central Process Unit), AI (Analog Inputs), AO (Analog Outputs), DI (Digital Inputs), DO (Digital Outputs), CP (Communications Processor) entre otros. La configuración física incorpora redundancia para la unidad central principal de proceso y para la fuente de alimentación de energía eléctrica 115 Vac / 24 Vdc vigiladas y conmutadas automáticamente mediante WD (Watchdog) y WDT (Watchdog Time) respectivamente, como se aprecian en la figura 4.3

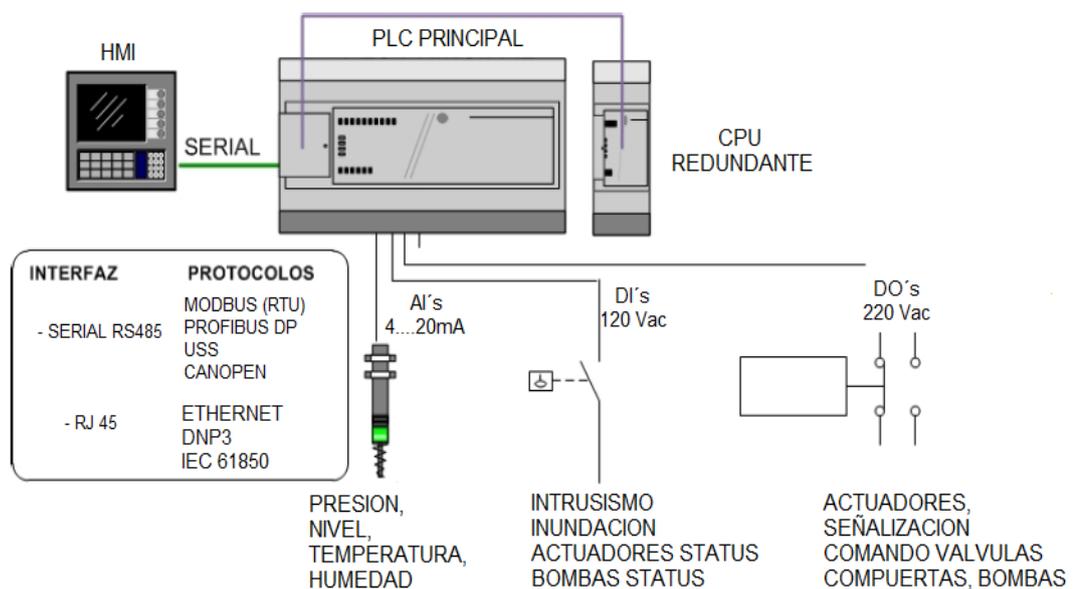


Figura 4. 3: Sistema de Control
Elaborado por: El autor

El diseño del sistema de instrumentación, control, monitoreo y comunicación inalámbrica involucra el desarrollo de cada uno de los campos previamente mencionados mediante la aplicación de tecnologías de vanguardia en los ámbitos de la Electrónica y la Telemática. El diseño también considera las necesidades particulares de cada uno de los nodos de automatización y comunicación, llámense estos derivadoras, embalses, centros de medición de caudal, etc. de manera que posean inteligencia propia a manera de nodos de periferia descentralizada que tomen decisiones mediante control de bucle cerrado o abierto según la necesidad planteada, dualidad sensor (instrumentación física de nivel, caudal, presión, humedad, temperatura, etc.) actuador (compuertas, válvulas, bombas, motobombas, etc.).

4.4. Diagrama de la red de autómatas programables Plc's.

Todas las entradas medidas por sensores así como todas las acciones realizadas por los actuadores son señales que viajan desde y hacia un autómata programable denominado PLC alojada en su interior de su respectivo tablero de control y proceso.

Los autómatas están distribuidos en todo el embalse de acuerdo a la siguiente distribución:

- Derivadoras.
- Embalse
- Medición.

Estos PLC's son de gama media, es decir: que estos pueden procesar señales desde el campo y realizar un control fino en los actuadores para asegurar la comunicación entre todos los PLC's instalados, se emplean la red del fabricante Allen Bradley llamada Control Net, esta a su vez mediante un puente permite pasar de un tipo de red a otra se comunica con 2 computadoras colocadas, uno en la derivadora y otro en el embalse.

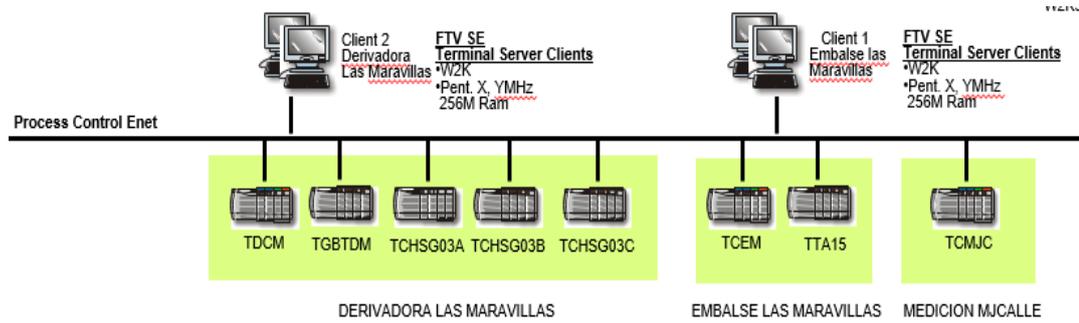


Figura 4. 4: Red de PLCs y servidores
Elaborado por: El autor

4.5. Software para la creación de las pantallas.

El software a ser utilizado es el FactoryTalk View SE v6.1 de Rockwell Automation que posee las características aplicables a la operación del control diseñado por Factory talk

El cual esta interpretación planteada trabaja bajo lossoftwaters sistemas operativos que se muestran en la tabla 4.1

Tabla 4. 1 . Sistemas operativos que soportan Factory talk.

Expanded list of compatible Operating Systems.
Windows 7 (64 Bit)
Windows Server 2008 R2 SP1 Standard (64 Bit)
Microsoft Office 2010
Internet Explorer 9
Windows Server 2008 R2 Standard (64 Bit)
Platform Support
Windows 7 SP 1 (32 Bit and 64 Bit)
Windows Server 2008 R2 SP1 Standard (64 Bit)
Windows Server 2003 R2 SP2 Standard (64 Bit)

Elaborador por: El autor

El factory talk es un software que permite realizar la interface entre hombre maquina (HMI) tanto en las estaciones de trabajo cerca de las maquinarias como en las estaciones remotas y también en la parte administrativas donde se toman las decisiones de acuerdo a los consumos del sistema. (Shang, Rogers, & Wang, 2012)

4.6. Pantallas de supervisión.

Las pantallas de supervisión son aquellas que nos ayuda a poder visualizar las diferentes opciones de paramentros que representa todo nuestro procoeso de control.

4.6.1 Pantallas de control de los equipamientos.

Los parámetros de selección de las pantallas de control deben ser considerado a continuación:

- I. El control operacional automático o el manual remoto (manual desde el Centro de Control) para el control del equipo será provisto donde se encuentren instaladas interfaces del equipo, de acuerdo a los correspondientes password de control de acceso.
- II. El mando manual remoto (manual desde el Centro de Control), donde sea adecuado, será provisto por medio de una ventana opcional o como un mímico alejado. Los mímicos o ventanas de control serán diseñados de modo que el equipo sujeto a control manual remoto pueda ser visto simultáneamente con las consecuencias de la acción de control, por ejemplo, la compuerta bomba se abre/cierra así como también el porcentaje de apertura/cierre de la compuerta.
- III. Las facilidades requeridas para control dependerán de la clase de equipo que se instale. La presentación del texto se efectuará en un formato abierto y será configurable y apropiada para la acción de control.
- IV. El control de equipo agrupado, por ejemplo, un número de compuertas controladas por un caudal consigna configurado en el

PLC en un modo de servicio/reserva, puede permitir el siguiente control auto/manual.

- V. También se requerirán constituir otros niveles y valores por medio de password de acceso, por ejemplo, la facilidad de seleccionar compuertas de servicio y de reserva, tiempos y duración de ciertas operaciones.

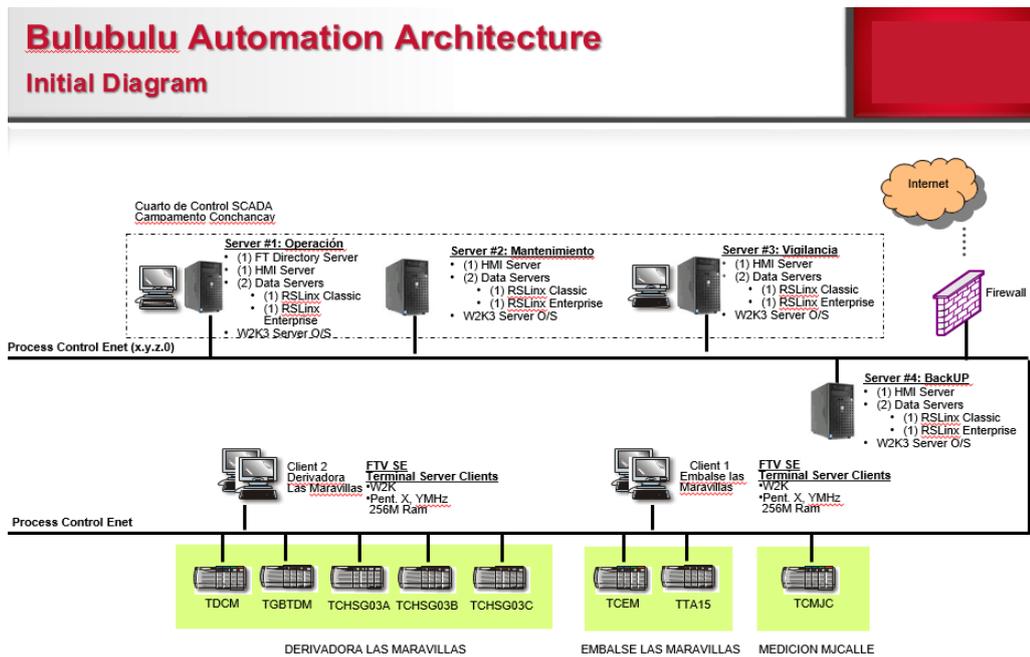


Figura 4. 5: Pantalla de control de equipamientos
Elaborado por: El autor

4.6.2 Pantallas geográficas.

Las pantallas geográficas permiten la representación de toda el área abastecida del Centro General Distrital. Donde será factible navegar en las pantallas geográficas y pasar del área total a las áreas de menores del distrito a través de “zoom”. En la mayoría de las pantallas geográficas se representará la red de control de inundaciones y las estaciones remotas previstas y conectadas al sistema de control SCADA. Las estaciones remotas serán activables a través del Mouse y será posible abrir la correspondiente pantalla de detalle. El estado de las estaciones remotas y en particular de las alarmas será indicado a través de parpadeos y colores.

En la figura siguiente se muestra un ejemplo de pantalla geográfica:

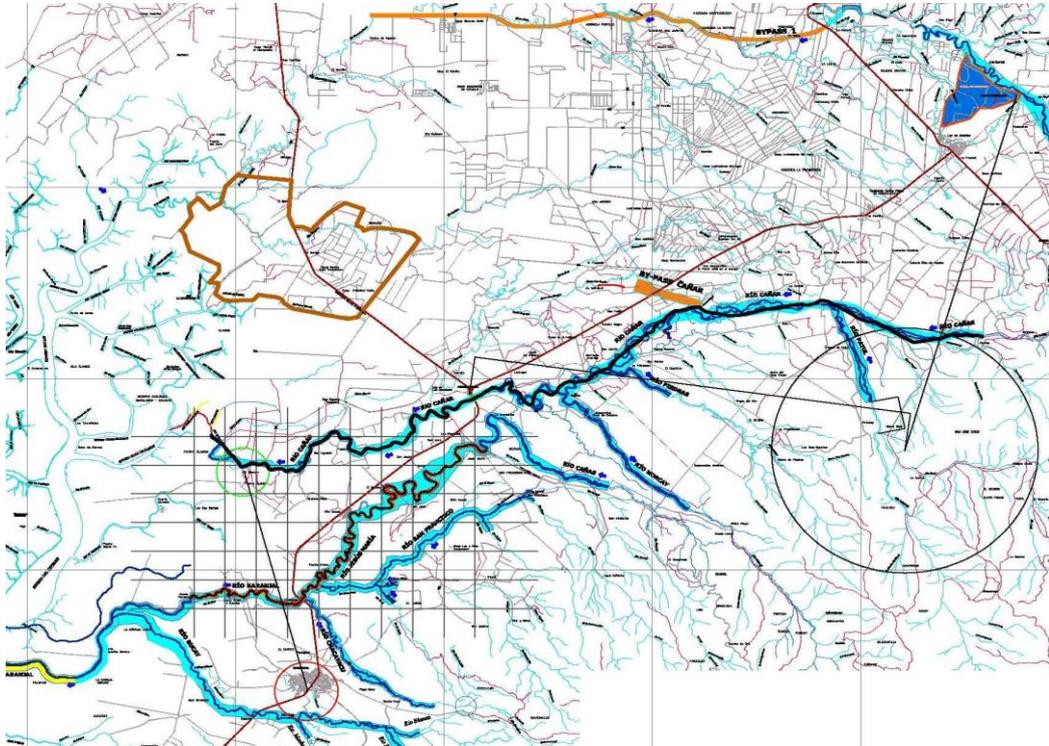


Figura 4. 6: Pantalla geográfica
Elaborado por: El autor

4.6.3 Pantalla de niveles y presiones de represa.

En esta pantalla se representa el nivel y la presión capturada por los sensores ubicados in situ, los mismos que envían señales, las cuales pueden ser digital y analógica empleando una red robusta llamada Device net, esta permite mediante un solo cable conectar varios dispositivos los cuales reducen gastos en cables aportando la seguridad por poseer alta protección de impacto mecánico debido a las condiciones adversas que se encuentran en los sitios remotos.

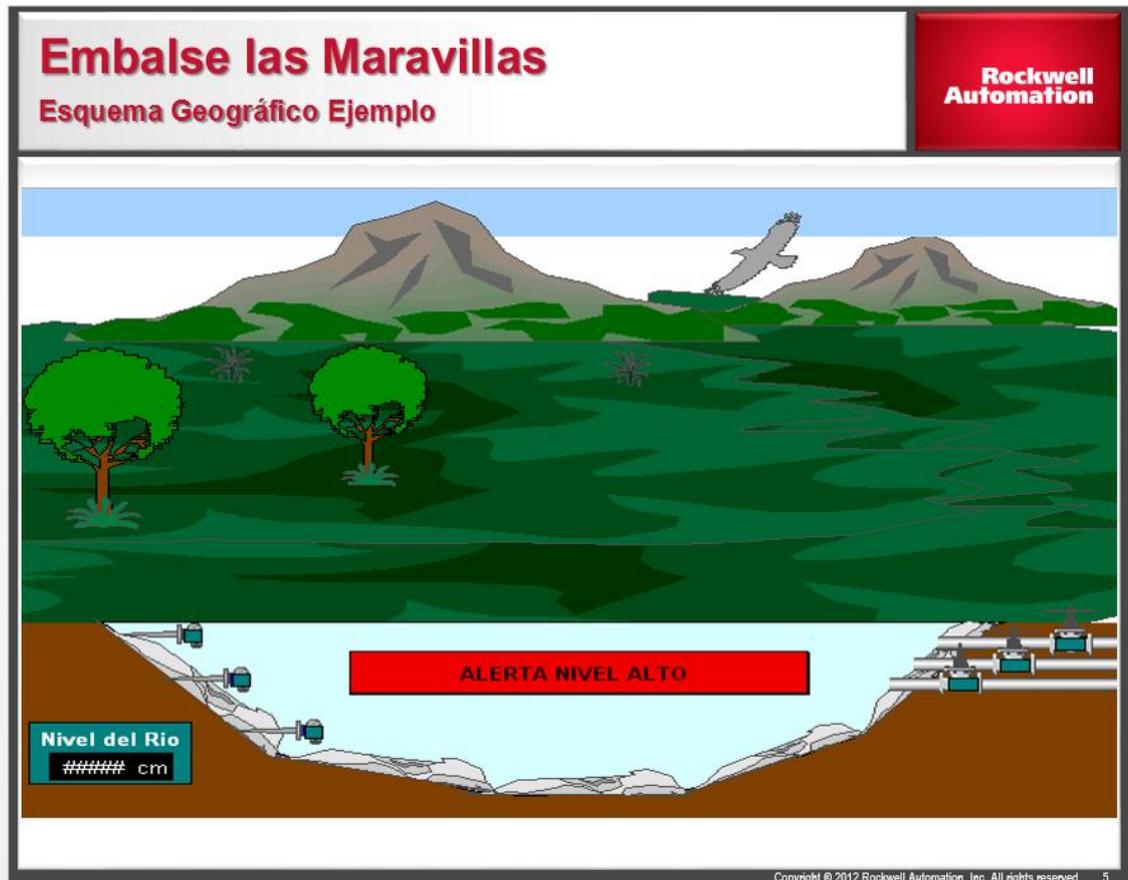


Figura 4. 7: Pantallas de niveles y presiones de la represa
Elaborado por: El autor

4.6.4 Pantalla de arquitectura de red.

La pantalla arquitectura de red nos permite ubicar cada uno de los servidores tanto de campo como administrativos que se emplean en las represas, es importante ya que para anexar o poder reparar un servidor debe estar clara la dirección IP que se le otorga a cada punto, adicional nos muestra si un servidor esta fuera de servicio pudiendo actuar de manera pronta ante cualquier un percance. (Vancouver, 2005)

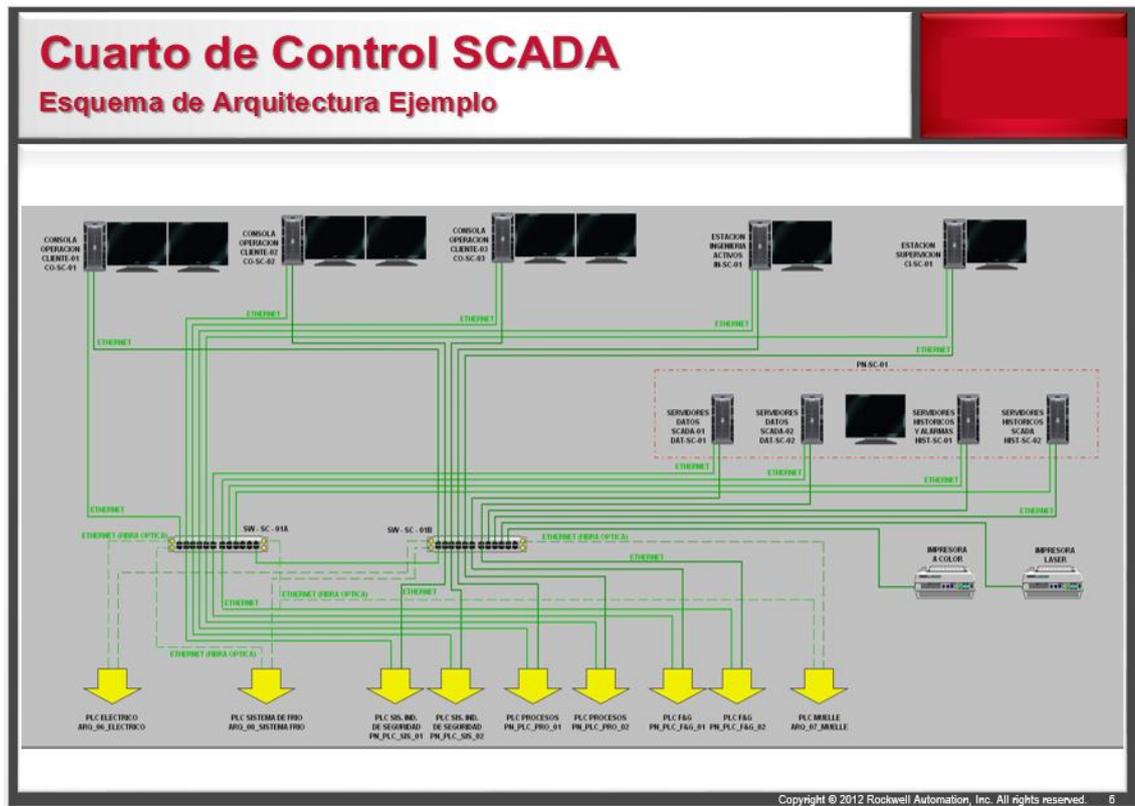


Figura 4. 8: Pantalla de arquitectura de red
Elaborado por: El autor

4.6.5 Pantalla de monitoreo en el Scada.

El sistema de monitoreo y telemando SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) desplegará en pantallas elaboradas mediante nivel temático y jerárquico, todas las variables que se desee mostrar en tiempo real a la operación del sistema de control de inundaciones, brindando además capacidad de almacenamiento de muestras en períodos definidos por el usuario de los despliegues en tiempo real, herramientas de análisis tales como tendencias, manejo de alarmas, muestra de mímicos animados, etc.



Figura 4. 9: Pantalla monitoreo Scada
Elaborado por: El autor

4.6.6 Pantalla de sistema del grupo electrógeno.

El grupo electrógeno, entiéndase una maquina que mueve un generador eléctrico por medio de un motor de combustión interna; el cual provee de energía eléctrica según el voltaje deseado a las represas en caso de haber un corte energía fortuito lo cual puede provocar una falta de supervisión, control y acción en los embalses generando posibles desbordamiento e inundaciones por tal motivo esta pantalla se la realiza teniendo en cuenta las normas para tendencias en un sistema de control scada.

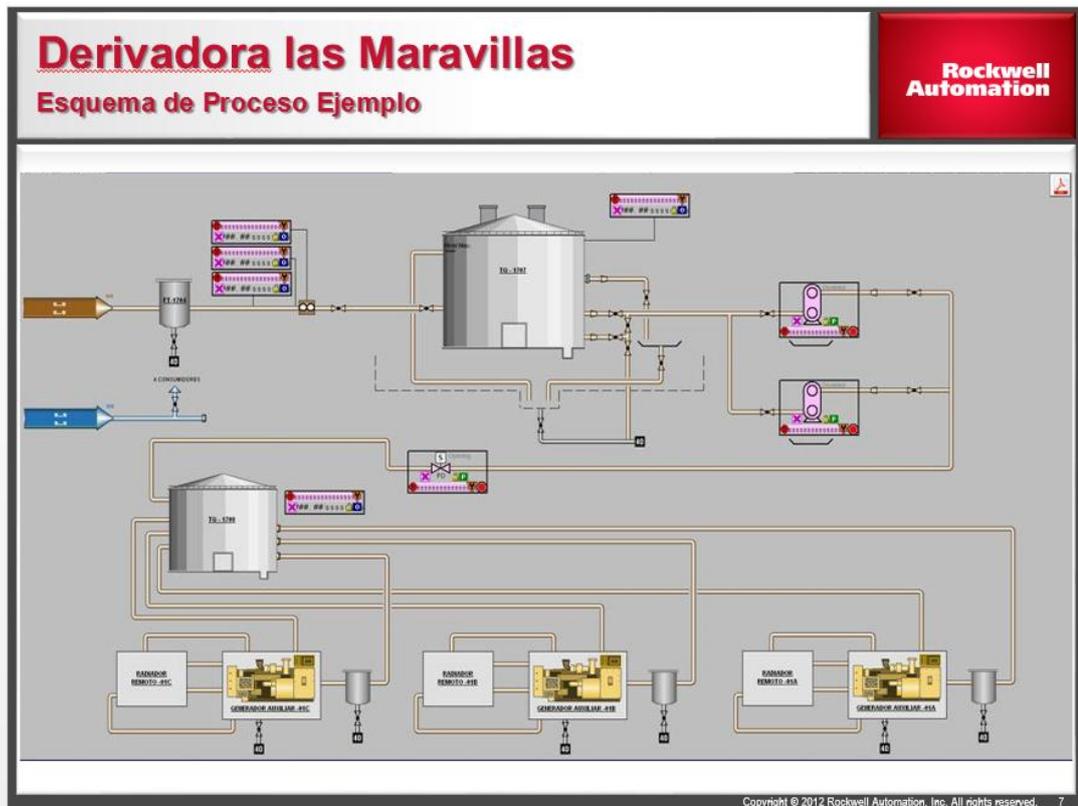


Figura 4. 10: Pantalla de sistema de electrógeno.
Elaborado por: El autor

La presentación de tendencias tendrá las siguientes características:

- I. La presentación de tendencias mostrará un gráfico lineal (o con curvas de interpolación definibles por el usuario) ya sea de valores históricos o actuales, o ambos, elegible por el operador, para cualquier punto / variable en la base de datos del sistema SCADA. Las presentaciones de tendencias actuales serán actualizadas sobre una base de tiempo real y las históricas sobre la base de datos histórica.
- II. Se dispondrá de tendencias de multi lazos de hasta diez parámetros, siendo cada tendencia de color diferente. La agrupación será elegible por el operador a través del menú.
- III. Las variables escogidas para las tendencias serán indicadas (con color) con descripciones de fácil comprensión, y/o descripciones de texto, es decir no sólo formato variable/dirección.

- IV. Habrá un método conveniente de decidir lo que está disponible para la tendencia.
- V. Selección de la información de la tendencia, por ejemplo en el caso de disco duro, CD, pen drive de información actual y archivada, variables disponibles, etiquetas de identificación.
- VI. Se proveerán facilidades para permitir que el operador ajuste la base de tiempo (eje X) para cada valor, y también ajustar individualmente el valor del rango (eje Y), midiendo y graduando para cada valor.
- VII. El tiempo actual estará en el lado derecho de la pantalla con la información anterior a la izquierda.
- VIII. Cuando se selecciona una tendencia para su presentación, se visualizará toda la información para el período de tiempo seleccionado.
- IX. El encabezamiento y título de la tendencia estará en las dos líneas superiores de la pantalla. Estas indicarán la fuente de información (actual / histórica), sitio, operador y fecha.
- X. Deberá existir facilidad para que el operador pueda ingresar un comentario con texto libre y asociarlo con el encabezamiento;

4.6.7 Pantallas hidráulicas

Sera posible navegar en las pantallas hidráulicas y pasar de un esquema al otro a través de un menú especial. En todas las pantallas hidráulicas se representarán las estaciones remotas previstas y conectadas al sistema SCADA. Las estaciones remotas serán activables a través del mouse y será posible abrir la correspondiente pantalla de detalle.

El estado de las estaciones remotas y en particular de las alarmas será indicado a través de parpadeos y colores. Permiten el control remoto de los equipamientos instalados en la estación remota y el monitoreo de las variables proporcionadas por la instrumentación instalada.

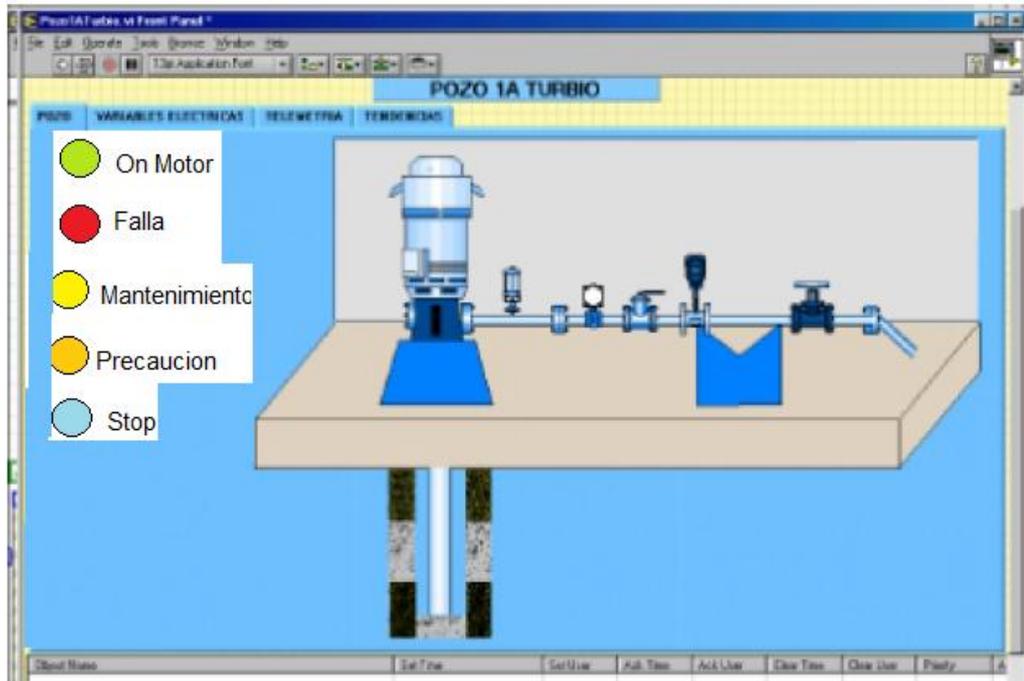


Figura 4. 11: Pantalla de sistema de electrógeno.
Elaborado por: El autor

4.6.8 Pantalla del sistema eléctrico.

La red del sistema de eléctrico compuesto por tableros, generadores, maquinas y equipos de instrumentación y control que funciona para cada una de las represas debe estar supervisada y deberá frecer una rápida (advertencia de los fallos detectados en los mismos) este sistema de línea eléctrica es soportado mediante UPS acorde a la capacidad demandada asegurando que no genere daños, mediante una pantalla de alarma.

Derivadora las Maravillas

Esquema Eléctrico Ejemplo

Rockwell
Automation

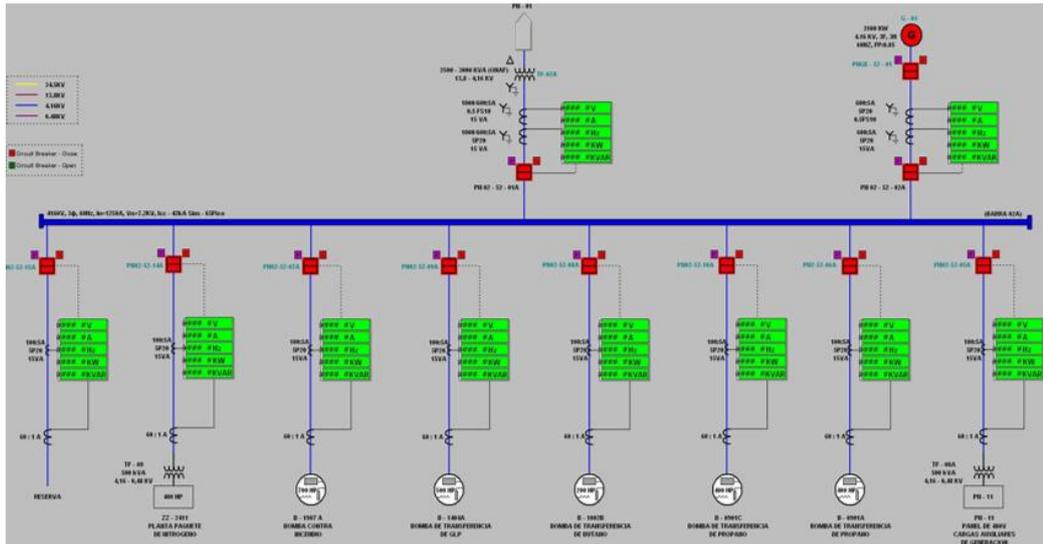


Figura 4. 12: Pantalla de sistema eléctrico
Elaborado por: El autor

La gestión en pantalla de las alarmas tendrá las siguientes características:

- Las alarmas se indicarán por medio de líneas de texto en la parte baja de cada una de las pantallas. La ocurrencia de cualquier alarma conducirá a presentar o indicar las correspondientes líneas en cualquier pantalla en ejecución, en los monitores del sistema SCADA.
- Las alarmas específicas de cada estación remota se indicarán en la correspondiente pantalla y en el símbolo a través de parpadeo o visualización de intermitencia.
- Cuando un equipo o grupo está fuera de servicio, las alarmas del equipo o grupo están inhibidas.
- Los colores usados corresponderán a la prioridad de la alarma.
- Los colores de las alarmas serán los siguientes:

Tabla 4. 2: Colores de Alarmas

Prioridad de Alarmas	Alarma Actual	
	Texto (Oscilando)	Fondo (Estable)
Prioridad 1 (Alta)	Blanco	Rojo
Prioridad 2	Blanco	Amarillo
Prioridad 3	Blanco	Cian

Elaborado por: El autor

- f) Las tres alarmas más recientes se mostrarán en la parte baja de cualquier pantalla e incluirán la etiqueta de identificación y las descripciones de la alarma, del equipo en alarma, fecha, tiempo, estado de la alarma y prioridad.
- g) Todas las alarmas deberán ser registradas en un archivo especial. Los contenidos del archivo de las alarmas incluirán la etiqueta de identificación, la descripción de la alarma, y la descripción del equipo en alarma, fecha, tiempo, y estado de la alarma, operador y prioridad;
- h) Todos los tiempos registrados para propósitos de alarma tendrán una resolución de un segundo.
- i) Los símbolos en las pantallas de detalle de las estaciones remotas se iluminarán intermitentemente en prioridad relacionada a los colores desde el tiempo en que ocurren hasta que ellas son reconocidas.
- j) Al retornar a las condiciones normales después de la confirmación:
 - o Los mensajes en la parte baja de cada pantalla desaparecerán.
 - o El indicador en el símbolo del mímico correspondiente se suspende.
 - o El cambio al estado normal, con los detalles de la alarma, tiempo de cambio de estado, etc., son registrados.

4.6.9 Pantalla de presentación de alarmas.

Las alarmas se indicarán por medio de líneas de texto en la parte baja de cada pantalla. La ocurrencia de cualquier alarma conducirá a presentar las correspondientes líneas en cualquier pantalla que se encuentre activa y en primer plano en los monitores del sistema SCADA.

La arquitectura de hardware desarrollada para el centro de control es la que se muestra a continuación.

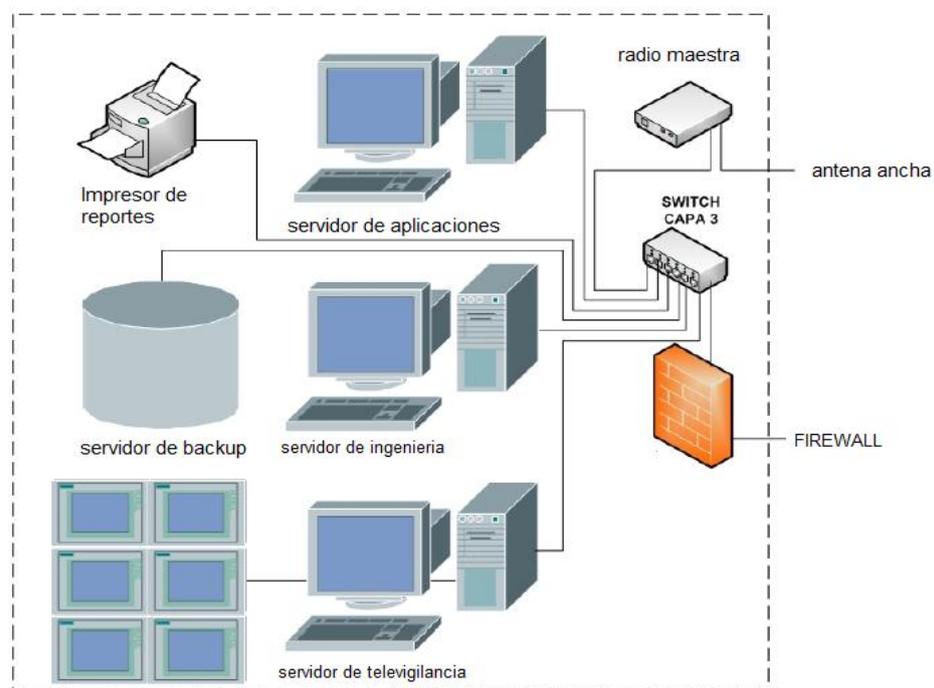


Figura 4. 13: Pantalla de presentación de alarmas
Elaborado por: El autor

4.7. Sistema de telemetría y telecomunicaciones

Los sistemas de telemetría y de telecomunicaciones están dados por cálculos de corriente consumida por los equipos de control para el dimensionamiento de disyuntores magneto térmicos de control, fuentes de corriente continua y capacidad de UPS se han realizado sumando algebraicamente las corrientes consumidas por los equipos de control tales como: bobinas de contactores, electroválvulas, electrónica de

control e instrumentación y lámparas de señalización, balizas de alarma, etc.

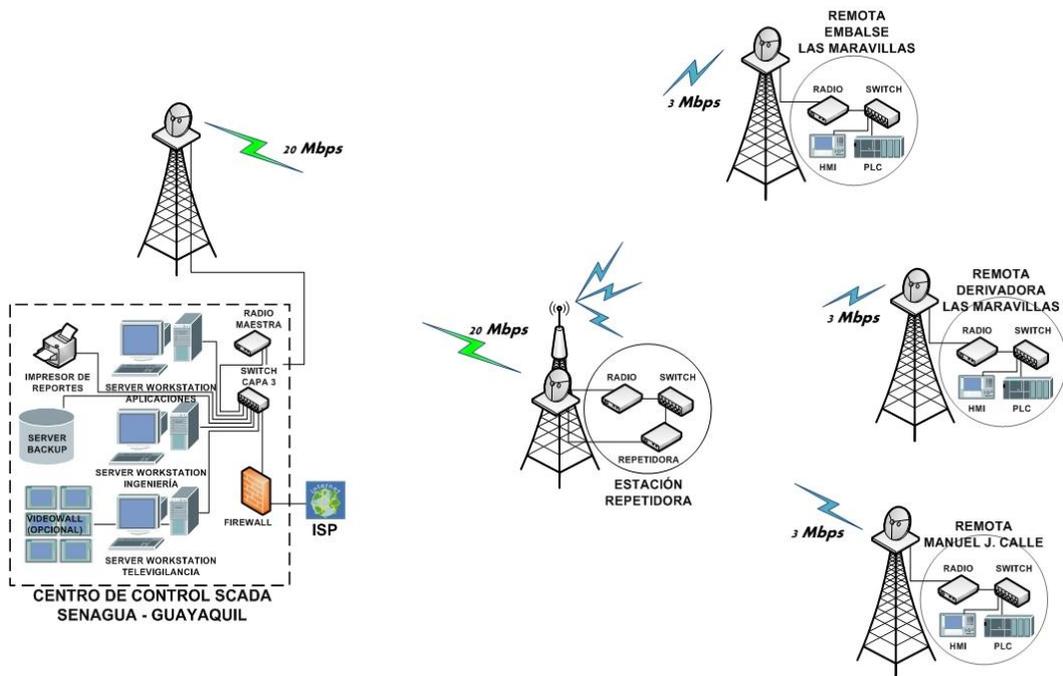


Figura 4. 14: Sistema de telemetría y telecomunicaciones
Elaborado por: El autor

4.7.1 Sistema de puesta a tierra.

La red o sistema de puesta a tierra de las instalaciones se construirá empleando varillas de cobre-cobre de 1.8 metros de longitud y cable de cobre desnudo con su respectivo grillete deberá estar directamente enterrado en los ductos en los que también irán las tuberías de transporte de cables de fuerza y control, del calibre 1/0 AWG (53.49 mm^2) para los tendidos de malla general y las rutas para la puesta a tierra de las carcasas de los tableros de baja tensión y del calibre 8 AWG para los tendidos hacia los tableros de distribución estándar tipo Load Center.

Esta configuración provee una red equipotencial de puesta a tierra en todas las instalaciones proyectadas con el objetivo de descargar las corrientes parásitas originadas en el sistema eléctrico.

Las condiciones de cálculo o características empleadas son las siguientes:

Característica del terreno:	Humus, Turba húmeda, Arcillas plásticas.
Resistividad del terreno:	150 Ω /m
Resistencia de P.E.:	Entre 1 y 2 Ω para instalaciones de ordenadores y electrónica de control según N.T.E.-IEP.

Se debe recalcar que la máxima resistencia de puesta a tierra admisible es de 80 ohmios para locales húmedos para un diferencial de 300 mA a 24 V como máxima tensión de toque. El criterio escogido en este diseño particular es que la RPT no exceda los 2 [Ω], por tanto la condición escogida a cumplir excede ampliamente los valores de seguridad requeridos.

La expresión que nos permite calcular la resistencia de puesta a tierra para varillas es la siguiente:

$$R_v = \frac{\sigma t}{lv}$$

Dónde:

R_v Resistencia de puesta a tierra de la varilla en [Ω]

σt resistividad del terreno en [Ω -m]

lv Longitud de la varilla en [m]

Para el caso de cables de puesta a tierra en configuración de contrapeso:

$$R_c = \frac{2 \sigma t}{lc}$$

Dónde:

R_c Resistencia de puesta a tierra del contrapeso en [Ω]

σt resistividad del terreno en [Ω -m]

lc Longitud del cable enterrado en [m]

4.7.2 Diseño de los enlaces.

En el diseño del Sistema de Telecomunicaciones y en la preparación de la ingeniería de detalle de construcción, se deberán determinar los valores adecuados de potencia, transmisión, sensibilidad, ganancia de antena, altura de antenas y los requisitos de diversidad y conmutación necesarios para garantizar una confiabilidad de propagación alta para cada uno de los tramos de enlace y la disponibilidad requerida.

Para esta determinación se deberán tener en cuenta las características físicas de los trayectos, la tecnología y las características del equipo digital de transmisión que se instalará.

4.7.3 Requerimientos.

Para las 3 estaciones remotas que forman parte de este documento, se requiere implementar un sistema de Telecomunicaciones que permita visualizar y operar la información de los diferentes locales en el centro de control ubicado en la ciudad de Guayaquil y que este sistema sea fácil y totalmente integrable a sistemas de telecomunicaciones externos (por ejemplo el Internet) para su visualización por usuarios registrados y autorizados manteniendo una filosofía extrema de seguridad ante intrusismo.

4.7.4 Enlace de maestra – repetidoras - remotas.

Se puede definir como enlaces maestra – repetidora – remotas a aquellos que llegan hasta cada una de las estaciones remotas que se encuentran distribuidas del área geográfica de cobertura y que no tienen línea de vista a la estación maestra necesitando un salto intermedio a través de una estación repetidora que dispone de línea de vista con las remotas y con la maestra.

Se propone usar la siguiente tecnología para cumplir con esta parte del sistema:

- El enlace Maestra - Repetidora se realizará en banda licenciada de propiedad del Contratante y gestionada por el Contratista y los enlaces Repetidora - Remotas en el rango de Frecuencias de operación ISM de 900 MHz preferiblemente usando tecnología TDD

OFDM que es la que emplea un solo canal tanto para transmisión como para recepción;

- Los equipos de la estación Repetidora estarán conformados por una radio remota comunicada a la Maestra directamente punto a punto y una radio de acceso punto - multipunto comunicada con las Remotas.
- Las capacidades de los enlaces Remotas - Repetidora podrán oscilar entre 2 y 3 Mbps efectivos y la capacidad del enlace Repetidora – Maestra será de 20 Mbps efectivos.

4.7.5 Equipamientos.

El sistema de Telecomunicaciones para esta fase presenta los siguientes componentes:

1. Estación Maestra, conformada por :
 - Switch Metro Ethernet para la creación futura de anillos de protección redundante de alta disponibilidad y confiabilidad, con tiempos de conmutación inferiores a los 50 ms. A la vez estos equipos se conectarán a los equipos de radio Repetidora, recogiendo a través de ellos la información de cada estación remota localizada en su área de cobertura.
 - Enlace de radio IP nativo en la banda de licenciada con una capacidad mínima de 20 Mbps efectivos, une la Maestra con la Repetidora.
2. Estación Repetidora, conformada por:
 - Radio de acceso a los cuales se conectarán las diferentes estaciones Remotas. Cubrirá una zona de 240° con un mínimo de 60 km de alcance.
 - Switch PoE, que servirá para alimentar mediante el puerto Ethernet tanto a la cámara IP como al teléfono IP, así mismo servirá para enlazar estos elementos al radio suscriptor y al PLC y

unirlos a la red de Telecomunicaciones del Sistema SCADA, para llevar sus señales al Centro de Control.

- Enlace de radio IP nativo en la banda licenciada con una capacidad mínima de 20 Mbps efectivos, une la Repetidora con la Maestra

3. Estaciones Remotas, constituidas por:

- Radio que tendrá una capacidad mínima de 3 Mbps efectivos, disponible para transportar las señales de control y monitoreo de los PLC de la estación, más los diferentes servicios adicionales como teléfonos IP y cámaras de video vigilancia;
- Switch PoE, que servirá para alimentar mediante el puerto Ethernet tanto a la cámara IP como al teléfono IP, así mismo servirá para enlazar estos elementos al radio suscriptor y al PLC y unirlos a la red de Telecomunicaciones del Sistema SCADA, para llevar sus señales al Centro de Control.
- Cada estación remota dispondrá de cámaras IP para la vigilancia del sitio, la verificación visual de eventos al interior, para la detección de intrusión y para permitir accesos a personal propio o ajeno controlando autorizaciones para los trabajos en sitio. Cualquier evento será registrado en el centro de Control y el operador podrá ejecutar acciones al respecto y, el software de administración que a futuro se instalará en el Centro de Control en Guayaquil, se programará para tal evento;
- En cada una de las remotas se colocará un teléfono IP, que será alimentado mediante PoE, desde el switch, y servirá para tener comunicación en casos emergentes o para mantenimientos en el sitio. Este tendrá a futuro un número de extensión registrado en la Central Telefónica IP a ser colocada en el Centro de Control de Guayaquil.

4.7.6 Requisitos de calidad de telecomunicaciones.

El sistema de comunicaciones a ser suministrado, deberá ser diseñado de acuerdo con las últimas recomendaciones del ITU-R y del ITU-T, de manera tal que:

- Se cumplan casi todos los objetivos de ruido recomendados por el ITU-T.
- Se evite o minimizar cualquier tipo de interferencia en los sistemas de radioenlace.
- Se consiga alcanzar la mejor relación entre señal / ruido que permita el mejor ancho de banda.

4.7.7 Supervisión y control de la red.

Los equipos se deberán suministrar con un sistema de supervisión y control para cada una de las estaciones de la Red con funciones tales como: diagnósticos en línea, supervisión en el tiempo real, reporte de alarmas, identificación automática de la configuración del sistema, supervisión de nivel de RF (Radio frecuencia) y prueba BER (Bit Error Ratio) del sistema, entre otros.

El sistema de supervisión de la red deberá integrarse al sistema SCADA de tal forma que desde cualquier consola de operación se tenga acceso al estado de la red de comunicaciones.

4.7.8 Antenas y soportes.

Se deberán suministrar las antenas necesarias para el óptimo funcionamiento del sistema así como todos los accesorios para su montaje en las torres, para ajuste y alineamiento de elevación y azimut. Las torres deberán estar equipadas con lámparas de efluvios o baliza estroboscópica, un sistema de pararrayos de alta confiabilidad y pintadas de acuerdo a lo establecido por la Dirección de Aviación Civil y eventuales regulaciones municipales.

El sistema de antena deberá incluirlos siguientes elementos: antena, cable alimentador, conectores y deberá cumplir con los requisitos de VSWR, ruido por distorsión de eco y ruido por intermodulación indicados en las tablas de características.

Los soportes de antenas serán:

- a) Soporte para antenas de radios maestras y remotas
 - Fabricado en tubo de 2"
 - Dos brazos de sujeción a torre o mástil
 - Galvanizado en caliente

4.7.9 Torres de vientos.

El suministro debe incluir todos los componentes de las torres o mástiles incluyendo las partes estructurales principales, uniones, pernos, tuercas, contratueras, arandelas, junto con los elementos y accesorios necesarios para la instalación de las antenas ofrecidas, así como el diseño y construcción de las bases de concreto para montarlas.

Las torres serán del tipo Rohn, soportadas por vientos o tensores de acero, todas las partes y piezas deben ser galvanizadas por inmersión en caliente, para garantizar la duración de la misma por un período no menor a 15 años. Las bases deben ser de concreto de acuerdo a las especificaciones del suelo donde se instalen las mismas y a la altura respectiva. La carga que deben soportar es de por lo menos 4 antenas de 15 kg, con ráfagas de viento de hasta 180 km/h. La torre debe constar de:

- Tramos de 3 m pintados en colores blanco y rojo zarcón alternados conforme normalización internacional
- Bajante en cable de cobre calibre 1/0 AWG hacia el sistema de puesta a Tierra de cada recinto

- Pararrayos tipo activo precursor de descargas sólidamente conectado a la bajante de puesta a tierra
- Luz de baliza en la punta con fotocélula incluida
- Escalerilla para cables, entre el borde de la pared de la caseta y la torre.

4.7.10 Cable coaxial.

Se deberá suministrar todo el cable coaxial necesario para la instalación del sistema de radio, el cual deberá cumplir los requisitos de confiabilidad del sistema. En cualquier caso, para la selección del cable coaxial, se deberán tener en cuenta las consideraciones de atenuación y ruido para los efectos de pérdida total del sistema y carga de canales.

Las variaciones de atenuación del cable, con respecto al valor nominal, no deberán exceder de +0,2 dB bajo cualquier condición de operación, para la banda de frecuencias de operación especificadas.

La impedancia del cable no deberá variar más del 4% de su valor nominal $Z_0 = 50 \Omega$.

Los cables propuestos deberán presentar en el conductor externo facilidades para conectarlo a tierra en diferentes puntos a lo largo de su tendido.

Se deben suministrar todas las perchas, adaptadores de ángulos, pasamuros, conectores y cualquier otro accesorio de montaje que se requiera para la instalación completa del cable.

Este cable se lo implementará para conectar las unidades internas y externas de los radios de los enlaces de los anillos y operaran a Frecuencia intermedia, eliminando con esta tecnología la posibilidad de pérdidas por longitud de cable.

4.7.11 Conectores.

El cable coaxial será terminado con conectores tipo N macho en sus dos extremos. Los conectores serán fabricados específicamente para el cable suministrado, con contactos de cobre-berilio, y sellos de jebe entre la cubierta exterior del cable y la carcasa del conector que impida la penetración de humedad o agua.

4.7.12 Cables de comunicaciones.

Los cables para interconexión de estantes y módulos deberán tener algún tipo de terminales o conectores que faciliten su instalación.

Los estantes y módulos deberán estar alambrados para el 100% de su capacidad así no se encuentren equipados. Los cables suministrados deberán cumplir con las recomendaciones y requerimientos exigidos por los fabricantes de los equipos. Todos los cables y conectores utilizados para instalación o interconexión de equipos deberán ser para operación en intemperie.

4.7.13 Cables de instrumentación.

Los cables para control serán del tipo multi-conductor. Se usarán principalmente para la interconexión de los dispositivos de control y protección y para transmitir información de medida, alarmas e indicación. Se podrán utilizar, de acuerdo con los requerimientos específicos de cada circuito, mínimo calibre 16 AWG.

Los conductores deberán ser de cobre recocido no revestido de acuerdo con la norma ASTM B-3. Los conductores deberán ser trenzados clase C de acuerdo con la última revisión de la Norma ICEA- S-61-402.

El conductor individual deberá tener un aislamiento de PVC para temperatura máxima de 75°C, adecuado para condiciones húmedas o secas y un voltaje mínimo de 600 V.

El valor promedio del espesor del aislamiento no deberá ser menor que el indicado en la Norma ICEA S-61-402 y el espesor mínimo no deberá ser menor del 90% del valor promedio.

Los multi-conductores deberán ser ensamblados formando capas concéntricas cableadas entre si, siguiendo el sentido contrario a las manecillas del reloj. El multi-conductor deberá estar cubierto por una chaqueta del mismo material del aislamiento y del relleno. El valor promedio del espesor de la chaqueta no deberá ser menor que el indicado en la Norma ICEA S-61-402 tabla 4-22. El espesor mínimo en cualquier punto no deberá ser menor al 70% del valor promedio.

4.7.14 Cables de control.

Todos los circuitos y equipos de instrumentación, monitoreo y control serán alimentados por una fuente de corriente continua, típicamente de 24 voltios nominales de salida, pero bajo ninguna circunstancia podrá excederse de un 5% de su valor nominal.

El equipamiento tal como cargadores de baterías, fuentes de poder, inversores, etc., deberán suministrarse con características conformes a lo necesario para mantener el suministro de energía esencialmente para la instrumentación, el monitoreo y el sistema de control que deben mantenerse en operación durante una falla de suministro de energía eléctrica.

El equipamiento esencial a ser mantenido durante una falla de energía eléctrica son : el HMI, los sistemas de alarma, el equipamiento de adquisición de datos, el equipamiento de instrumentos de flujo, nivel, presión, temperatura y humedad; indicadores, PLC con módulos y memorias, equipo de integración, solenoides, actuadores en caso de ser alimentados con 24 Vdc, el sistema de telecomunicaciones LAN y WAN, el teléfono IP y la cámara IP.

4.7.15 Conexión al tablero.

La entrada de cables al tablero de control y mando se realizará por la parte inferior, para evitar el ingreso de elementos químicos o agua, por lo que se deberá prever accesorios de compresión. El camino de acceso para el cable coaxial será el mismo que el de los demás cables, manteniendo siempre un radio de curvatura no menor a los 20 cm.

El extremo del coaxial conectorizado se fijará en la parte inferior del armario donde se realizará la conversión a cable coaxial flexible hasta el equipo de radio.

4.7.16 Elementos de sujeción.

El cable coaxial, en recorridos por torres metálicas auto soportadas compuestas por miembros angulares, será tendido aplicando ferretería de sujeción específicamente fabricada, compuesta por elemento de fijación mediante tornillo prisionero de hierro galvanizado y abrazadera apropiada al diámetro exterior del cable.

En los recorridos adosados a muros, pisos o cielos rasos de cemento, la sujeción del cable se hará aplicando tacos a presión de material plástico, que serán empotrados en agujeros que se practicarán con taladro en el hormigón. El cable se sujetará de estos elementos, mediante ataduras o bridas de material plástico para uso exterior

4.7.17 Protecciones contra rayos.

Estos dispositivos deberán asegurar correcto y seguro aislamiento así como rearmado automático de las partes del sistema sujetas a altas corrientes de cresta, los dispositivos deberán ser no fundibles.

La protección contra rayos deberá seleccionarse para proveer el mayor grado de protección posible al circuito que se protege, por ejemplo la tensión de alerta deberá ser lo más baja posible correspondiente con la operación normal del circuito.

4.7.18 Terminales y acabados.

Se proporcionará para los terminales de conexión de todos los cables de entrada/salida bloques (bornes) de melamina, resina fenólica o material comparable encajados en riel multipropósito. Los conductores se fijarán por medio de tornillos con abrazadera o barras, no se admitirá apriete únicamente por tornillo.

Todos los terminales empleados en los circuitos que no exceden los 55 voltios (nominal) con respecto a tierra, excluyendo los suministros de potencia y los dispositivos auxiliares, deberán ser del tipo eslabón abierto.

Cada terminal deberá llevar un número claro de identificación. Los terminales de diferentes tensiones deberán ser agrupados separadamente y cada grupo deberá ser claramente etiquetado con su respectivo voltaje y función. Cada grupo deberá ser segregado con una barrera que brinde una separación física de como mínimo 2 mm. Se proveerá para protección de contacto accidental, cobertores plásticos transparentes completos con etiqueta de advertencia de voltaje, en todos los terminales en los cuales el voltaje excede los 55 voltios (nominal) respecto a tierra.

4.7.19 Protecciones contra transitorios.

Las protecciones contra transitorios tanto para el sistema eléctrico como para el sistema de control e instrumentación deben cumplir las normas IEC 61643-1, IEC 61643-21, ITU-T Recomendaciones K11, K.12, K17, K20, K21, K36, que serán de cumplimiento obligatorio. Se deberán incluir las siguientes protecciones sin limitarse a estas:

- Protecciones que cumplan las normas UL 1449, IEEE 142 y 518 C62.41-1991 o equivalente contra transitorios para la entrada de alimentación del inversor cargador, con visualización de status;
- Protecciones para puertos RS 485, RS 232 y en general puertos seriales de comunicaciones;
- Protecciones contra sobretensiones en las salidas analógicas de la instrumentación;

- Protecciones contra sobretensiones en las entradas de las tarjetas de I/O's analógicas del autómeta PLC.
- Los instrumentos que tengan un par de hilos para la señal y un par de hilos para la alimentación, deberán tener protección de transitorios individuales y externas al instrumento para cada par de hilos.
- Si hay más de dos pares de cables en los instrumentos, estos deberán ser protegidos con protectores individuales por parejas, independientemente de la naturaleza de las entradas y/o salidas del instrumento.
- En los casos de instrumentación que cuenta por separado el transductor del conversor transmisor, se deberán proveer protectores de transitorios separados a la entrada y salida de cada dispositivo;
- todos los puertos de comunicaciones de los instrumentos deberán ser protegidos contra transitorios por medio de un dispositivo externo.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.

Una vez finalizado el proyecto se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los sistemas para el control de inundaciones en modo local y remoto, permite la probabilidad de operar aun sin el sistema Scada.
- La opción o modo mantenimiento evita accidentes por factores humano durante las rutinas de mantenimiento.
- La ubicación de las compuertas puede ser tomada con base en los cambios de las salidas del sensor de posición ubicados en la represa.
- Todos los dispositivos o mecanismos de paro de emergencia, habilitarán la detención de la operación de la apertura y cierre de las compuertas de la represa.

Recomendaciones.

Al terminar este proyecto se surgieren las siguientes recomendaciones:

- Las bombas hidráulicas deben ser reemplazadas, estos modelos son de gama baja las cuales realizan una mayor demanda de consumo.
- Se debe realizar una constante capacitación al personal involucrado en la operación del sistema de control de las aperturas y cierre de las compuertas.
- Se debe implementar una hoja de registro o check list de piezas o mecanismos de operación, los cuales permitirán poder cambiar a futuro.
- Las operaciones de mantenimiento deben ser realizadas en los meses cuyo nivel de agua estén por debajo de lo permitido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Empresa Pública del Agua. (2015). *Empresa Pública del Agua*. Retrieved junio 06, 2016, from <http://www.empresaagua.gob.ec/con-el-proyecto-rio-bulubulu-el-pais-dejara-de-perder-9-5-dolares-en-remediaciones-emergentes/>
- Bouchair, N., & Gayet, P. (2014). Analysis of fault diagnosability from SCADA alarms signatures using relevance indices. *IEEE International Conference on Systems*.
- Brena, R. (2003). Automatas y Lenguajes. In R. Brena, *Automatas y Lenguajes* (p. 93). Monterrey: Tec Monterrey.
- Brito, G., & Otorongo, M. (2014). *Repositorio UTA*. Retrieved julio 16, 2016, from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/7041>
- Bruce, A. (1997). Reliability analysis of electric utility SCADA systems. *IEEE Xplore Digital library*.
- Campos, A., & Pazmiño, R. (2013). *Diseñar e implementar un módulo de pruebas para el control de procesos oleo hidráulicos industriales mediante PLC's*. Retrieved junio 14, 2016, from Dspace: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/2895>
- Carden, F., Jedlicka, R., & Henry, R. (2002). *Telemetry systems engineering*. Boston: Artech House.
- Choi, D., Lee, S., Won, D., & Kim, S. (2009). Efficient Secure Group Communications for SCADA. *IEEE Transactions on Power Delivery* .

- Clemmens, & Strand, R. (2010). American society of civil engineers. *Application of Software for Automatic Canal Management (SacMan) to the WM Lateral Canal*.
- Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Marcombo.
- Davidson, E. M., & McArthur, S. D. (2009). Applying Multi-Agent System Technology. *IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS*.
- Ecuador, C. d. (1995, mayo 11). *Ley de Modernización del Estado*. Quito, Ecuador.
- Empresa Pública del Agua. (2015, marzo 02). *Empresa Pública del Agua*. Retrieved junio 04, 2016, from <http://www.empresaagua.gob.ec/con-el-proyecto-rio-bulubulu-el-pais-dejara-de-perder-9-5-dolares-en-remediaciones-emergentes/>
- García, A. (2005). *El control automático en la industria*. Murcia: Compobell.
- García, J. (2008). *Academia*. Retrieved julio 10, 2016, from http://www.academia.edu/7885227/Sistemas_de_control_-_lazo_abierto_-_lazo_cerrado
- Jack, H. (2010). Automating Manufacturing Systems with PLCs. In H. Jack. Creative Commons.
- Lakhoua, M. (2009). Application of functional analysis on a Scada system of a Thermal power plant. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 9.
- Martin, D. (2014). Hardware-in-the-loop for power and telecommunications co-simulation with applications. *IEEE Xplore Digital Library*.
- Molina, J., & Quezada, D. (2015). Análisis operativo-comercial de la Implementación del Sistema. *Revista técnica energía*. Retrieved julio 14, 2016, from http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42543059/TRABAJO_T

ECNICO_SACADA_MOLINA_QUEZADA_corregido_1.pdf?AWSAccess
KeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1471135741&Signature=e
QeqSp2U4y%2F6yEHqu1CycCOJ0ak%3D&response-content-
disposition=inline%3B%20filena

Oman, P., & Schweitzer, E. O. (2001). Concerns About Intrusions Into. *Advances in electrical and computer engineering*, 17.

Rockwell Automation. (2011). *Rockwell Automation*. Retrieved junio 20, 2016, from https://www.rockwellautomation.com/resources/downloads/rockwellautomation/pdf/events/automation-fair/2011/psug/afpsug11_ed16.pdf

Rodríguez, A. (2007). *Sistemas Scada*. Barcelona: Marcombo, Ediciones Técnicas.

Shang, Y., Rogers, P., & Wang, G. (2012). Design and evaluation of control systems for a real canal. *Science China Technological Sciences*.

Vancouver, W. (2005). *SCADA and Related Technologies*. California: U.S. Committee on Irrigation and Drainage.

Yuyan, Z. (2014). Effects of Distributed Antenas of LAS-CDMA. *IEEE Xplore Digital Library*.



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **SILVA PEREZ FREDDY RAFAEL** con C.C: # **092562869-5** autor del Trabajo de Titulación: **Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 13 de Septiembre de 2016

f. _____

Nombre: SILVA PEREZ, FREDDY RAFAEL

C.C: 092562869-5

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño del sistema de telecontrol y monitoreo basado en el uso de telemetría aplicado en la apertura de compuertas del sistema hídrico Bulubulu.		
AUTOR(ES)	SILVA PEREZ FREDDY RAFAEL		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	M. Sc. EDWIN F. PALACIOS MELÉNDEZ		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Telecomunicaciones		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Telecomunicaciones		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	13 de Septiembre de 2016	No. DE PÁGINAS:	85
ÁREAS TEMÁTICAS:	Análisis del sistema de telemetría aplicada a las telecomunicaciones, diseño de antenas y repetidoras.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	HIDROGRÁFICA; COMPUERTAS; TELEMETRÍA; SCADA; SISTEMAS REMOTOS; COMUNICACIÓN; EMBALSE.		
RESUMEN/ABSTRACT (190-210 palabras):			
<p>La zona hidrográfica de las provincias del Guayas y del Azuay establece un gran potencial para el incremento del país, sin embargo enfrenta un mayor crecimiento de caudal debido a las continuas lluvias por lo cual finalizan la mayor parte en inundaciones, causando una mayor pérdida en los sectores de la economía, el agro y social. Por ende, el actual trabajo teniendo en cuenta la situación problematizante explicada en el párrafo anterior manifiesta cómo se optimiza el sistema hidráulico capturando las señales de las entradas y procesando la activación de todos los equipos de control de las compuertas mediante una red de autómatas programables ubicadas en cada embalse, que a su vez estos se comunican mediante una red de telemetría, la cual brinda una transmisión a grandes distancias, instaladas en lugares máximos de elevación, que emplea antenas y repetidoras por la distancia y dificultad de comunicación entre cada una de los embalses. Además de considerar todos los sistemas de seguridad, también contempla la opción de monitorear el mantenimiento de los equipos instalados en campo. Finalmente, se establece como toda esta gran red es posible supervisarla mediante un sistema Scada donde no solo tienen acceso los operadores, sino también la parte administrativa la cual realiza registro que ayudaran a elaborar un plan operativo para futuras temporadas de lluvias.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 980155856	E-mail: rafa19862009@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Palacios Meléndez Edwin Fernando		
	Teléfono: +593-9-68366762		
	E-mail: edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			