

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL
DE COMPUERTAS BOCATOMA "LA HUACA"
PROYECTO ESPECIAL CHINECAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
JORGE EDUARDO ROSSI ROMERO**

**PROMOCIÓN
1980-I**

**LIMA - PERÚ
2003**

Este trabajo representa el último peldaño de una serie de acontecimientos y vivencias por la culminación de un sueño largamente anhelado

Quiero dar Gracias:

En primer lugar a Dios, por permitirme alcanzar este objetivo y poderlo realizar al lado de mis padres, que gracias a El, viven conmigo.

A mis padres, por su incansable esfuerzo para darme la formación universitaria y su abnegada comprensión durante todos estos años.

A mis hermanos por su aliento y cariño, en especial a mi hermana Rosa por su invalorable y permanente apoyo.

A mis hijos por ser mi NORTE permanente y la principal razón de mi vida.

A los buenos amigos que he encontrado en mi camino.

A todos ellos les dedico este pequeño trabajo y mi compromiso de ser mejor cada día.

OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS

BOCATOMA “LA HUACA”

PROYECTO ESPECIAL CHINECAS

SUMARIO

En este trabajo se presenta la propuesta para optimizar el sistema de control de compuertas de la Bocatoma “La Huaca” del Proyecto Especial CHINECAS.

El capítulo I contiene una descripción de la instalación existente, antecedentes y las principales características del sistema de control y de sus componentes.

En el capítulo II se da a conocer el análisis de la problemática y las alternativas de solución, con sus alcances, consideraciones técnicas y económicas.

En el capítulo III se presenta la ingeniería básica, desarrollando dos de las tres etapas que conforman la optimización del sistema de control de compuertas. La Etapa I plantea dotar a la Sala de Control de un suministro eléctrico de calidad. La Etapa II comprende la optimización propiamente dicha (para efectos prácticos y operativos para el P. E. CHINECAS), involucra el reemplazo del hardware defectuoso o desfasado tecnológicamente con otro moderno basado en la tecnología del PLC, y la instalación de un nuevo software para mejorar la supervisión, control y adquisición de datos. La Etapa III que corresponde al radio enlace y telecontrol, solo se menciona, para tener una visión integral del futuro sistema de control de la infraestructura hidráulica mayor de riego del P.E. CHINECAS.

CONTENIDO

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Objetivos del Sistema de Control de Compuertas EXI	7
1.3 Características físicas del sistema a ser controlado	8
1.4 Principales características del sistema de control	8
1.4.1 Modos de operación del sistema de control	8
1.4.2 Reportes	8
1.4.3 Año de Instalación y puesta en servicio	9
1.5 Equipamiento actual	9
1.5.1 Hardware	9
1.5.2 Software	10
1.6 Características Técnicas de los principales componentes	10
1.6.1 Unidad de Control Central UCC 03 (CPU-386)	10
1.6.2 Procesador de Señales Analógicas AD-810	11

1.6.3	Interfase ADAM 4520	12
1.6.4	Tarjeta de Interfase IRL	12
1.6.5	Display Serial DPY750 (Pantallas DPY)	14
1.6.6	Lector Local LL-12	15
1.6.7	Limnómetro LN-22 (codificador digital de nivel)	18
1.6.8	Transmisor de posición angular	22
1.7	Diagrama de bloques del sistema de control	22
1.8	Esquema de la configuración del sistema de control	23
1.9	Operación del sistema de control	23

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

		24
2.1	Estado actual del sistema de control	25
2.2	Resumen de fallas del sistema de control	25
2.3	Resultados de la inspección en el sitio	27
2.4	Conclusiones y recomendaciones	27
	2.4.1 Conclusiones	27
	2.4.2 Recomendaciones	29
2.5	Alternativa A : Optimización	30
	2.5.1 Objetivo	30
	2.5.2 Alcances	30
	2.5.3 Consideraciones técnicas	31
	2.5.4 Consideraciones económicas	32

2.6	Alternativa B : Mantenimiento correctivo	33
2.6.1	Alcances	33
2.6.2	Consideraciones técnicas	33
2.6.3	Consideraciones económicas	34
2.7	Selección de la mejor alternativa	35

CAPÍTULO III

INGENIERÍA BÁSICA PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE

CONTROL 36

3.1 Generalidades 36

3.2 Etapa I : Dotar a la Sala de Control de suministro eléctrico de calidad 36

3.2.1 Objetivo 36

3.2.2 Alcances 37

3.2.3 Argumentación técnica para la adquisición del UPS 37

3.2.4 Dimensionamiento del UPS 38

3.2.5 Selección del UPS 40

3.2.6 Esquema de la configuración interna del sistema seleccionado 41

3.3 Etapa II : Optimización básica 41

3.3.1 Objetivo 41

3.3.2 Alcances 41

3.3.3 Identificación de componentes a reemplazar 41

3.3.4 Proceso de Selección del hardware y software sistema de control 42

3.3.5 Descripción de los trabajos 43

3.3.6 Operación del sistema de control optimizado 44

3.3.7	Diagrama de bloques del sistema de control optimizado	45
3.3.8	Esquema de la configuración del sistema de control optimizado	45
3.3.9	Descripción del software SCADA	45
3.4	Etapa III : Radio enlace y Telecontrol	49
3.4.1	Objetivo	49
3.4.2	Alcance	49
3.4.3	Esquema de la configuración del sistema	50
3.5	Especificaciones técnicas del suministro	50
3.5.1	Sistema de Potencia Ininterrumpida (UPS)	50
3.5.2	Controlador Lógico Programable (PLC)	52
3.5.3	Transmisor de nivel	54
3.5.4	Monitor de PC	55
3.5.5	Cable UTP (Unshielded Twisted Pair)	55
3.5.6	Protocolo de comunicación	56
3.5.7	Software de Supervisión, Control y Adquisición de Datos	56
3.6	Especificaciones Técnicas de Montaje	58
3.6.1	Generalidades	58
3.6.2	Normas	58
3.6.3	Entrega, manipuleo y almacenamiento	58
3.6.4	Instalación	58
3.6.5	Orden y limpieza	59
3.6.6	Identificación	59
3.6.7	Pruebas y puesta en servicio	59
3.6.8	Garantía	60

3.6.9	Información técnica	60
3.6.10	Capacitación	61
3.6.11	Recepción de obra	61
3.7	Metrado y presupuesto	62
3.8	Figuras	64
CONCLUSIONES		72
ANEXOS		74
ANEXO I	: FALLAS IMPORTANTES EN EL SISTEMA DE CONTROL EXI	75
ANEXO II	: REPORTE HÍDRICOS E HIDRÁULICOS – SOFTWARE DE CONTROL ACTUAL Y OPTIMIZADO	80
ANEXO III	: SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS EXI	97
ANEXO IV	: DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL OPTIMIZADO	113
ANEXO V	: FOTOGRAFÍAS DE LA BOCATOMA “LA HUACA” Y DEL EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL	122
ANEXO VI	: DISTURBIOS ELÉCTRICOS, CAUSAS, SÍNTOMAS Y SOLUCIONES	140
ANEXO VII	: TIPOS DE TECNOLOGÍAS EN UPS	146
ANEXO VIII	: LÁMINAS	157
	LÁMINA N° SCC-L01 : ESQUEMA GENERAL BOCATOMA “LA HUACA”	158

LÁMINA N° SCC-L02 : DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE CONTROL ACTUAL	159
LÁMINA N° SCC-L03 : CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ACTUAL	160
LÁMINA N° SCC-L04 : CONFIGURACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TRUE ON LINE – UPS	161
LÁMINA N° SCC-L05 : DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE CONTROL OPTIMIZADO	162
LÁMINA N° SCC-L06 : CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL OPTIMIZADO	163
LÁMINA N° SCC-L07-1/2: CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE Y TELECONTROL	164
LÁMINA N° SCC-L07-2/2: CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE Y TELECONTROL	165
BIBLIOGRAFÍA	166

PRÓLOGO

La Supervisión y Control de procesos y sistemas industriales pequeños o grandes (como la infraestructura mecánico-hidráulica de una bocatoma), cada día más sofisticados por los avances tecnológicos de un mundo globalizado, se convierte en una necesidad de las empresas, privadas o estatales, que desean lograr mayor productividad y competitividad que les permita subsistir, proyectarse o consolidarse en el mercado nacional o internacional.

En los más modernos sistemas de automatización, el control es realizado por Controladores Lógicos Programables (PLC) con el apoyo de sensores que le permiten percibir cambios de los diferentes parámetros de un proceso (temperatura, volumen, caudal, voltaje o corriente eléctrica, y otros) y realizar los ajustes necesarios para poder compensar estos cambios. Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas medición, evaluación y control.

Por eso, para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe estar apto para medir aquellos cambios físicos. Por ejemplo, si el nivel del río varia, esta variación debe ser registrada inmediatamente por un sensor de nivel, esta medida suministra al sistema la información necesaria para que el sistema de control actúe y además esta información es enviada como dato al ingreso del mismo (esta etapa del sistema se denominada Retroalimentación - FEEDBACK).

La información obtenida es evaluada para determinar si se debe llevar a cabo o no una acción. Por ejemplo, si aumenta el caudal y el nivel del río varia, el sistema evalúa si esta variación esta dentro del rango establecido (máximo, mínimo) donde se deba realizar o no el accionamiento de una o varias compuertas que permita mantener el SET POINT (Punto Predeterminado) del nivel de río.

El último paso de la automatización es el control, que es la acción resultante de las etapas de medición y evaluación. Continuando el ejemplo de la operación anterior, una vez que se determina cuanto se tiene que abrir o cerrar la compuerta, estas son accionadas (el sistema de control actúa sobre el mando de potencia y actuadores respectivos). Un sistema puede involucrar la interacción de más de un vuelta de control (CONTROL LOOP).

Los sistemas basados en controladores lógicos programables son rentables para el control tanto de sistemas pequeños como grandes debido a que son modulares, escalables y flexibles.

El estado actual de la tecnología de los controladores programables ha progresado hasta el punto en el que la implementación ya no es un problema. Se pueden fácilmente enlazar sistemas de control sofisticados con equipos de diferentes marcas. Por ejemplo, a menudo se puede integrar un sistema basado en controladores programables en una red de sistemas de cómputo de un fabricante particular mediante el uso de un protocolo estándar de comunicaciones desarrollado por otro fabricante y utilizar una interfase DSC/PLC (Sistema de control Distribuido/Controlador Lógico Programable) desarrollada por otros fabricantes.

La aplicación de un software específico proporciona el acceso en tiempo real para la supervisión y control de operaciones típicas de los diferentes procesos industriales (mezclado, bombeo, acomodo y ordenamiento de productos, etc), así como el control de grandes sistemas como por ejemplo un sistema hidráulico. Del mismo modo permite la consulta de datos históricos para el control estadístico del proceso (SPC), y la generación de reportes.

Con este marco empresarial y tecnológico, se propone realizar la optimización del sistema de control de compuertas de la bocatoma “La Huaca” del P.E. CHINECAS, pues sin duda que el manejo de una mejor y oportuna información de los parámetros hídricos e hidráulicos (en tiempo real e históricos) desde la captación hasta la distribución del recurso hídrico, así como la eficiente operación de las compuertas permitirán mejorar, en gran medida, la oferta del recurso hídrico con los objetivos de satisfacer la demanda total proyectada (cuando se sirvan todos los terrenos cultivables de los valles de Chimbote, Nepeña, Casma y Sechín) e implementar los

mecanismos para el autofinanciamiento de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica mayor de riego del P.E. CHINECAS.

El presente Informe de Suficiencia tiene el propósito de dar a conocer el trabajo de ingeniería que realice para la Dirección de Operación y Mantenimiento del Proyecto Especial CHINECAS, con la finalidad de optimizar el Sistema de Control de Compuertas perteneciente a la Bocatoma “La Huaca” (infraestructura hidráulica mayor de riego de este Proyecto). Este trabajo fue aprobado en Febrero del año 2002, proyectándose ejecutar las dos primeras etapas con la partida presupuestaria del mismo año.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN EXISTENTE

1.1 Antecedentes

La Bocatoma “La Huaca” es parte de la infraestructura hidráulica de riego del proyecto hidroenergético denominado Proyecto Especial CHINECAS (Chimbote, Nepeña, Casma y Sechín) y se encuentra ubicada a 240 m.s.n.m. en la margen izquierda del río Santa (uno de los ríos más importantes de la costa peruana), Provincia de Santa, Departamento de Ancash, Región Chavín. En la primera parte del Anexo V, se muestran fotografías con vistas de la Bocatoma.

El sistema de control forma parte de un sistema integral electro – hidráulico (SISTEMA EXI) que se encarga de la operación de las compuertas de la Bocatoma “La Huaca”.

El año 1996 se instaló y se puso en servicio el Sistema de Control de Compuertas de la Bocatoma “La Huaca” con un hardware con tecnología de tarjetas electrónicas de control (circuitos integrados y microprocesadores) complementada con una PC 386 – DX33, y un software en ambiente del sistema operativo D.O.S.. Este trabajo fue realizado por la empresa brasileña

EXI SISTEMAS ELECTRÓNICOS Ltda., subcontratada por una empresa peruana responsable de la construcción de la Bocatoma; el equipamiento fue suministrado íntegramente por esta empresa, algunos componentes fueron diseñados y fabricados exclusivamente para este proyecto.

A la fecha de la puesta en servicio de este sistema de control, su tecnología ya se encontraba desfasada en mas de 10 años con respecto a otras tecnologías como la del PLC (Controlador lógico programable). Como referencia se puede citar el sistema de control de compuertas de la Bocatoma “La Víbora” (perteneciente también al P.E. CHINECAS) instalado el mismo año 1996, con un PLC modular y un software en entorno Windows; la construcción de esta otra bocatoma fue realizada por la empresa brasileña ODEBRECH.

Desde la puesta en operación del sistema de control EXI, se presentaron problemas con la operatividad de varios de sus componentes electrónicos (en el Anexo I se presentan las fallas más importantes producidas durante todos los años de operación de este sistema de control), motivando una dependencia exclusiva con la empresa EXI, habiéndose contratado sus servicios hasta en dos oportunidades (gastándose en cada una de estas reparaciones alrededor de US \$ 8 000) y con preparativos para contratar sus servicios para el año 2002, con un monto aproximado de US \$ 13 000.

Se decidió optimizar el sistema de control luego de evaluar las condiciones técnicas de operación en la que se encontraban los equipos, los cuales evidenciaban, en algunos casos, obsolescencia; así como fallas continuas en otros. Esta situación, estaba ocasionado importantes gastos (no inversión) por que se tenía que recurrir a los servicios de personal técnico de Brasil para efectuar las reparaciones que involucraban reemplazo o cambio de dispositivos; generando una dependencia tecnológica innecesaria e improductiva, toda vez que estos trabajos solo eran correctivos manteniendo el mismo hardware y software.

Finalmente, se prepararon los términos de referencia, que permitieron efectuar la convocatoria y selección del proveedor de los suministros y servicios.

A la fecha de elaboración de el presente informe la optimización del sistema de control en referencia, se viene ejecutando en su segunda etapa.

1.2 Objetivos del Sistema de Control de Compuertas EXI

El sistema de control actual tiene por objetivos:

- * Mantener el nivel del reservorio (embalse del río) estable en la cota de referencia mediante el accionamiento de las compuertas de alivio (5) y limpieza (1).
- * Mantener en el canal de aducción (captación) un caudal determinado por la demanda del recurso hídrico, a través del movimiento de las compuertas verticales de regulación.

1.3 Características físicas del sistema a ser controlado

- * Reservoirio (embalse del río) de área relativamente pequeña (10×10^4 m²), sometido a caudales de entrada con grandes variaciones, de manera extremadamente rápidas. El reservorio tiene poca capacidad de regulación, tornándose en un sistema de respuesta rápida.
- * El canal puede ser considerado como un sistema de respuesta lenta, en vista de que los tiempos de maniobra de compuertas son bastante inferiores a los de variación de caudal de captación, considerando la variación del nivel del reservorio.

En la lámina N° SCC-L01 del Anexo VIII se muestra el Esquema General del sistema hidráulico de la bocatoma “La Huaca”.

1.4 Principales características del sistema de control

1.4.1 Modos de Operación del Sistema de Control

- * Modo Manual
- * Modo Local
- * Modo Remoto
- * Modo Automático

1.4.2 Reportes

El reporte que emite el software se imprime cada 24 horas y contiene los siguientes parámetros (que son almacenados cada 10 minutos):

- Hora
- Nivel del río
- Caudal del río

- Tirante del canal
- Caudal del canal
- Las alturas (en metros) de aberturas de cada compuerta (Aliviaderos, limpia y de captación)
- Set Point del nivel del río

En la primera parte del ANEXO II se presentan copias de estos reportes.

1.4.3 Año de instalación y puesta en servicio

Este sistema de control fue instalado y puesto en operación el año 1996.

1.5 Equipamiento Actual

1.5.1 Hardware:

- Unidad de Control Central CPU-386 (UCC 03)
- Procesador de Señales Analógicas AD810
- Interfase ADAM 4520
- Tarjeta de Interfase IRL1 (placa de entrada y salida digital).
- Tarjeta de Interfase IRL2 (placa de entrada y salida digital).
- Pantallas DPY (unidades display LCD con back-light para panel)
- Lector Local LL-12 (interfase con los limnímetros)
- Limnímetros 1 y 2
- Sensores de Posición
- Fines de Curso
- Fuente de Alimentación CP TRONIC (220Vac/24Vdc)
- Fuente de Alimentación FA24B (24Vdc/12-5Vdc)
- Teclado – Display

- Impresora

Todo este hardware esta instalado dentro de un tablero metálico autosoportado, a excepción de los limnímetros y sensores de posición, los cuales están en el sitio de operación respectivo (compuertas, embalse de río y canal).

1.5.2 Software:

El software opera en el entorno del sistema operativo D.O.S.

El sistema de control esta, en realidad, compuesto de dos subsistemas independientes, implementados a través de mallas de control PID digitales:

"Control de Nivel del Reservorio" (que corresponde al accionamiento de las 5 compuertas de alivio y de la compuerta de limpieza)

"Control de Caudal por el Canal" (a través de las compuertas de regulación).

1.6 Características técnicas de los principales componentes

A continuación se presentan las características técnicas de los principales componentes del sistema de control actual, en base a la información técnica que se pudo encontrar en el P.E. CHINECAS (Manuales de operación y mantenimiento, y algunos catálogos)

1.6.1 Unidad de Control Central UCC 03 (CPU-386)

La UCC 03 no es mas que una computadora 386 DX33 con 4 MB de memoria RAM, con todas las interfases convencionales (salida RS232C, Display con teclado, tarjeta de video VGA, Disk Drive, disco

duro IDE), El Display LCD opera por la interfase serial COM1, y por la interfase serial COM2 se enlaza con la red en formato 485, mediante la interfase ADAM RS485 (red que conforman las tarjetas de interfase E/S digitales IRL, el Procesador de Entradas Analógicas AD810, y los Paneles Displays DPY750). El sistema operativo es en DOS 6.22.

Ejecuta las rutinas de control de las compuertas, permitiendo la alteración de los niveles de referencia y otros parámetros que sean definidos

1.6.2 Procesador de Señales Analógicas AD-810

Dispone de ocho entradas analógicas de corriente (4 a 20 mA), con tierra común y alimentación de loop interna (24 V). Un conversor analógico / digital de 10 bits, con precisión de 0.1 % +- 1 dígito. Programación, mediante el panel, de cada entrada individual (fondo de escala, cero, etc.) . Interfase de comunicación RS485.

El indicador de posición de compuertas **AD-810** es un equipo que permite calcular la abertura lineal de hasta ocho compuertas del tipo radial o verticales a partir de medición de posición angular (para compuertas radiales) o posición lineal (para compuertas verticales).

Las medidas de posición angular pueden ser transmitidas por transductores con salidas en corriente (de 4 a 20 mA) o tensión (de 0 a 10 V). Aparte el **AD-810** es capaz de hacer ajustes lineales sobre las mediciones transmitidas por los transductores, presentando las medidas

en escala de ingeniería (metros). Para medidas angulares, el AD-810 es capaz de hacer la linealización de la medida y calcular aberturas lineales en función de la geometría de la compuerta, suministrada por intermedio de parámetros de programación.

1.6.3 Interfase ADAM 4520

Convierte las señales del formato RS 232C (puerto serial COM2 de la UCC03) al formato RS 485, y permite el enlace de la UCC03 mediante el bus de comunicación RS 485 con todos los dispositivos conectados a este (tarjetas de interfase E/S digitales IRL, el Procesador de Entradas Analógicas AD810, y los Paneles Displays DPY750).

1.6.4 Tarjeta de Interfase IRL

La IRL es una interfase de entrada y salida digital con comunicación serial, con las siguientes características:

- 12 entradas digitales aisladas por acoplador óptico (600V); monitoreo del estado de cada entrada por LED;
- 12 salidas digitales a relé (1 contacto reversible, 10A/250V);
- Interfase de comunicación serial RS485 (multipunto dirigidos); tasa de 1200 bps;
- Distancias máximas del equipo transmisor de 1500m para RS485 y cable torcido (“twisted pair”) con terminación de 150W;
- Dirección para red RS485 programable de 00H hasta FFH por software y almacenado en ROM; para esta aplicación son utilizadas las direcciones 70H (subsistema barraje) y 71H (subsistema canal);

- Alimentación en 24Vcc; consumo máximo 400mA (todos los relés accionados, todas las entradas accionadas);
- Power-on reset;
- Indicación de comunicación (TxD, RxD, RTS) por LED's en la interfase;
- Watch-dog (todos los relés son desarmados en caso de pérdida de comunicación).

Formato del mensaje:

La IRL acepta dos tipos de operación:

1. Lectura del estado de las entradas;
2. Accionamiento de relés.

En ambos casos, las informaciones de encriptación o lectura son transmitidos en ASCII, siendo que el byte más significativo correspondiente a las entradas o salidas de 1 a 8 y el menos significativo los cuatro últimos (9 a 12).

Protocolo de comunicación:

- **Lectura de estados:** La transmisión por la UCC del mensaje de lectura de estados de las entradas obedece al siguiente formato:

<STX>[End_H][End_L][CommL] <ETX>[CKS_H][CKS_L]

- **Accionamiento de relés:** Análogamente, para el accionamiento de relés, el mensaje será en el formato:

<STX>>[End_H][End_L][Comm_H][Comm_L][Dado₁][Dado₂]

[Dado₃][Dado₄]<ETX>[CKS_H][CKS_L]

1.6.5 DISPLAY SERIAL DPY750 (Pantallas DPY)

El DPY750 es una unidad de display a LED (7 segmentos más punto decimal) con comunicación serial, destinada a la presentación de informaciones numéricas a distancia. Sus principales características son las siguientes:

- display LED con 6 dígitos de 1/2" (12,7 mm) de altura y largo del trazo de dígito de 1,2 mm; permite la lectura a una distancia de 8 metros para visión normal (1minuto de arco y separación de 2,5 mm).
- Interfase de comunicación serial RS485 (multipunto); tasa de 1200 bps.
- Distancia máxima del equipo transmisor de 1500m para RS485 y cable torcido ("twisted pair") con terminación de 150W.
- Dirección para red RS485 programable de 00H hasta FFH por software, almacenamiento en RAM no volátil.
- Alimentación en 5Vcc, consumo máximo 400mA (todos los segmentos y puntos decimales encendidos, consumo en reposo 20mA)
- Power – on reset.
- Indicación de comunicación (mensaje recibido) por LED en el papel.

* **Formato del mensaje:**

El DPY750 esta destinado a la presentación de informaciones numéricas, aceptando mensajes que contengan los caracteres

numéricos (“0” a “9”), el señal negativo (“-”), punto decimal (“.”) o coma (“,”). Los demás caracteres no son disponibles para la presentación.

*** Protocolo de comunicación:**

La transmisión del mensaje padrón obedece al siguiente formato:

```
<STX>[Dirección][Comando][Informe1][Informe2].....Informen]  
<ETX>
```

1.6.6 Lector Local LL-12

El Lector Local LL-12 es un instrumento de panel, dedicado a lectura y presentación de medidas de nivel de líquidos en barrajes, reservorios, estanques, esclusas y similares. Las medidas del nivel son hechas por limnímetros ópticos de valor absoluto (transductores de nivel) modelo EXI LN-22 (operando con flotador y contrapeso) que se conectan al Lector Local. Un Lector Local puede presentar las medidas obtenidas de hasta dos limnímetros LN-22.

Las medidas son presentadas en el panel frontal del LL-12 en dos displays de LEDs de 6 dígitos cada uno. Las medidas presentadas son: BOCATOMA (limnómetro situado en el barraje) y CANAL (limnómetro situado en la salida del barraje, normalmente en el canal de escape). Las medidas son siempre presentadas con resolución de centímetros y unidades en metros. Las lecturas son obtenidas cada 5 segundos o menos e inmediatamente registradas en el respectivo display.

Las medidas pueden ser presentadas en valor absoluto (nivel medido directamente por el transductor, que corresponde al valor leído en la regla limnimétrica del local de medida) o pueden ser sumadas a las cotas de referencia (altura topográfica del fondo del reservorio).

La operación del lector local LL-12 es continua a partir de su energización, no requiriendo ajustes o calibraciones periódicas.

El lector local LL-12 tiene las siguientes salidas de comunicación:

Salida de comunicación serial RS -232C para interconexión del LL-12 con otros equipos de control.

Salida de comunicación serial RS-485 para interconexión entre el BUS de comunicación, interconectando varios lectores locales LL-12 con otros equipos de control (UTR, PLCs, PCs., etc).

Salida de contactos (relés) para señalización de alarma de nivel o para comando de apertura de compuertas.

Características Técnicas

*** Eléctricas:**

- Alimentación: 24Vcc
- Consumo: máximo 400mA
- Display: Tres displays numéricos de 6 dígitos, LED rojo, 7 segmentos + punto decimal,
- Altura del dígito: 1/2''
- Interfase para lectura de limnómetro LN-22
- Interfase para dos limnómetros ópticos LN-22.

- Alimentación de los LN-22: común, 12Vcc, accionamiento por transistor.
- Corriente de transmisión: 4/20mA, máx. 100mA.
- Salidas Seriales: padrón RS-323C y RS-485, tasas de 150 a 9600 bps
- Opciones de Programación:
 - * Por hardware (jumpers internos)
 - Indicación absoluta (sin cota de referencia) o con cota de referencia adicional (esta opción, cuando esta activada, es aplicada a ambas lecturas).
 - Número de la configuración local. Este número indica el local (entre 8 posibilidades) de instalación del Lector Local LL-12. En la configuración local son definidos por “firmware” diversos parámetros de operación particularizados, así como cotas de referencia, operación NORMAL o REVERSA de los limnímetros, fondos de escala de los limnímetros, utilización o no de salidas analógicas de conversor digital-analógico DA-01, etc.
 - * Por software (“firmware”):
 - Cota de referencia para BOCATOMA y CANAL.
 - Otras configuraciones particulares del local de instalación, seleccionables, entre 8 configuraciones posibles.
- Interconexiones: por bornes con tornillos, en el panel trasero.

* **Mecánicas**

- Dimensiones: (98x98x130)mm (AxLxP)
- Acabado:
 - Caja: en polipropileno negro opaco.
 - Panel: en membrana de policarbonato opaco., con ventanas rojas para los displays.

* **Físicas:**

- Temperatura de operación: 0 a 60 °C
- Humedad relativa: 20% a 90% (sin condensación)

El LL-12 tiene un microcontrolador, circuitos auxiliares de memoria e interfases, además tres displays numéricos de 6 dígitos, 7 segmentos + punto decimal (LED rojo). El “firmware” para la ejecución de las funciones del LL-12 está contenido en una EPROM de 32 Kbytes.

Puede ser alimentado por una de estas tensiones 12/24/48/24 Vcc o 110/220 Vca que proviene de la fuente de alimentación externa. En caso de tensiones de alimentación diferentes 12Vcc, el LL-12 tiene internamente una fuente aislada. Para este suministro se utiliza la tensión de 24Vcc.

Condiciones anormales (que pueden significar defectos en los transductores o en los cables de interconexión entre estos y el LL-12) son indicados en el display como mensaje de error.

1.6.7 Limnómetro LN-22 (codificador digital de nivel)

Codifica mecánicamente el nivel a ser medido, con resolución de 1 cm.

La lectura es hecha a través de un lector local LL-12, por medio de un

par de cables flexibles siendo la señal transmitida en loop de corriente con modulación PWM

El limnómetro óptico está formado por una única unidad, cerrada en fábrica para garantizar el grado de protección ambiental requerido. Externamente está disponible un cable para interconexión eléctrica del instrumento y dos poleas para soporte del cable de acero que enlaza el flotador y el contrapeso.

El limnómetro óptico EXI LN-22 es un equipo que tiene buena resistencia a la intemperie, bajo mantenimiento y bajo consumo. Opera con el principio de flotador y contrapeso.

La lectura óptica del código impreso en discos se traduce en una mecánica simple y confiable, no requiriendo ajustes o lubricación periódica.

Las medidas de nivel de agua, en valor absoluto, son efectuadas a partir de un sistema de flotador y contrapeso adaptados a un transductor rotativo de posición, a través de una polea.

Características Técnicas

*** Especificaciones Funcionales**

Modelo	LN - 22/05
Fondo de escala	511 cm
Resolución (11bits = 2048 divisiones)	0.25 cm
Precisión estándar (0,5% F.S.)	±1,3 cm

Alta Precisión (0,1% F.S.)	± 0.25 cm
Error de lectura total máximo	
Precisión estándar (0,5% F.S.)	± 1 cm
Alta Precisión (0,1% F.S.)	± 1 cm
Error de linealidad (absoluta)	< 1 cm
Error inversión de sentido (Backlash)	< 1 cm
Error de repetición (10.000 horas)	< 1 cm
Error dilatación térmica ($25 \pm 10^{\circ}\text{C}$)	< 1 cm

* **Especificaciones Eléctricas:**

Alimentación equipo lector	10 - 15 Vcc
Consumo máx. durante lectura	100 ma
Capacidad máx. Admisible en el cable	150 nf
Resistencia máx. Admisible en el cable	2 x 40 ohm
Sección del cable de interconexión	2 x 0,5 mm ²
Distancia máx. equipo lector (12Vcc)	0,5 Km

* **Especificaciones Mecánicas**

Dimensiones

Largo	295 mm
Ancho	169 mm
Alto	150 mm

Pesos

Ln-22	5,0 Kg
Flotador (sin lastre)	0,5 Kg
Contrapeso	0,6 Kg

Lastre del flotador		0,8 Kg
Diámetro de cable de acero(nominal)		0,75 mm
Carga mínima de ruptura del cable		15 Kg
* Materiales:	Materia prima	Acabado
Caja	Poliéster / fibra vidrio	Color ceniza claro
Poleas, estructuras de soporte de ejes y base de la caja	Duraluminio	Anodizado
Ejes	Acero Inox. AISI 304	Pulido
Engranajes	Bronce	Níquel Electrolítico
Codificador	PVC / Aluminio	Poliuretano negro
Flotador y contrapeso	Acero Inox. AISI 304	Pulido
Lastre del flotador	Aceite SAE 30	
Cable de acero	Inox. AISI 304	Capa de PVC
* Físicas		
Grado de Protección (norma IEC 529:1976 / DIN 0050:1980)		
Versión estándar		IP-54
Versión "heavy - duty"		IP-65
Temperatura de Operación		0 a +60°C
Humedad relativa		
IP-54		10 - 90%
IP-65		10 - 100%

1.6.8 Transmisor de posición angular

Marca : Rittmeyer

Modelo : Rivert

Tipo : GVI

Características Técnicas

* Eléctricas:

- Alimentación: 24 – 48 Vcc , tolerancia: -15% +20%
- Tensión de Prueba : 500 V 50 Hz 1 min
- Linealidad : < 0.3%
- Corriente de transmisión: 4/20mA.
- Interconexiones: por bornes con tornillos, en el panel trasero.

* Mecánicas

- Dimensiones: (145mm interior, 186mm exterior, 175mm largo)
- Protección IP 67
- Acabado Caja metálica.

* Físicas:

- Temperatura de operación: -20 a 60 °C
- Humedad relativa : 20% a 90%
- Posición de montaje : Horizontal

1.7 Diagrama de bloques del sistema de control

El diagrama de bloques se muestra en la lámina N° SCC – L02 del Anexo VIII.

1.8 Esquema de la configuración del sistema de control

El esquema de la configuración del sistema de control se muestra en la lámina N° SCC – L03 del Anexo VIII.

1.9 Operación del sistema de control

El control digital esta basado en muestreos de todas las entradas de forma asíncrona y secuencial.

La lógica de control de este sistema, control de nivel del reservorio (embalse del río) y control de nivel del canal, incluye rutinas de control tales como coeficiente proporcional, coeficiente integral, coeficiente diferencial, banda muerta, tiempos de movimiento, áreas variables de superficie, etc.

En el Anexo III se presenta con detalle la operación del sistema de control actual, con las particularidades del software del Sistema EXI.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

2.1 Estado actual del sistema de control

El Sistema de Control EXI se encuentra parcialmente operativo, el detalle es el siguiente:

* **Hardware:**

Unidad de Control Central (UCC 03) : Parcialmente operativa, no visualiza ni almacena datos (caudales del río y canal)

Procesador de Señales Analógicas AD810 : Operativo

Interfase ADAM : En Servicio parcial, se debe comprobar su operatividad con todos los componentes instalados en el circuito.

Tarjeta de Interfase IRL1 : Fuera de servicio, desconectada por ruido en relés.

Tarjeta de Interfase IRL2 : En Servicio parcial, se debe comprobar su operatividad con todos los componentes instalados en el circuito.

Pantallas DPY : Operativas

- Lector Local LL-12: Fuera de Servicio (se funde fusible de protección).
- Limnímetros : Operativos
- Fuente de Alimentación CP TRONIC (220Vac/24Vdc) : Opera con desperfectos
- Fuente de Alimentación FA24B (24Vdc/12-5Vdc) : Opera con desperfectos
- * **Software:**
- El modo AUTOMATICO del Sistema de Control no es utilizado (Programa de Control de nivel río y del caudal del canal) porque no cumple con su objetivo, debido a que no recibe señal desde el LL -12 (inoperativo).
- Al estar parcialmente operativa la UCC 03, no se pueden visualizar parte de la información, ni grabar o imprimir dato alguno.
- La toma de datos hídricos se esta realizando en forma manual (miras en los puntos de medición) y el cálculo (volúmenes y caudales del río y canal) se hace con el auxilio de una PC. Aún se pueden visualizar en los display (DPY) los parámetros hidráulicos (alturas de compuertas).

2.2 Resumen de fallas en el sistema de control

Se revisaron los informes de mantenimiento existentes desde el inicio de la operación del sistema de control de compuertas EXI, hasta la fecha. De estos informes se han escogido ocho sucesos que contienen las fallas más importantes de todas las registradas.

La evaluación de estas fallas ha servido para tener un conocimiento mas amplio de la operación como conjunto del sistema de control y el desempeño individual de cada uno de los componentes o dispositivos del hardware así como el comportamiento del software.

En el Anexo I se presentan con detalle los resultados de la evaluación de estas fallas.

Resumen de las fallas más importantes:

- FALLA 1** Entre 1996 y 1997, continuas paralizaciones del hardware y software del sistema de control.
- FALLA 2** : Entre 1996 y 1997, se detecta interferencia de campo electromagnético provocada por al accionamiento de contactores del sistema de fuerza instalados en tablero adyacente al tablero de control.
- FALLA 3** : Entre Enero y Marzo de 1998, falla la fuente de Alimentación FA24B por ingreso de gran cantidad de insectos, humedad y polvo al interior de la sala de control.
- FALLA 4** : Entre Enero y Marzo de 1998, fallan y se deterioran contactores y fusibles del sistema de fuerza, por alta intensidad de corriente.
- FALLA 5** : En Abril de 1998 falla la fuente de alimentación FA24B, se descalibran los limnímetros y sensores de aperturas de compuertas.

- FALLA 6** : Diciembre de 1998, fallas en las tarjetas de interfase IRL1, IRL2, y en el procesador de entradas analógicas AD810 (posible falla en la fuente de alimentación FA24B).
- FALLA 7** Julio del 2000, falla parcial de la fuente FA24B, descalibración del sensor de posición de compuerta de aliviadero 1.
- FALLA 8** : Diciembre del 2000, la Unidad Central de Control UCC 03 presenta fallas en el Hardware del sistema (los diskettes y los Disk Drives se malograban con frecuencia) y al problema en el manejo de archivos y registros que afectaban al CPU 386 por el fenómeno PIA2000

2.3 Resultados de la inspección en el sitio

Se pudo comprobar el estado de operación del sistema de control de compuertas tomándose vistas fotográficas del equipamiento así como de la infraestructura hidráulica de la bocatoma. Certificándose todo lo expresado en los informes que se han revisado , en la segunda parte del Anexo V se presentan las vistas fotográficas tomadas en la visita realizada al sitio.

2.4 Conclusiones y recomendaciones

2.4.1 Conclusiones

- * Existe un serio problema de calidad de producto en el servicio eléctrico que suministra la mini central “TANGUCHE” de CHAVIMOCHIC (0.8 Mw) a la Bocatoma “La Huaca”, tanto en la tensión como en la

frecuencia, situación que sigue ocasionando diversas fallas en los sistemas y equipos eléctricos y electrónicos (especialmente en los dispositivos del sistema de control EXI)

El Sistema de Control EXI presenta fallas importantes que involucran al HARDWARE (UCC 03, Tarjetas de Interfase IRL, Procesador de Señales Analógicas AD810, Paneles Displays DPY750, Lector Local LL-12, Fuentes de Alimentación) y SOFTWARE (Programa de Control de nivel río y del caudal del canal), las cuales datan desde el año 1996 (año de su puesta en servicio). Estas fallas no permiten visualizar variables importantes, grabar ni imprimir datos para la información histórica. Además de no estar en condiciones de operar en el modo automático.

- * La empresa brasileña EXI SISTEMAS ELECTRÓNICOS Ltda., que suministró e instaló el sistema de control EXI, nos proporcionó una tecnología en base a tarjetas electrónicas de control (circuitos integrados y microprocesadores) complementada con una PC 386 – DX33, con estos dispositivos “diseñó” su propio controlador, tratando de obtener las mismas bondades que brindaban los PLC tipo Modular el año 1996, los cuales comercialmente ya existían en el mercado nacional en diferentes marcas (PLC Direct Koyo, Modicon, Siemens, Allen Bradley, Telemecanique, etc).

Los resultados de esta mala decisión técnica e implementación tecnológica se pusieron en evidencia a los pocos meses de la puesta en servicio de este sistema de control EXI.

Por lo indicado en el punto anterior, el sistema de control EXI mantiene una desfase tecnológico de por lo menos 15 años, siendo poco versátil a los equipos modernos, presentando limitaciones para su ampliación (no posee arquitectura modular) y comunicación con redes modernas de supervisión y telecontrol.

Asimismo se ha mantenido una dependencia tecnológica con una sola persona (técnico brasileño), lo cual en los actuales momentos de globalización de la economía, tecnología e información, no es aceptable.

- * Se ha comprobado que no existe un stock de repuestos, ni de las partes (dispositivos electrónicos: tarjetas, microprocesadores, etc) ni de los equipos como sensores angulares, limnímetros, etc.

2.4.2 Recomendaciones

Realizar las gestiones pertinentes para que el concesionario de energía eléctrica (mini central “TANGUCHE” de CHAVIMOCHIC) mejore la calidad de su producto que suministra a la bocatoma “La Huaca”. Asimismo se recomienda adquirir un UPS (Sistema de Potencia Ininterrumpida) para la Sala de Control.

- * Tomar las acciones necesarias para contar, en el más breve plazo, con un sistema de control de compuertas eficiente y moderno, y con la capacidad de poder conectarse con los demás puntos de control del P.E. CHINECAS.

2.5 Alternativa A : Optimización

2.5.1 Objetivo

Mejorar sustancialmente la operación del sistema de control existente modernizándolo con equipos de tecnología de punta, y prevenir su colapso como consecuencia del progresivo deterioro y obsolescencia de sus componentes.

2.5.2 Alcances

La optimización del sistema de control involucra lo siguiente:

- Adquirir un UPS para la Sala de Control y efectuar las gestiones pertinentes para que el concesionario de energía eléctrica (mini central “Tanguche” de CHAVIMOCHIC) mejore la calidad de su producto.
- Reemplazar el hardware defectuoso o desfasado tecnológicamente con otro moderno basado en la tecnología del PLC (Controlador Lógico Programable) y la instalación de un nuevo Software para mejorar la supervisión, control y adquisición de datos.
- Implementar un sistema de radio enlace y telecontrol que permita integrar los principales puntos de control que el P.E. CHINECAS tiene en su área de influencia.

Se ha planteado realizar la optimización en tres etapas, debido fundamentalmente a la falta de recursos económicos del P.E. CHINECAS. En este informe se presentan las tres etapas, pero solo se desarrollaran las dos primeras; las mismas que el Proyecto viene

ejecutado en el presente año, dejando la tercera etapa para su posterior desarrollo y ejecución. Las etapas son las siguientes:

- * Etapa I Dotar a la Sala de Control con suministro eléctrico de calidad (Plazo inmediato)
- * Etapa II Optimización básica del sistema de control (Plazo inmediato)
- * Etapa III Radio Enlace y Telecontrol (Corto plazo)

Para dar inicio al proceso de optimización se deberán elaborar los términos de referencia conteniendo la ingeniería básica, tomando en consideración los actuales y futuros requerimientos del área de Operaciones del P.E. CHINECAS, así como a la disponibilidad de recursos económicos en el presupuesto anual para este y los próximos años.

2.5.3 Consideraciones técnicas

- El nuevo equipamiento complementará lo existente y reemplazará donde sea necesario el hardware defectuoso o desfasado tecnológicamente. Además mejorará la supervisión, control y adquisición de datos (en tiempo real, estadísticos, históricos) mediante la instalación de un nuevo software. También se prevé establecer un sistema de radio enlace y telecontrol.

Como se podrá apreciar esta alternativa plantea una solución integral del problema, utilizando tecnología de punta y con proyección de largo alcance.

- La filosofía de control se mantendrá con los nuevos equipos
 - No se realizará ninguna obra civil complementaria
- Se utilizará parte del tablero de control existente para que el nuevo tablero (PLC) no sea de gran dimensión, en vista de no existir mucha área disponible en al sala de control.
- Los puntos para el suministro eléctrico se tomarán dentro de la propia sala de control.
 - Los trabajos a realizarse no producirán mayores interferencias con la operación del sistema de control y demás actividades de la bocatoma.

2.5.4 Consideraciones económicas

En este punto, se presenta una estimación de los precios más representativos de las Etapas I y II de esta alternativa (Ver presupuesto detallado en el Capítulo III), en base a cotizaciones de proveedores del mercado nacional e información captada de Internet.

EQUIPOS	Precio (U.S. \$)
* UPS	1 750
* PLC (con fuente, interfases I/O, tablero y acc.)	5 000
* TRANSMISOR ULTRASONIDO (02)	2 200
* MONITOR DE 21"	600
* SOFTWARE SCADA	1 400
Total equipos	10 950

SERVICIOS

* Montaje, programación software PLC y SCADA, desarrollo de planos, puesta en servicio, y entrenamiento	1 500
Total	12 450
Igv	2 240
PRECIO TOTAL	14 690

Como se podrá apreciar el monto total que se considera en esta alternativa es del orden de u.s.\$ 14 700 (catorce mil setecientos dólares americanos) o S/. 51 450 (cincuenta y un mil cuatrocientos cincuenta nuevos soles) al cambio de 3.5 S/. / \$.

2.6 Alternativa B : Mantenimiento correctivo

2.6.1 Alcances

Realizar el mantenimiento correctivo de los equipos defectuosos para lo cual se debe contratar los servicios del representante técnico de la empresa EXI SYSTEMS del Brasil.

2.6.2 Consideraciones técnicas

Se realizará un mantenimiento correctivo de equipos defectuosos

- Los operadores de la bocatoma ya están familiarizados con este sistema y no sería recomendable cambiarles el esquema establecido

Se conseguirán repuestos para tener un stock básico de dispositivos y equipos

- Se realizarán arreglos en el software para mejorar su trabajo en entorno DOS 6.22 o pasar a operar con windows 95.
- Los costos de estos trabajos correctivos son bajos comparados con un cambio de equipos con nueva tecnología.
- El sistema de control ha trabajado bien desde sus inicios, y los desperfectos de ciertos componentes o “pequeñas fallas” en el sistema no se pueden atribuir al fabricante. Será suficiente una nueva intervención del personal técnico que conoce estos equipos para que el sistema vuelva a funcionar bien.
- No se necesitan mejoras en el sistema de control pues el actual les permite obtener los parámetros suficientes para la operación de la bocatoma.

2.6.3 Consideraciones económicas

EQUIPOS	Precio (U.S. \$)
* UPS	1 750
* Fuente Alimentación FA24(24Vdc)	750
* UCC3	1 500
* LL 12	1 300
* TARJETAS INTERFASE IRL (02)	700
* MONITOR DE 21”	600
* SOFTWARE ACTUALIZADO (windows 95)	400
Total equipos	7 750

SERVICIOS

* Desmontaje y montaje, programación software actualizado, calibraciones, pruebas, y entrenamiento	1 500
--	--------------

PASAJES Y VIATICOS

* Pasaje ida y vuelta a Brasil	900
* Alojamiento, alimentación y movilidad x 1 semana	700
Total viáticos	1 600

Sub Total **10 850**

Igv 1 950

PRECIO TOTAL **12 800**

El monto total considerado en esta alternativa es de u.s.\$ 12 800 (doce mil ochocientos dólares americanos) o S/. 44 800 (cuarenta y cuatro mil ochocientos nuevos soles) al cambio de 3.5 S/. / \$.

2.7 Selección de la mejor alternativa

Indudablemente no existe punto de comparación entre estas dos alternativas, pues resulta evidente las ventajas de la Alternativa A. La Alternativa B se ha presentado porque, increíblemente, era defendida por un grupo reducido de profesionales (técnicos e ingenieros) del P.E.CHINECAS que lamentablemente tenían intereses que no eran precisamente técnicos ni éticos.

En el siguiente capítulo se presenta el desarrollo la ingeniería básica de la Alternativa A.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA BÁSICA PARA OPTIMIZAR EL SISTEMA DE CONTROL

3.1 Generalidades

La ingeniería básica para la optimización del sistema de control de compuertas de la Bocatoma “La Huaca” se realizará considerando un proceso de tres etapas, planteado en la Alternativa “A” del capítulo anterior.

En este capítulo se presentan las tres etapas, pero solo se desarrollaran las dos primeras; las mismas que el P.E. CHINECAS viene ejecutando en el presente año. La Etapa III (radio enlace y telecontrol) solo se menciona, para tener una visión integral del futuro sistema de control de la infraestructura hidráulica mayor de riego del P.E. CHINECAS.

3.2 Etapa I : Dotar a la Sala de Control con suministro eléctrico de calidad

3.2.1 Objetivo

Implementar la sala de control de la Bocatoma “La Huaca” con un suministro de energía eléctrica apropiado para el buen funcionamiento, en especial, de los sistemas de control, radio comunicación y cómputo.

3.2.2 Alcances

Esta etapa comprende dos acciones importantes y deberán ejecutarse en el plazo inmediato:

La primera acción consiste en implementar la sala de control con un UPS (Sistema de Potencia Ininterrumpida) para proporcionar una tensión estabilizada, así como un suministro de energía eléctrica de respaldo y autónomo (en casos de interrupción del suministro normal).

La otra acción paralela y complementaria será exigir al concesionario de energía eléctrica (Minicentral hidroeléctrica “Tanguche” del P.E. CHAVIMOCHIC) que cumpla con las normas técnicas de calidad de su producto (la Dirección de Operación y Mantenimiento del P.E. CHINECAS deberá realizar el reclamo formal, mediante la documentación pertinente).

3.2.3 Argumentación técnica para la adquisición del UPS

Hay dos realidades desafortunadas de la era de la electrónica, la red publica simplemente no puede proveer una fuente de energía limpia y uniforme para la electrónica sensible, y el cliente tiene que responsabilizarse por el estado y la operación segura de sus equipos.

Aún la más pequeña interrupción en la energía eléctrica puede causar un daño a una computadora, un sistema de control de procesos (controles numéricos, PLC, registradores), una red, u otro equipo electrónico sensible (módems, fax, sistemas de video, etc.). En el mejor de los casos,

un problema de energía puede derivar en apagones (shutdowns) inesperados y dañar los equipos. En la peor situación, un mal suministro eléctrico puede causar la pérdida de datos ó destruir el equipo.

Aún los problemas de índole menor pueden costarle dinero. Cada vez que una interrupción en el suministro retarda un trabajo en proceso, se pierde un tiempo, y esa pérdida significa dinero. Mucho más serio- y costoso- es el hecho que los problemas de energía no sólo pueden corromper archivos críticos de datos, también pueden dañar permanentemente a computadoras y equipos electrónicos.

En el Anexo VI se enumeran los disturbios eléctricos más comunes, así como sus causas, síntomas y soluciones.

3.2.4 Dimensionamiento del UPS

*** Determinación de la potencia**

Se suman las demandas de cada equipo o sistema que será alimentado por la UPS.

Sistema de Control de Compuertas..... 250 VA

Se esta considerando la optimización del sistema con PLC y la señalización audiovisual.

- Unidades de Computo PC (Pentium IV)..... 900 VA

Actualmente se tienen 2 PC en servicio y se prevé para el futuro un equipo adicional. El consumo estimado de cada equipo de computo es de 300 VA

- Equipo de Radio (Receptor / Transmisor)..... 50 VA
- Futura Implementación de Telecontrol 200 VA
- Demanda Total 1400 VA

Se elige un UPS de 1.5 KVA de potencia nominal.

*** Tiempo de autonomía**

Se ha tomado en cuenta el tiempo promedio que demora una interrupción del servicio eléctrico normal, en base a la estadística de interrupciones que se tienen hasta la fecha (el promedio es de 1.5 horas). Además se está considerando el máximo tiempo que tardaría el grupo electrógeno de emergencia en entrar en servicio: máximo 15 minutos (cuando no se realizan maniobras de compuertas o no se necesita alumbrado, el grupo electrógeno permanecerá en stand by, mientras tanto el UPS deberá operar en modo inversor).

Por último, si este grupo electrógeno falla, por algún motivo de fuerza mayor, se tiene la alternativa de uno de los cuatro grupos electrógenos que tiene la bocatoma “La Víbora”, el tiempo en trasladar este G.E. a la bocatoma “La Huaca” e instalarlo en forma provisional tomaría alrededor de 1.5 horas (la distancia entre las bocatomas se cubre en 30 minutos)

Como se podrá apreciar el tiempo de reposición del suministro normal o el ingreso de un grupo de emergencia es como máximo 1 h 45 min. Entonces el tiempo de autonomía del UPS será de 2 horas, operando al 100% de carga, se tendrá más autonomía en la medida que se disminuya la carga.

3.2.5 Selección del UPS

Luego de conocer la potencia y el tiempo de autonomía se necesita definir una de las características mas importantes para su adquisición, como es el tipo de sistema o tecnología que debe tener el UPS, que responda mejor a las necesidades de la instalación donde funcionará.

A continuación, los diferentes tipos de sistemas de UPS disponibles en el mercado nacional e internacional:

* Tecnología Off Line

Tipo Stand By

Tipo Interactiva (En línea)

Tipo Ferroresonante

Tipo Triport

* Tecnología On Line

Tipo True On Line

Considerando el tipo de perturbaciones que tiene el suministro eléctrico en la Bocatoma “La Huaca”, donde existen fluctuaciones de tensión y frecuencia, se ha elegido el UPS de tecnología TRUE ON LINE.

En el Anexo VII se describen con detalle cada uno de los tipos de tecnología de UPS analizados.

En el acápite 3.5 se detallan las especificaciones técnicas que debe cumplir el UPS.

3.2.6 Esquema de la configuración de la tecnología TRUE ON LINE

El esquema de la configuración de la tecnología TRUE ON LINE se muestra en la lámina N° SCC – L04 del Anexo VIII.

3.3 Etapa II : Optimización básica del sistema de control

3.3.1 Objetivo

Mejorar la operación del sistema de control existente modernizándolo con equipos de tecnología de punta, y prevenir su colapso como consecuencia del progresivo deterioro y obsolescencia de sus componentes.

3.3.2 Alcances

Esta etapa comprende la optimización propiamente dicha (para efectos prácticos y operativos para el P. E. CHINECAS), involucra el reemplazo del hardware defectuoso o desfasado tecnológicamente con otro moderno basado en la tecnología del PLC (Controlador Lógico Programable) y con un nuevo Software para mejorar la supervisión, control y adquisición de datos.

3.3.3 Identificación de componentes a reemplazar

Componentes del Sistema de Control actual que deben eliminarse

- Unidad de Control Central CPU-386 (UCC 03)
- Procesador de Señales Analógicas AD810
- Tarjeta de Interfase IRL1.

- Tarjeta de Interfase IRL2.
- Lector Local LL-12:
- Limnímetros 1 y 2
- Fuente de Alimentación FA24B (24Vdc/12-5Vdc)
- Fuente de Alimentación CP TRONIC (220Vac/24Vdc)
- Teclado – Display
- Impresora

Equipos que deberán mantenerse en el nuevo sistema

- Pantallas DPY
- Interfase ADAM 4520

Sensores de Posición

- Fines de Curso
- Panel de Control (conteniendo las pantallas DPY)

Los componentes del sistema EXI que continúen operando con el sistema optimizado serán reemplazados paulatinamente, previa evaluación de su utilidad y condiciones operativas, en el marco general de este proceso de optimización.

3.3.4 Proceso de selección del hardware y software del sistema de control

Para esta selección se realizaron dos acciones:

- a) Invitación a las instalaciones del Proyecto CHINECAS a diferentes empresas proveedoras de productos y servicios (diseño, ejecución de proyectos) en el campo de los sistemas de control de procesos industriales y de la automatización.

b) Captación de información técnica de productos y servicios, relacionados a este tema, directamente de Internet.

Como resultado de estas acciones se pudo definir con claridad lo que se necesitaba realizar en esta segunda etapa y se elaboraron las especificaciones técnicas que se presentan en el acápite 3.5

3.3.5 Descripción de los trabajos

*** Trabajo de campo**

- Instalación de los equipos en placa de montaje
- Montaje de la placa en tablero de control autosoportado existente
- Montaje de Tablero del PLC adosado a la pared
- Afinamiento de la lógica de control de compuertas de acuerdo a su funcionamiento actual.
- Configuración de las entradas / salidas análogas y digitales de las compuertas así como todos los demás dispositivos de campo.
- Desarrollo del modulo de comunicaciones para enlazar el PLC con los display DPY – EXI.
- Afinamiento de los diferentes bloques lógicos para el PLC, generación de máximos y mínimos, promedios y totalizadores. Calculo del caudal y volumen (según curvas de operación del sistema hidráulico)
- Cableado y conexionado general
- Prueba y afinamiento de los lazos de control de nivel de bocatoma y caudal canal.

- Prueba de operación de las compuertas radiales del barraje móvil y de las compuertas verticales de captación.
- Afinamiento de las pantallas del software de supervisión y control
- Afinamiento de los reportes generados por el sistema

Charla de instrucción del funcionamiento del sistema optimizado

*** Trabajo de gabinete**

- Programación del PLC.
- Programación del software SCADA.
- Desarrollo de esquemas de la nueva configuración y planos de conexionado del sistema de control.
- Desarrollo de pantallas y gráficas según requerimiento de operación
- Desarrollo de base de datos, reportes y gráficos en software conocidos (acces, excel)

Informe final (Back up del programa, Back up del software SCADA, informe técnico del proyecto)

3.3.6 Operación del sistema de control optimizado

El sistema de control de compuertas se divide en dos partes principales:

- * Control Compuertas Bocatoma
- * Control Compuertas Canal

a) Control Compuertas Bocatoma

Existen seis compuertas en la parte de bocatoma, cinco son de aliviadero y una de limpia. El control sobre estas compuertas se

realiza básicamente para mantener el nivel de embalse del río a un valor promedio (236.2 m.s.n.m.).

b) Control Compuertas Canal

Para este lazo de control se cuenta con dos compuertas de regulación las cuales son diferentes en cuanto al accionamiento a las compuertas de Bocatoma, debido que estas no son comandadas en forma hidráulica sino más bien por accionamiento directo de motores eléctricos.

En el Anexo IV se presenta con detalle la operación del sistema de control optimizado.

3.3.7 Diagrama de bloques del sistema de control optimizado

El diagrama de bloques se muestra en la lámina N° SCC-L05 del Anexo VIII.

3.3.8 Esquema de la configuración del sistema de control optimizado

El esquema de esta configuración se muestra en la lámina N° SCC-L06 del Anexo VIII.

3.3.9 Descripción del software SCADA

Este software SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) deberá trabajar bajo sistema de 32 bits con windows 98 o windows 2000. Como ejemplo, en este informe se ha utilizado el software SCADA - PCIM32 de Schneider Electric.

En la figura N° 3.1 se muestra la forma en que este software es capaz de adquirir información e interactuar con otras máquinas.

En las páginas siguientes se describen las pantallas que deberán formar parte de la configuración del sistema, así como las figuras correspondientes.

Pantalla Principal

En la Figura N° 3.2 se muestra esta pantalla, se puede ver un esquema general de la bocatoma y el canal, con información sobre el nivel del río, caudal que transita por el canal, nivel de agua en el canal y caudal calculado para el barraje fijo a partir del nivel del río, por medio de esta pantalla se puede dirigir hacia otras pantallas como las compuertas de bocatoma, compuertas de canal, históricos del sistema y alarmas del sistema.

Pantalla de Compuertas de Bocatoma

Esta pantalla se muestra en la Figura N° 3.3, aquí se tiene información sobre la apertura de las compuertas de la bocatoma, es decir, Compuertas Aliviadero del N°01 al N°05 y Limpia, además de caudal que pasa por cada una de ellas y el caudal total que pasa por el barraje móvil. También se puede, si se trabaja en modo manual, tener control sobre las compuertas.

Pantalla de Control Bocatoma

En la Figura N° 3.4 se muestra esta pantalla, indicando los valores con los cuales está trabajando el sistema SP (Set Point - Valor de nivel de río deseado); PV(Process Variable - valor real del nivel); MV(Manipulated Variable – apertura de las compuertas); Así como el cambio de estado de automático a manual o viceversa.

Pantalla de Caudales Bocatoma

En la Figura N° 3.5 se muestra la información independiente de los caudales por cada compuerta y la habilitación o no habilitación de estos caudales para entrar en el cálculo del caudal total; debido a que eventualmente puede haber una compuerta abierta por mantenimiento y por ella no está pasando flujo.

Pantalla de Compuertas Canal

La Figura N° 3.6 muestra la información sobre las compuertas del canal, caudal que esta pasando por cada una de ellas, el caudal total del canal, nivel de agua en el canal y la opción de maniobrar las compuertas de manera manual.

Pantalla de Control Caudal

Esta pantalla se muestra en la Figura N° 3.7, presenta los valores con los cuales está trabajando el sistema SP (Set Point - Valor de caudal deseado); PV(valor real del caudal); MV(Valor de apertura de la

compuerta); así como el cambio de estado de automático a manual o viceversa.

Pantalla con Parámetros control Caudal

Los parámetros de esta pantalla, Figura N° 3.8, sirven para sintonizar el control PID que se utiliza para el control de caudal KP (Constante Proporcional), KI (constante Integral), KD (constante Proporcional), TH (tiempo muerto antes de que el control desarrolle el cálculo).

Históricos de variables

En la Figura N° 3.9 se muestra los históricos de las siguientes variables: Nivel de Bocatoma, caudal de Bocatoma, Caudal Canal y Caudal Total.

Pantalla de Alarmas del sistema

En esta pantalla, Figura N° 3.10, se registran todas las alarmas generadas por el sistema, sean por valores de nivel de río muy altos, por nivel de caudal de canal muy alto o por manipulación de las variables del sistema es decir quedará registrado la hora en la que se manipuló los parámetros más importantes del sistema.

Reportes

Este nuevo software deberá ofrecer una mayor opción de reportes, datos estadísticos e históricos.

En la segunda parte del Anexo II se presentan los cuadros y gráficos que son requeridos por el Área de Operaciones del Proyecto CHINECAS, actualmente esta información es elaborada por los mismos operadores con el apoyo de una PC, en el futuro el nuevo software SCADA instalado en la PC se encargará de este trabajo.

3.4 Etapa III : Radio Enlace y Telecontrol

3.4.1 Objetivo

Integrar los principales puntos de control que el P.E. CHINECAS tiene en su área de influencia, con un sistema de radio enlace y telecontrol.

3.4.2 Alcance

Implementar una red de comunicación vía radio enlace entre la sala de control de la bocatoma “La Huaca” y los otros puntos de control de la infraestructura hidráulica del P.E. CHINECAS (Bocatoma “La Víbora”, La Estación “40+1” y Campamento “Tangay”); y finalmente tener un telecontrol de estas principales instalaciones.

Esta etapa involucra también, dotar al Campamento “Tangay” y la estación “40+1” de un sistema de control con PLC y un software adecuado para realizar esta integración, asimismo modernizar el sistema de control de la Bocatoma “La Víbora” para tal efecto.

3.4.3 Esquema de la configuración del sistema

Este esquema se muestra en las láminas N° SCC-L07 1/2 y 2/2 del Anexo VIII.

3.5 Especificaciones Técnicas de Suministros

3.5.1 Sistema de Potencia Ininterrumpida (UPS)

- Tipo de sistema : True On Line (En verdadera línea)
- Tipo de Diseño : Sistema Digital de Estado Sólido
- Fuente de Energía : Banco Interno de Baterías
- Potencia : 1.5 KVA
- Tensión de Línea : Permanentemente estabilizada
- Aislamiento : Transformador de Aislamiento
- Tensión de Entrada : 120 – 300 Vac
- Tensión de Salida en Línea : 220 Vac +/- 1% (Estabilizada)
- Tensión de Salida Inversor : 220 Vac +/- 3%
- Fases : 1
- Frecuencia de salida : 60 Hz , fijo
- Forma de Onda : Sinusoidal Pura
- Interferencia de RF : Nula
- Nivel de Ruido : Menor a 30 db
- Filtros Incorporados : RFI / EMI
- Factor de Potencia : 0.8
- Eficiencia de Regulación : 98% a plena carga (Mínimo 88%)
- Sistema de Regulación : Ininterrumpida

- Tiempo de Autonomía : 02 horas (Expandibles)
- Tiempo Recarga Baterías : 06 horas
- Forma de Onda en Baterías : Sinusoidal PWM
- Cargador Inteligente : Con control electrónico de carga
- Tipo de Baterías : Libre de mantenimiento
- Protección : Supresor de Picos, Protección total contra cortocircuitos y sobrecarga, protección de sobre y subtensiones fuera del rango especificado en la entrada.

Switch ON/OFF entrada

Salidas : 04 salidas 220 V con línea a tierra

Señalización : Alarma sonora de sobre y subtensión.

Indicadores luminosos: tensión de entrada, indicador de carga o estado de baterías.

- Borne de Salida para puesta a Tierra
- Indicar Normas de Fabricación UPS y baterías / Certificación de Calidad
- Tiempo de Garantía UPS y Baterías : 1 año como mínimo
- Plazo de Entrega : 4 semanas como máximo
- Nota: El suministro eléctrico principal es 380/220 Vac con neutro a tierra. El UPS recibirá a la entrada 220 Vac (Línea – Neutro).

3.5.2 Controlador Lógico Programable (PLC)

- * Sistema de configuración : Modular
- * Unidad Central de Procesamiento CPU
 - Tipo de Procesador : 80386
 - Memoria : 512 Kb SRAM, 1 Mb Flash RAM, Logic 16 Kb, Data 36 Kb, con opción para 01 módulo de memoria EEPROM
 - Velocidad de Procesamiento : 25 Mhz
 - Tiempo de Ejecución (SCAN TIME) : 0.36 ms para 1 kb
 - Voltaje de Entrada : 24 V
 - Puertos de Comunicaciones : 02 MODBUS
 - Contadores, Temporizadores, Reloj Calendario y algoritmo de regulación PID. Con opción para canales de comunicación.
 - Temperatura de Operación - 40 a + 70 °C
- * Fuente de Alimentación Independiente 220Vac/24Vdc-5A
- * Módulos de Entradas DC – 24 V
 - Canales de Entradas Analógicas (AIN) : 12 (4 – 20 mA)
 - Puntos de entradas digitales (DIN) : 12 (aisladas por optoacoplador)
- * Módulos de Salidas DC – 24 V
 - Canales de Salidas Analógicas (AOUT) : 4 (4 – 20 mA)
 - Puntos de Salidas Digitales (DOUT) : 20 Tipo relé
- * Procesador de Comunicaciones para conexión a PC

- * Relés de Control 24 VDC para las interfase de salida (contactos 2 A, 220Vac)
- * Rack Primario para slot de CPU y slots I/O, cables de bus, breaker, borneras simples y borneras portafusibles, fast connect y misceláneos para ordenamiento.
- * Tablero para PLC, tipo adosable (dimensiones aprox.: 400 mm ancho x 500 mm altura x 250 mm prof.).
- * Software para programación de PLC vía PC
- * Montaje de los módulos sobre carril DIN
- * Cable interfase para el diálogo Hombre – Máquina, que se realizará a través de una PC compatible proporcionada por el P.E. CHINECAS.
- * Otros accesorios no listados expresamente, pero que sean indispensables para la correcta operación del PLC dentro del sistema de control solicitado.

Referencia Técnica: PLC MODICON COMPACT TXS E984 o similar en capacidad y calidad

Estas Especificaciones Técnicas son referenciales, en la oferta se deberán definir cada uno de los componentes y sus características técnicas acorde con lo señalado en los otros acápite de este documento.

NOTA IMPORTANTE:

El equipamiento ofertado deberá ser compatible con los sensores / transductores y receptores que se mantendrán en el Sistema.

3.5.3 Transmisor de Nivel

- * Transmisor inteligente con medición y procesador de señal digital en una sola unidad, provisto de display LCD de 4 dígitos incorporado en la caja y con tapa protectora. Push Button para calibración.
- * Sistema : Ultrasónico Sin – contacto, con compensación automática de temperatura
- * Aplicación : Medición de nivel de líquidos en canales abiertos
- * Rango de Medición : 0.30 - 8 m
- * Resolución : mayor a 1mm
- * Precisión electrónica : +- 0.5% del rango medido
- * Temperatura de operación : - 20 a 60 °C
- * Material de la caja : CPVC (Glass Fille Nylon and PVC)
- * Cono ultrasónico : +- 6°
- * Corriente de salida : 4-20 mA proporcional al nivel
- * Presión de operación máxima : 43 Psi (3 Bar)
- * Suministro de Voltaje : 24 Vdc (Lazo de Potencia)
- * Grado de Protección : IP 67 (NEMA 4X)
- * Peso : 1.2 Kg

- * Accesorio : Brida para montaje, con rosca de 2" Ø
- * Conexión eléctrica : 02 conductores en 24 Vdc operación en lazo de potencia. Para uso de cable UTP (Unshielded Twisted Pair)
- * Certificación de calidad : ISO 9001

NOTA: Estas especificaciones técnicas son las mínimas a satisfacer

3.5.4 Monitor de PC

MONITOR DE PC

- Pantalla : Plana a color de 21 "
- Tecnología : Plug and Play
- Resolución : 1024 x 758 pixels o mejor
- Controles : On View
- Tensión : 220V
- Frecuencia : 60 Hz

3.5.5 Cable UTP (Unshielded Twisted Pair)

- Otras denominaciones : Par trenzado ó RJ 45
- Impedancia característica : 100 ohmios
- Categoría : 1 (01 par trenzado)
- Velocidad transmisión data : 10 Mbit / s
- Cubierta exterior : PVC

Aislamiento	: PVC
Conductor	: Cu electrolítico
Norma	: Estándar TIA/EIA 568

3.5.6 Protocolo de comunicación

Para comunicación con PLCs (módulos de I/O), programación de sistemas de control, computadoras, interfases hombre – máquina (HMI) y otros dispositivos de control compatibles en el mercado actual.

Capacidad de comunicación de data I/O, adquisición de data, programación On Line y monitoreo interactivo.

Referencia: Protocolo MODBUS de Modicon

3.5.7 Software de Supervisión, Control y Adquisición de Datos

Software SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition - Supervisión, Control y Adquisición de Datos) que permita establecer mejoras en la lógica de operación actual , con la finalidad de realizar una operación más segura y eficiente de las compuertas (especialmente cuando opere en el modo AUTOMÁTICO) y asimismo obtener una mayor y mejor información hidrológica del río y canal.

- * Sistema SCADA que permita al operador, desde un lugar central del proceso, realizar cambios en el Set Point de los PLCs, ejercer un control interactivo, monitorear eventos y alarmas, obtener información en tiempo real, así como datos históricos. Deberá

utilizar herramientas de programación orientada a objetos, contar con Password de Protección en diferentes niveles y Sistema de Alarmas de detección continua y por zonas.

Este nuevo sistema deberá estar preparado para una futura implementación de un sistema de Radio Enlace (comunicación de data) y Telecontrol (mando y control a distancia) que permita integrar esta bocatoma con la bocatoma “La Víbora” , la estación “40+1” y campamento “Tangay”.

- * El Software deberá incluir la visualización y monitoreo gráfico del proceso en ventanas y tener una programación amigable para los operadores. Asimismo deberá permitir cambio de parámetros en línea.
- * El Software deberá trabajar con el sistema operativo Windows 98 o 2000 y Windows NT. Del mismo modo deberá permitir el intercambio de data con el Software de Microsoft Office 98 o 2000. Así como guardar, copiar e imprimir información desde las ventanas gráficas activas y los cuadros de reportes que genere el programa.
- * El Desarrollo del Software será con aplicación específica a la Supervisión y Control de de compuertas de la Bocatoma “La Huaca”, mejorando las rutinas de monitoreo y control que tiene el software actual (Coeficiente Proporcional, Coeficiente Integral, Coeficiente Diferencial, Banda Muerta, Tiempos de Movimiento, Áreas Variables de Superficie, etc)
- * El dialogo hombre – máquina se realizara desde una PC.

3.6 Especificaciones Técnicas de Montaje

3.6.1 Generalidades

Las especificaciones técnicas de montaje se basan en lo establecido en el código Nacional de electricidad TOMO IV, la Norma DGE - 004A-P-4/1,984, el Reglamento Nacional de construcciones.

3.6.2 Normas

- Código Nacional de Electricidad (PERU)
- American National Standards Institute - ANSI
- National Electrical Manufacturers Association - NEMA
- Institute of Electrical & Electronic Engineers - IEEE
- Underwriters Laboratories (UL).

En la eventualidad de discrepancia entre las Normas arriba indicadas , con respecto a los estándares o disposiciones emanadas, o en la interpretación de estas, prevalecerá lo indicado en el Código Nacional de Electricidad del Perú.

3.6.3 Entrega, manipuleo y almacenamiento

El contratista será responsable de suministrar, almacenar en la obra y proteger adecuadamente todos los equipos y materiales, sean éstos del mismo contratista ó proporcionados por el P.E. CHINECAS.

3.6.4 Instalación

Forman parte de los requerimientos y las condiciones de instalación, todas las notas, detalles y consideraciones generales presentes en los

planos y láminas del proyecto, así como los estipulados en las normas y códigos vigentes, y a la práctica de la buena ingeniería.

3.6.5 Orden y limpieza

Durante la ejecución de las obras el Contratista deberá mantener en orden el emplazamiento de sus equipos y la ubicación de los materiales de trabajo. Asimismo efectuará limpieza permanente en su Área de trabajo.

Después de la instalación, todos los equipos se deberán limpiar perfectamente para la entrega de la instalación al propietario, en especial todas aquellas partes que actúan como superficies aislantes.

3.6.6 Identificación

El Contratista será responsable de la identificación de toda la instalación: tableros, cajas, tubos, cables, borneras y dispositivos auxiliares.

La identificación de tableros, equipos y cajas será mediante placas de aluminio con letras grabadas de color negro. Los tubos, cables, borneras se identificarán con cintillos con números y letras de color negro, en fondo blanco.

3.6.7 Pruebas y puesta en servicio

El trabajo para la puesta en servicio de los equipos, será llevado a cabo en estrecha coordinación con la Supervisión y con un programa escrito

que describa paso a paso las operaciones a realizarse, el mismo que será preparado por el contratista y sometido para la aprobación del propietario después de finalizada la instalación y antes de la puesta en servicio. El contratista presentará a la Supervisión, antes de efectuarse las pruebas, las Hojas de Protocolo para el V°B° correspondiente.

3.6.8 Garantía

El contratista garantizará la buena operatividad de cualquier equipo y/o material suministrado, e instalación, construcción ó parte de los mismos, por un (01) año como mínimo y responderá directamente ante el propietario por cualquier defecto que se detecte y/o se produzca.

El contratista reparará ó reemplazará a juicio del propietario, libre de todo costo para este último, cualquier equipo y/o material, instalación ó construcción que sufran daños ó resulten inservibles durante el periodo de garantía.

3.6.9 Información técnica

El contratista entregará al propietario tres (03) juegos de toda la información técnica, esquemas y planos, referida a los trabajos realizados (01 juego de la información en Diskette ó CD).

3.6.10 Capacitación

Al final de los trabajos la empresa contratista brindara capacitación y adiestramiento al personal de operadores sobre el hardware y software instalado y sobre la operación del sistema de control optimizado.

3.6.11 Recepción de obra

Será requisito para proceder a la recepción de obra, lo siguiente:

- * Entrega de la información técnica respectiva.
- * Inventario físico de todas las instalaciones que se han ejecutado.
- * Protocolo de las pruebas, aprobado.
- * Entrega de todos los materiales sobrantes, proporcionados por el propietario.
- * Garantía de buena ejecución y operatividad de las nuevas instalaciones.
- * Acta de recepción de Obra.

3.7 Metrado y presupuesto

En la Tabla N° 3.1 que se muestra a continuación se presenta el metrado y presupuesto.

**TABLA N° 3.1
METRADO Y PRESUPUESTO DEL SUMINISTRO DE EQUIPOS Y SERVICIOS**

FECHA : MARZO-2002

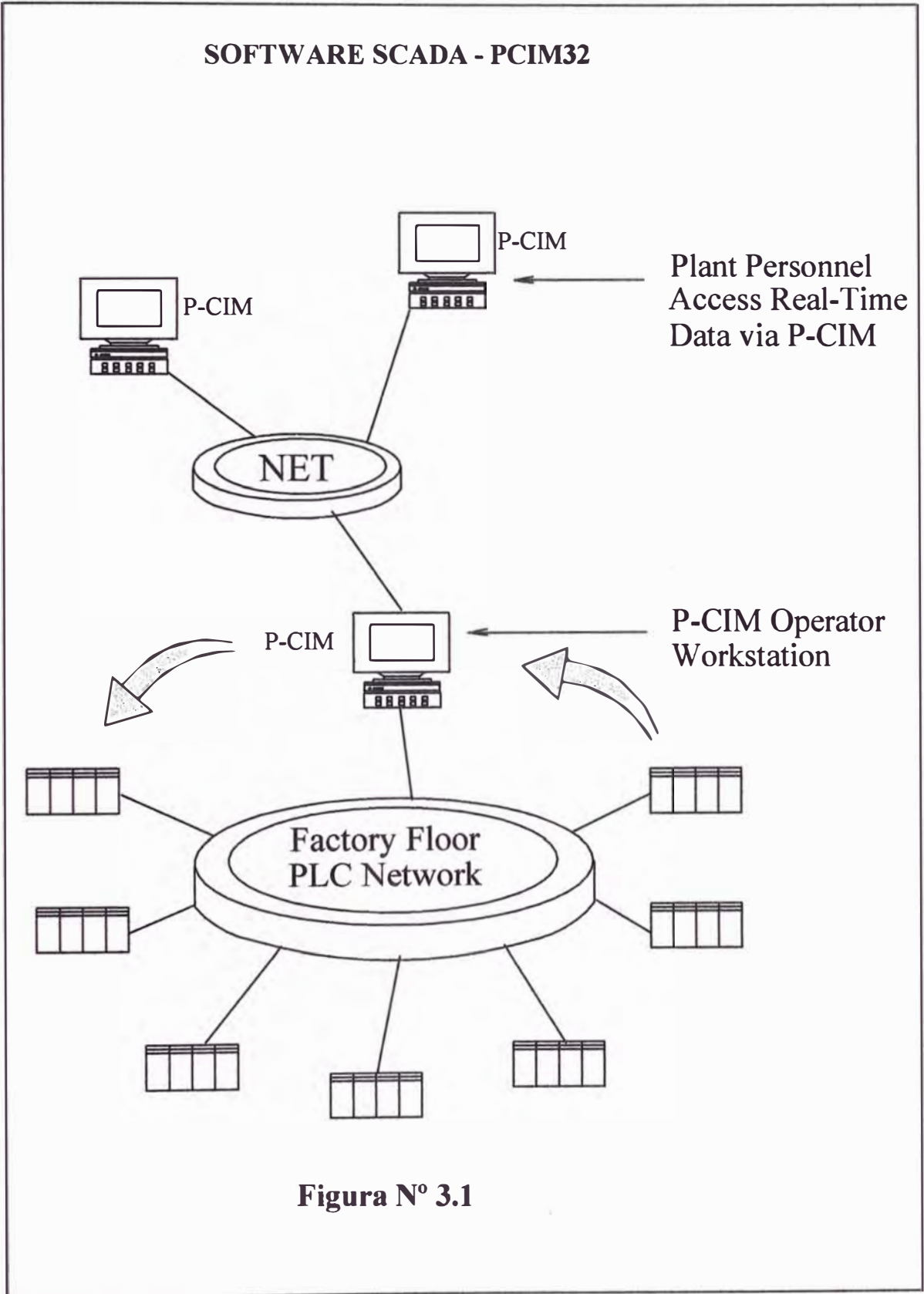
Hoja 1/2

Item	DESCRIPCION	Und	Cant	P.U S/.	PARCIAL S/.	TOTAL S/.
ETAPA I						
EQUIPO						
1.00	SISTEMA DE POTENCIA ININTERRUMPIDO 1.5 KVA, monofasico (ver Especificaciones Técnicas)	u	1	6,000.00	6,000.00	6,000.00
ETAPA II						
EQUIPOS						
1.00	Controlador Lógico Programable compuesto de:	u	1	21,000.00	21,000.00	21,000.00
1.01	Fuente de Alimentación 110-220 Vac / 24 Vdc, 5A, 120 W	u	1			
1.02	Unidad Central de Procesamiento con 1Mb Flash RAM, 512 Kb SRAM, 02 Puertos Modbus, 16 Kb Logic, 32 Kb Data.	u	1			
1.03	Módulo de Entrada Digital (DIN)12 Puntos, 24 VDC	u	1			
1.04	Módulo de Salida Digital (DOOUT) 32 Puntos, 24 VDC	u	1			
1.05	Módulo de Entrada Analógica (AIN), 16 canales, 4-20 mA	u	1			
1.06	Módulo de Salida Analógica (AOOUT) 4 canales, 4-20 mA	u	2			
1.07	Relays Externos 24 VDC, 220 Vac, 2A	u	20			
1.08	Tablero de PLC para adosar en pared, cableado y conexionado.	u	1			
1.09	Accesorios Red Modbus , cables, etc. (ver Especificaciones Técnicas)	Jgo	1			
2.00	MONITOR PARA PC, 21"- 220 Vac-60 Hz, resolución 1024x768 pixels o mejor (ver Especificaciones Técnicas)	u	1	2,000.00	2,000.00	2,000.00
3.00	SOFTWARE SCADA 100 I/O tags, PCIM RUNTIME de Schneider Electric o equivalente en características y calidad	u	1	3,000.00	3,000.00	3,000.00
4.00	TRANSMISOR DE NIVEL ULTRASONICO,incluye 200m de cable STP (ver Especificaciones técnicas)	u	2	4,000.00	8,000.00	8,000.00

Item	DESCRIPCION	Und	Cant	P.U S/.	PARCIAL S/.	TOTAL S/.
5.00	SERVICIOS SERVICIO DE PROGRAMACION PLC, SOFTWARE SCADA incluyendo lo siguiente: Desarrollo de esquemas y planos de conexionado del sistema de control. Desarrollo de pantallas gráficas y reportes de operación. Entrenamiento de operadores. Puesta en servicio e informe final con los Back Ups del programa del PLC y SCADA.	Cjto	1	4,000.00	4,000.00	4,000.00
COSTO DIRECTO					S/.	44,000.00
I G V (18%)					S/.	7,920.00
TOTAL PRESUPUESTO					S/.	51,920.00
SON : CINCUENTA Y UN MIL NOVECIENTOS VEINTE Y 00/100 NUEVOS SOLES						

3.8 Figuras

A continuación se presentan las figuras mencionadas en el presente capítulo.



PANTALLA PRINCIPAL

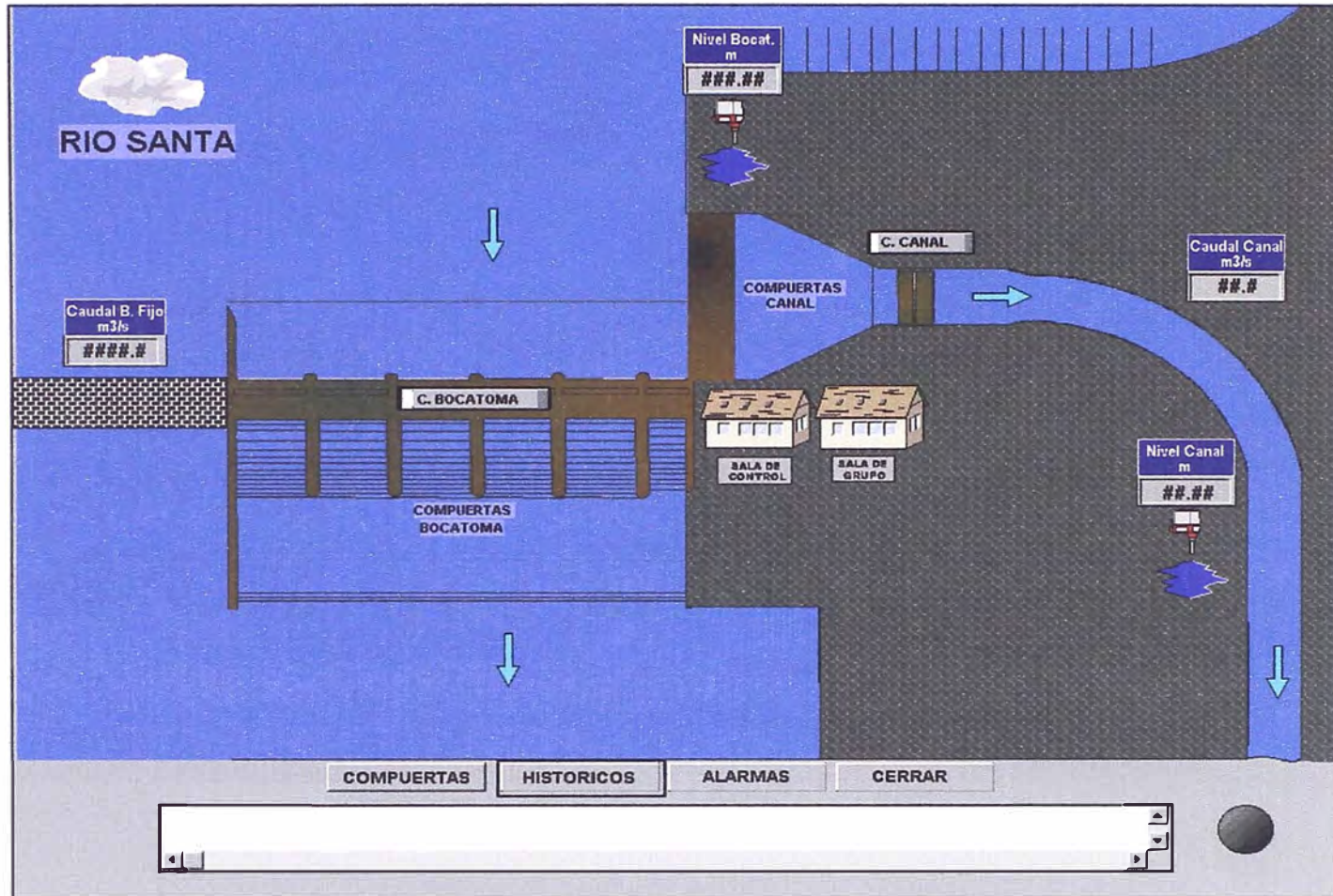


Figura N°3.2

PANTALLA DE COMPUERTAS DE BOCATOMA

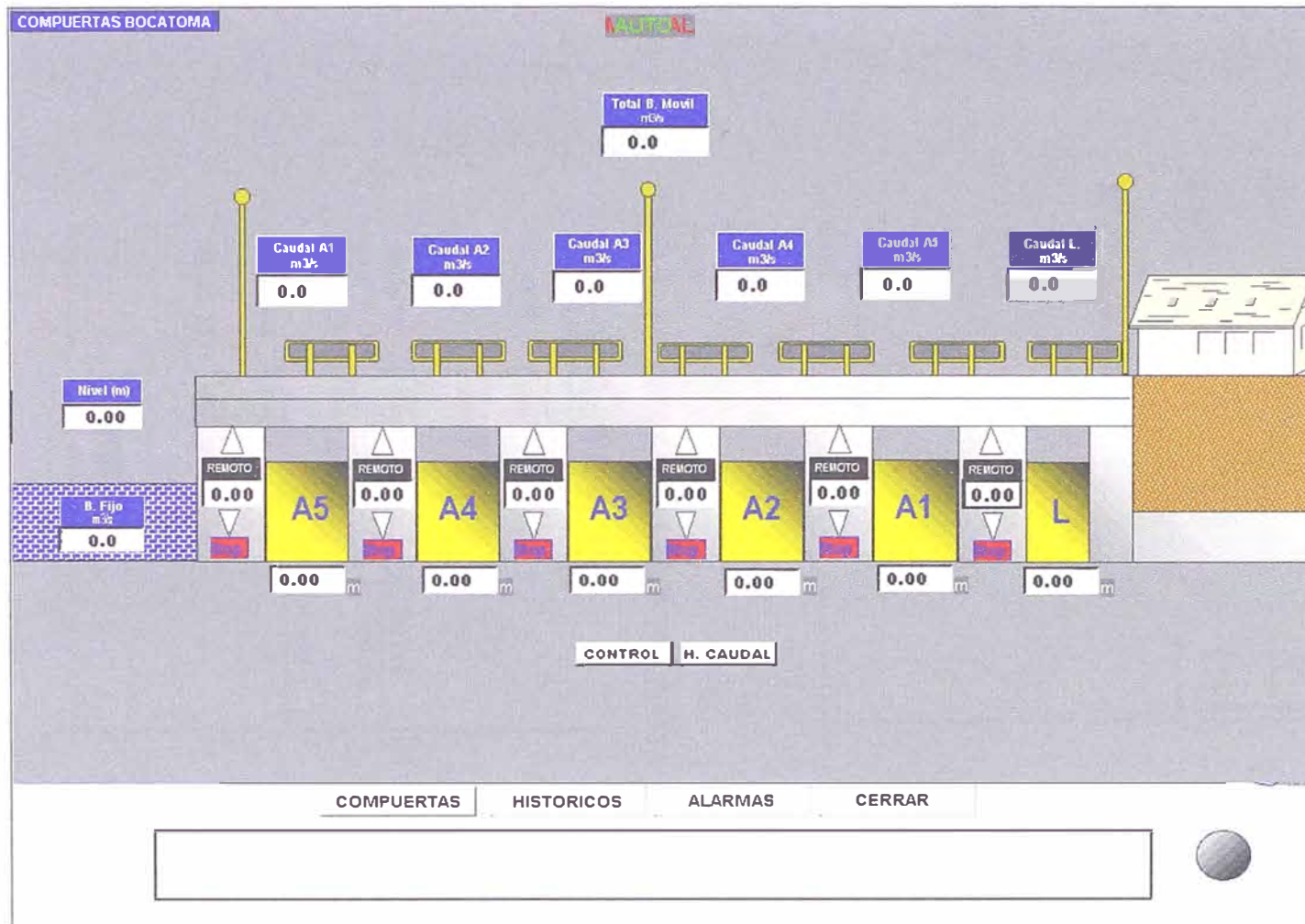


Figura N°3.3

PANTALLA DE CONTROL BOCATOMA

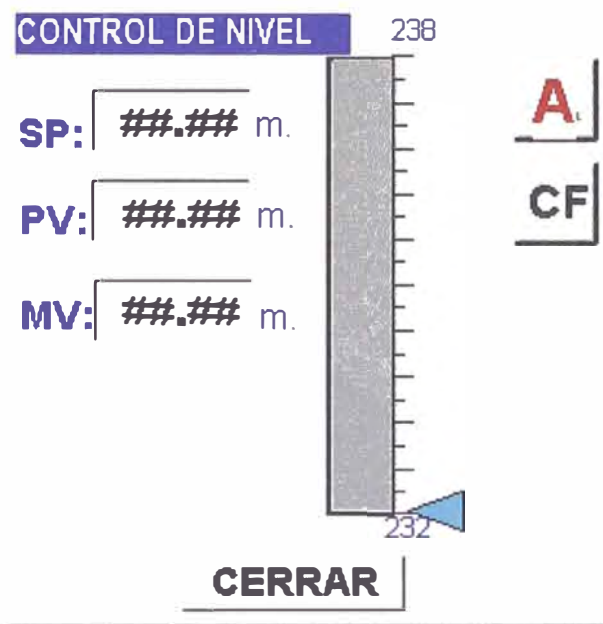


Figura N°3.4

PANTALLA DE CAUDALES BOCATOMA

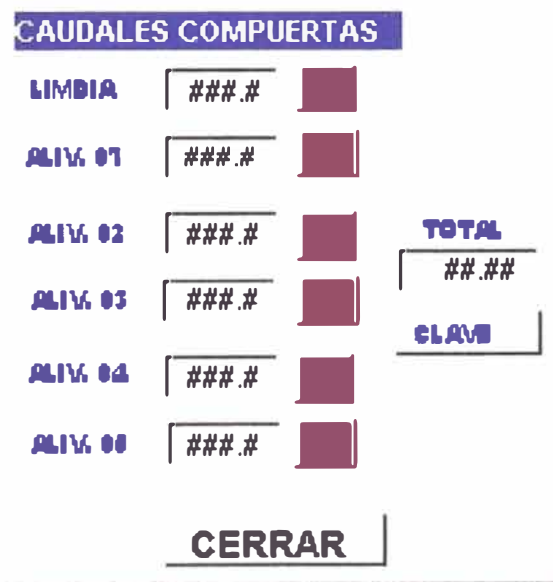


Figura N°3.5

PANTALLA DE COMPUERTAS CANAL

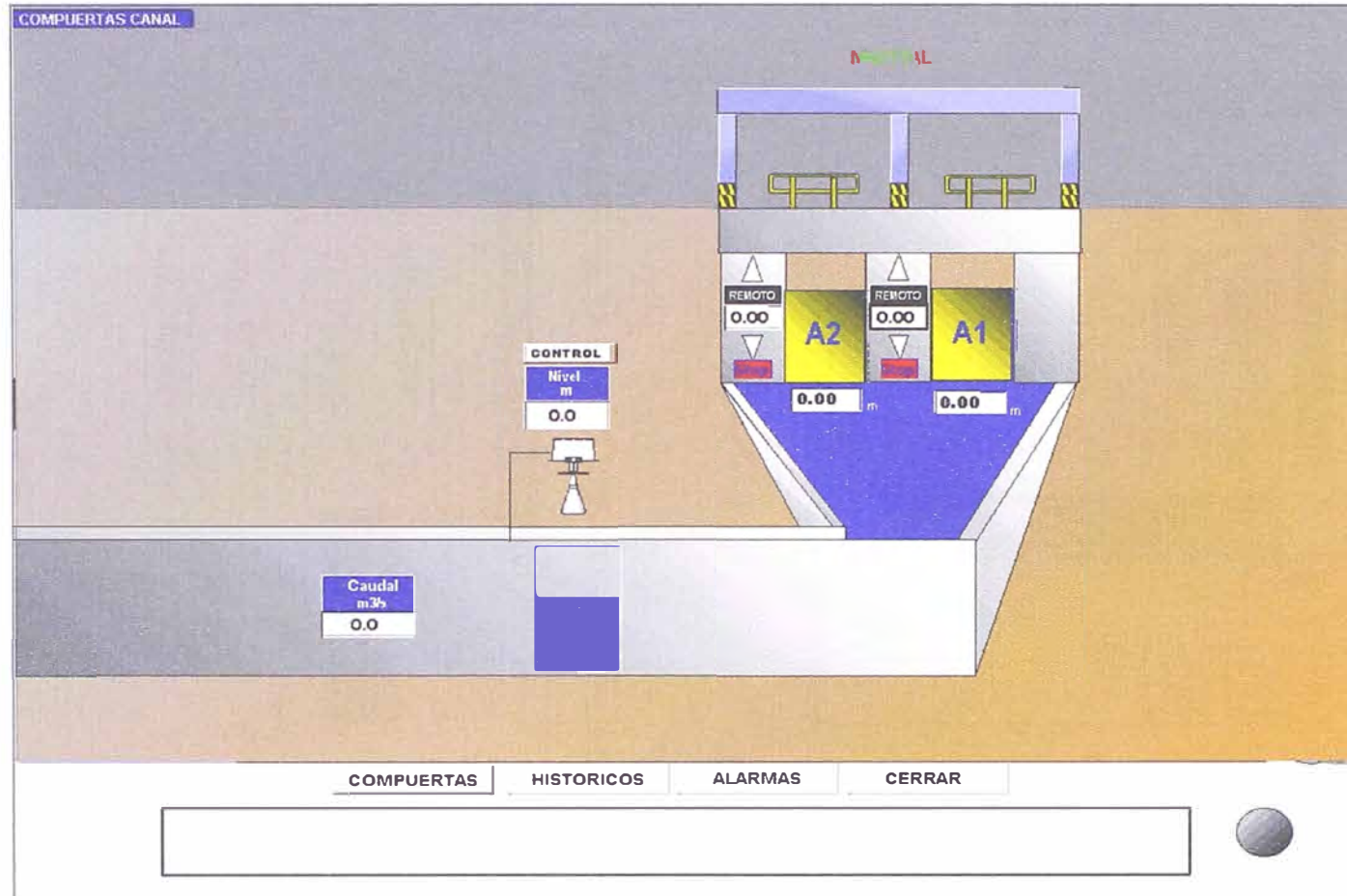


Figura N°3.6

PANTALLA DE CONTROL CAUDAL

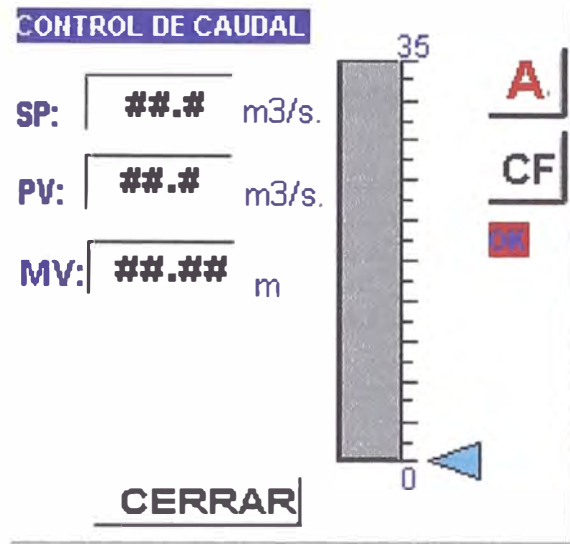


Figura N°3.7

PANTALLA DE PARÁMETROS CONTROL CAUDAL

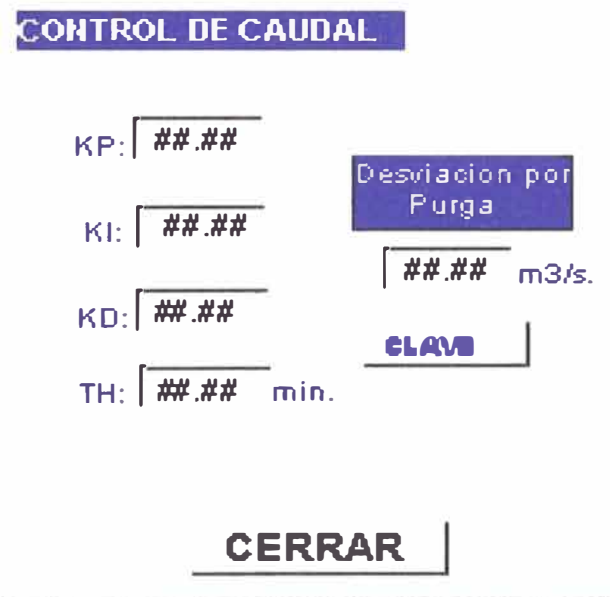
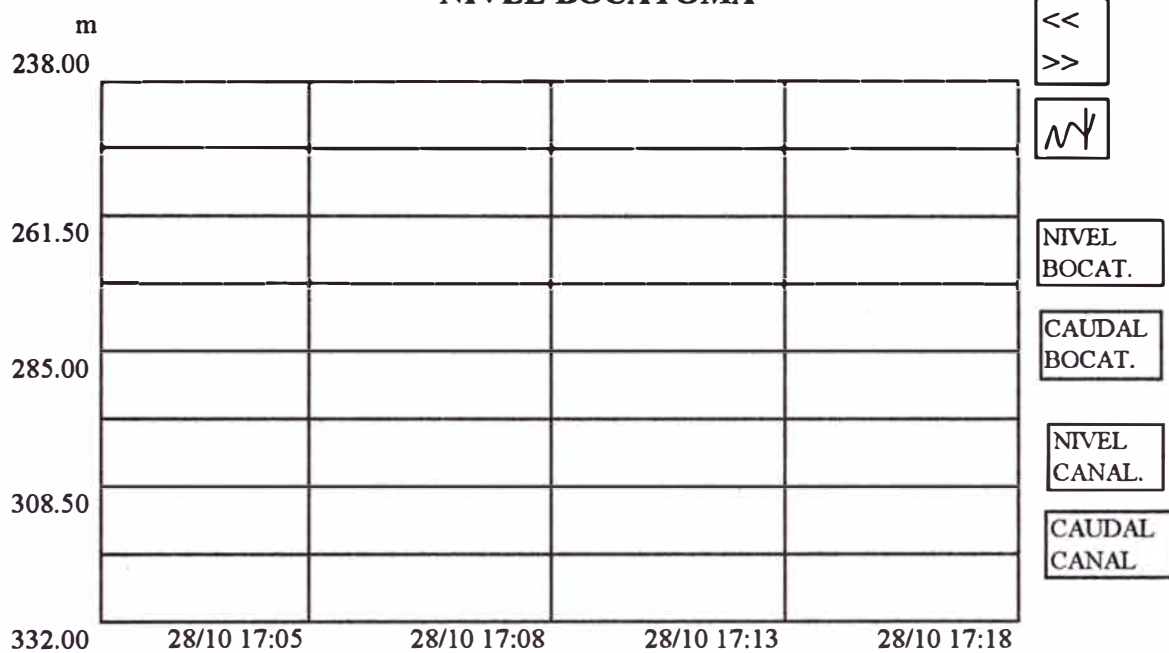


Figura N°3.8

PANTALLA CON HISTÓRICOS DE VARIABLES

NIVEL BOCATOMA



COMPUERTAS

HISTORICOS

ALARMAS

CERRAR



Figura N°3.9

PANTALLA DE ALARMAS DEL SISTEMA

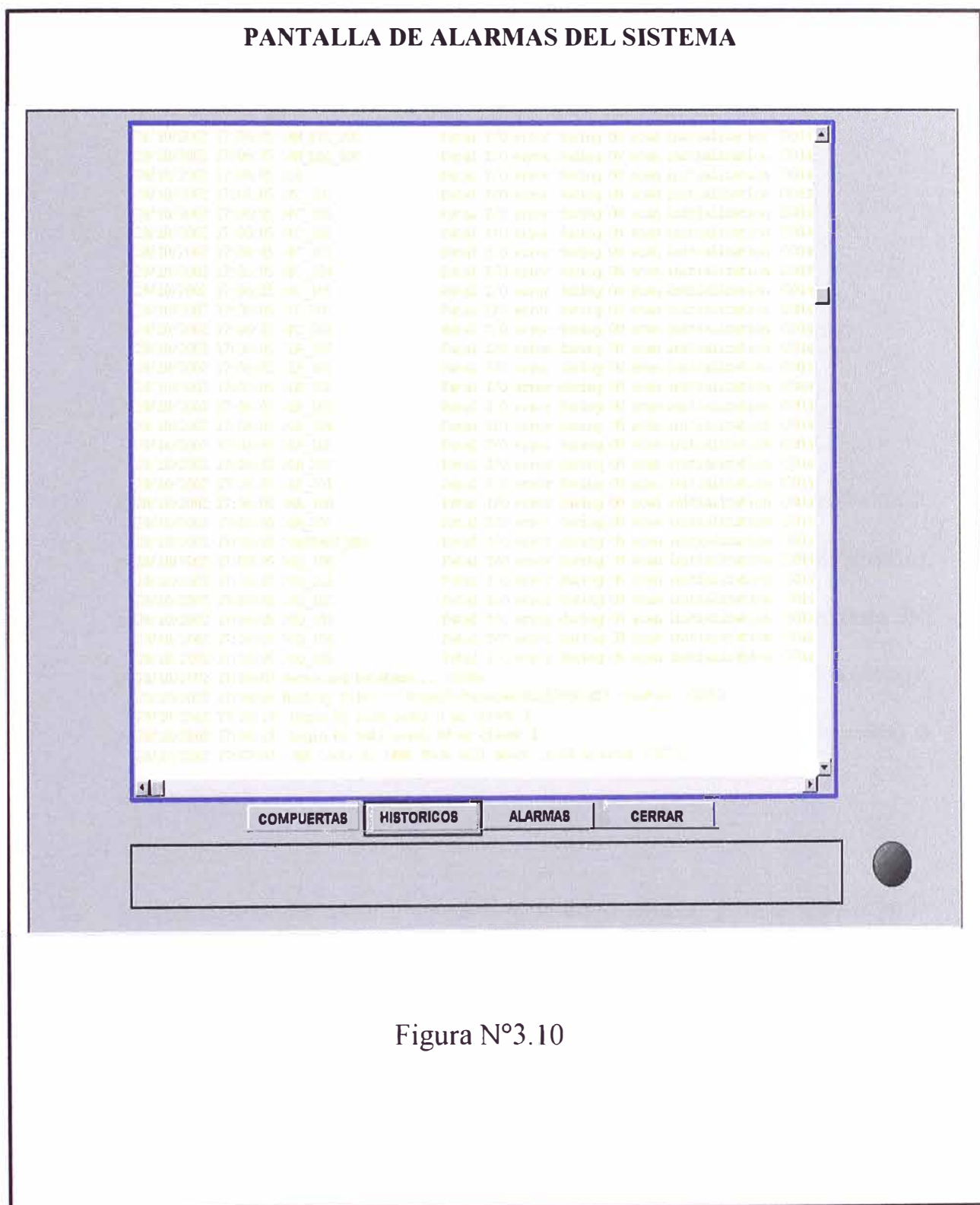


Figura N°3.10

CONCLUSIONES

- 1) Este documento, en el cual he detallado una importante experiencia profesional, pretende demostrar como con un poco de buena voluntad y con conocimientos actualizados, y sin demasiado costo, se pueden mejorar las instalaciones del estado disponiendo de los recursos en forma eficiente, trayendo consigo modernidad, productividad y mayor competitividad en el mercado nacional o internacional.

- 2) Es necesario poner sobre el tapete el tema de la seriedad y transparencia en la contratación de obras públicas o ejecución de proyectos en entidades del estado. En este informe se presentan aspectos técnicos que dejan en evidencia, la falta de estos principios éticos, por parte de la empresa que ganó la licitación pública para la construcción de la bocatoma “La Huaca” del P.E. CHINECAS y de los funcionarios que dieron el Vº Bº (Estos casos se presentan, generalmente, cuando la empresa que gana la buena pro lo hace con un presupuesto que esta muy por debajo del presupuesto base – 20 a 30% -, situación que, lógicamente, no les permite hacer un buen trabajo).

- 3) También es oportuno señalar como la falta de criterio de ciertos funcionarios públicos y la falta de conocimientos técnicos de un significativo número de profesionales (técnicos e ingenieros), limita el avance tecnológico y el desarrollo en empresas del estado, y en actividades tan importantes como la operación y mantenimiento de grandes infraestructuras, como la que se ha tratado en este informe.

- 4) Que es posible, a la luz de lo expuesto, haberse planteado, tal vez, mejores soluciones a la que he presentado, pero sin duda lo realizado es una muestra de un trabajo serio, responsable y con un importante sustento técnico, que fue reforzado oportunamente con el curso de actualización de conocimientos que seguí en la UNI en el 2º programa de titulación, entre diciembre del 2001 y marzo del año 2002.

- 5) Finalmente, en la tercera parte del Anexo V presento vistas fotográficas donde se aprecian los equipos y el proceso de montaje, del sistema de control optimizado, que viene ejecutándose a la fecha de elaboración del presente informe.

ANEXOS

ANEXO I

FALLAS IMPORTANTES EN EL SISTEMA DE CONTROL EXI

A continuación se presentan las fallas más importantes ocurridas durante los seis años de operación del sistema de control EXI, así como la acción realizada en su oportunidad y los resultados de la evaluación que a posteriori realice de cada una de ellas

FALLA 1

Descripción Entre 1996 y 1997, se producen continuas paralizaciones del hardware y software del sistema de control.

Acción Se contrató técnico de Brasil para solucionar la falla. Se insertó en el circuito de control la interfase ADAM 4520.

Evaluación : El motivo principal de la falla fue error en el diseño de la comunicación entre el CPU, sus interfases y periféricos.

FALLA 2:

Descripción Entre 1996 y 1997, se detectó interferencia de campo electromagnético provocada por al accionamiento de

contactores auxiliares (80 aprox.) del sistema de fuerza, instalados en tablero adyacente al tablero de control.

Acción : El técnico brasileño atenuó la interferencia con la instalación de circuitos filtro RC en cada contactor auxiliar.

Evaluación Falla producida por error de diseño y montaje.

FALLA 3:

Descripción : Entre Enero y Marzo de 1998, falló la fuente de alimentación FA24B por ingreso de gran cantidad de insectos, humedad y polvo al interior de la sala de control.

Acción Personal de mantenimiento secó y limpió todos los componentes.

Evaluación Falla producida por error de diseño y montaje.

FALLA 4:

Descripción : Entre Enero y Marzo de 1998, fallan y se deterioran contactores y fusibles del Sistema de Fuerza, por alta intensidad de corriente.

Acción : Personal de mantenimiento reemplazó componentes dañados.

Evaluación Por lo indicado en el informe respectivo, se deduce que el motivo de la falla podría atribuirse a un error de diseño, sin descartar una subtensión en el momento de la operación o una falla mecánica.

FALLA 5:

- Descripción** En Abril de 1998 falló la fuente de alimentación FA24B. Se descalibraron los limnímetros y los sensores de aperturas de compuertas.
- Acción** : Personal de mantenimiento calibró los limnímetros y sensores.
- Evaluación** : La causa de la falla se puede atribuir a las frecuentes fluctuaciones de tensión del suministro eléctrico (que hasta la fecha se presentan, aunque con menos frecuencia) entregado por la Mini central “Tanguche” de Chavimochic y al bajo rango de tensión de entrada que presenta la propia fuente.

FALLA 6:

- Descripción** Diciembre de 1998, fallaron las tarjetas de interfase IRL1, IRL2 y el Procesador de Entradas Analógicas AD810.
- Acción** Se contrató al técnico de Brasil para solucionar las fallas. Al termino de los trabajos el técnico llevó al Brasil la fuente de alimentación de repuesto (FA24B) para ser “MODERNIZADA” y mejorada en su capacidad para disipar calor (hasta la fecha el equipo no ha sido devuelto).
- Evaluación** La probable causa de la falla de estos componentes es Idem a lo descrito para la Falla 5, sumada a un error de diseño.

FALLA 7:

- Descripción** Julio del 2000, falla parcial de la fuente FA24B, descalibración del sensor de posición de compuerta de aliviadero 1.
- Acción** Se contrató a profesional peruano, especialista en automatización. Instaló una fuente de alimentación para el sistema de control, esta fuente CP TRONIC 220Vac / 24Vdc reemplazó parcialmente a la fuente FA24B, además se calibró el sensor de posición de compuerta de aliviadero 1 y se efectuó una revisión general del Tablero de Control.
- Evaluación** : La probable causa de la falla en estos componentes se puede atribuir a las frecuentes fluctuaciones de tensión del suministro eléctrico entregado por la Mini central de Chavimochic, asimismo a la falta de una mejor protección contra estas fluctuaciones por parte de la fuente CP TRONIC.

FALLA 8:

- Descripción** : Diciembre del 2000, la Unidad Central de Control UCC 03 presentó fallas en el hardware (los diskettes y los Disk Drives se malograban con frecuencia). Además el manejo de archivos y registros se afectaron por el fenómeno PIA2000.
- Acción** : El encargado del área de cómputo realizó trabajos en el sistema de control EXI para acoplar una PC a la Unidad Central de Control UCC 03. No se logro acoplar la PC al

sistema y se perdió la visualización de datos en el display de la UCC 03.

Evaluación

La intervención del encargado de cómputo no logró su objetivo, habiéndose presentado además un nuevo problema. Esta situación puede obedecer a la falta de información del software instalado (programa fuente y su mantenimiento), así como a la falta de esquemas y planos importantes que hasta la fecha no se han encontrado.

Asimismo se pone en evidencia que no se brindó una adecuada capacitación al personal técnico, lo que hubiera permitido intervenir con éxito tanto el hardware como el software del sistema, en el momento requerido.

ANEXO II

REPORTES HÍDRICOS E HIDRÁULICOS

SOFTWARE DE CONTROL ACTUAL Y OPTIMIZADO

PARTE I

REPORTES HÍDRICOS E HIDRÁULICOS

SOFTWARE DE CONTROL ACTUAL

PROYECTO ESPECIAL CHINECAS - BOCATOMA LA HUACA Pag. 1
 Informe general de ocurrencias referentes a la fecha: 26/03/2001

***** BOCATOMA *****										***** CANAL *****			
Kp = 10; Kd = 03; Ki = 20; H = 0; TM = 10										Ki=03; H=0; TM=10			
Hora	Nivel	Caud	C1	C2	C3	C4	C5	LI		Caud	Nivel	R1	R2
	(m)									(m3/s)			
00:00	SPBoc.=236.20									SPCan.=*0.0			
00:00	236.23	311	1.40	0.96	1.01	0.87	0.75	1.28		16.7	1.58	0.68	0.65
00:10	236.23	311	1.40	0.96	1.01	0.87	0.75	1.28		16.7	1.58	0.68	0.65
00:20	236.23	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.75	1.28		16.7	1.58	0.68	0.70
00:30	236.23	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.75	1.28		13.1	1.33	0.68	0.70
00:40	236.23	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.28		12.3	1.28	0.68	0.70
00:50	236.23	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.74	1.28		13.8	1.38	0.68	0.70
01:00	236.23	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.27		16.3	1.56	0.68	0.67
01:10	236.23	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.28		16.8	1.59	0.68	0.67
01:20	236.23	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.74	1.28		17.0	1.60	0.68	0.67
01:30	236.23	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.74	1.28		15.6	1.50	0.68	0.67
01:40	236.23	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.74	1.28		15.8	1.52	0.68	0.67
01:50	236.23	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.28		16.3	1.56	0.68	0.67
02:00	236.23	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.27		16.6	1.57	0.68	0.67
02:10	236.23	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.28		16.8	1.59	0.65	0.67
02:20	236.24	282	1.40	1.16	1.25	1.09	0.74	1.28		17.0	1.60	0.65	0.67
02:30	236.24	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.74	1.28		17.2	1.61	0.65	0.67
02:40	236.24	282	1.40	1.16	1.24	1.09	0.73	1.28		17.2	1.62	0.65	0.67
02:50	236.24	280	1.40	1.15	1.24	1.09	0.73	1.27		17.2	1.62	0.65	0.67
03:00	236.24	280	1.40	1.15	1.24	1.09	0.73	1.28		17.2	1.62	0.65	0.67
03:10	236.24	280	1.40	1.15	1.24	1.09	0.73	1.27		17.0	1.60	0.65	0.67
03:20	236.24	280	1.40	1.14	1.24	1.09	0.73	1.27		16.1	1.54	0.65	0.67
03:30	236.24	280	1.40	1.14	1.24	1.09	0.73	1.28		15.1	1.47	0.65	0.67
03:40	236.24	280	1.40	1.14	1.24	1.09	0.73	1.27		16.1	1.54	0.65	0.67
03:50	236.24	280	1.40	1.14	1.24	1.10	0.73	1.27		17.0	1.60	0.65	0.67
04:00	236.24	280	1.40	1.13	1.24	1.10	0.73	1.28		17.6	1.64	0.65	0.67
04:10	236.24	280	1.40	1.13	1.24	1.10	0.73	1.27		18.0	1.66	0.65	0.67
04:20	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.28		17.7	1.65	0.65	0.67
04:30	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.73	1.28		17.7	1.65	0.65	0.67
04:40	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.27		17.0	1.60	0.65	0.67
04:50	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.28		17.2	1.61	0.65	0.67
05:00	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.28		17.5	1.63	0.65	0.67
05:10	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.27		17.7	1.65	0.65	0.67
05:20	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.28		17.7	1.65	0.65	0.67
05:30	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.28		17.7	1.65	0.65	0.67
05:40	236.24	280	1.40	1.13	1.23	1.10	0.72	1.28		17.7	1.65	0.65	0.67
05:50	236.24	280	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		17.7	1.65	0.68	0.67
06:00	236.24	280	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.27		17.7	1.65	0.68	0.67
06:10	236.24	280	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.27		18.0	1.66	0.68	0.67
06:20	236.24	339	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		18.0	1.66	0.68	0.67
06:30	236.24	339	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		18.0	1.66	0.68	0.67
06:40	236.24	339	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		18.0	1.66	0.68	0.67
06:50	236.24	339	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		17.7	1.65	0.68	0.67
07:00	236.24	339	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		17.5	1.63	0.68	0.67
07:10	236.24	339	1.40	1.12	1.23	1.10	0.72	1.28		17.0	1.60	0.68	0.67
07:20	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.71	1.27		16.8	1.59	0.68	0.67
07:30	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.71	1.28		17.0	1.60	0.68	0.67
07:40	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.72	1.27		17.5	1.63	0.68	0.67
07:50	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.72	1.28		17.6	1.64	0.68	0.67
08:00	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.71	1.28		17.7	1.65	0.68	0.67
08:10	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.71	1.27		17.7	1.65	0.68	0.67
08:20	236.24	339	1.40	1.11	1.23	1.10	0.71	1.28		18.0	1.66	0.68	0.67

PROYECTO ESPECIAL CHINECAS - BOCATOMA LA HUACA Pag. 2
 Informe general de ocurrencias referentes a la fecha: 25/03/2001

***** BOCATOMA *****										***** CANAL *****			
Kp = 10; Kd = 03; Ki = 20; H = 0; TM = 10										Ki=03; H=0; TM=10			
Hora	Nivel (m)	Caud	C1	C2	C3	C4	C5	LI		Caud (m3/s)	Nivel	R1	R2
08:30	236.21	363	1.62	1.21	1.23	1.06	0.91	1.25		16.6	1.57	0.62	0.65
08:40	236.21	363	1.62	1.20	1.23	1.06	0.91	1.25		16.3	1.56	0.62	0.65
08:50	236.21	363	1.62	1.20	1.23	1.06	0.91	1.25		16.3	1.56	0.62	0.65
09:00	236.21	239	1.62	1.18	1.23	1.06	0.91	1.25		16.3	1.56	0.63	0.65
09:10	236.21	356	1.51	1.18	1.23	1.06	0.91	1.25		16.3	1.56	0.63	0.65
09:20	236.21	356	1.51	1.18	1.23	1.06	0.91	1.25		16.3	1.56	0.63	0.65
09:30	236.21	356	1.51	1.18	1.23	1.06	0.91	1.25		16.6	1.57	0.63	0.65
09:40	236.21	356	1.51	1.16	1.23	1.06	0.91	1.25		16.7	1.58	0.63	0.65
09:50	236.21	356	1.51	1.16	1.23	1.06	0.91	1.25		16.7	1.58	0.63	0.65
10:00	236.21	356	1.51	1.16	1.23	1.06	0.91	1.25		16.8	1.59	0.63	0.65
10:10	236.21	356	1.51	1.16	1.23	1.06	0.91	1.25		16.8	1.59	0.63	0.65
10:20	236.21	351	1.50	1.15	1.23	1.06	0.91	1.25		16.8	1.59	0.63	0.65
10:30	236.21	351	1.50	1.14	1.23	1.06	0.91	1.25		16.8	1.59	0.63	0.65
10:40	236.21	351	1.50	1.14	1.23	1.06	0.91	1.25		16.8	1.59	0.63	0.65
10:50	236.21	351	1.50	1.14	1.23	1.06	0.91	1.25		16.7	1.58	0.63	0.65
11:00	236.21	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.7	1.58	0.63	0.65
11:10	236.21	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.7	1.58	0.63	0.65
11:20	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.6	1.57	0.63	0.65
11:30	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.2	1.55	0.63	0.65
11:40	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.0	1.53	0.63	0.65
11:50	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.0	1.53	0.63	0.65
12:00	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		16.0	1.53	0.63	0.65
12:10	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.06	0.91	1.25		15.6	1.51	0.63	0.65
12:20	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.6	1.50	0.63	0.65
12:30	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.6	1.50	0.63	0.65
12:40	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.6	1.51	0.63	0.65
12:50	236.22	355	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.26		15.6	1.51	0.63	0.65
13:00	236.22	355	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.26		15.8	1.52	0.63	0.65
13:10	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.8	1.52	0.63	0.65
13:20	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.8	1.52	0.63	0.65
13:30	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.6	1.51	0.63	0.65
13:40	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.3	1.49	0.63	0.65
13:50	236.22	355	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.26		15.1	1.47	0.63	0.65
14:00	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.1	1.47	0.63	0.65
14:10	236.22	351	1.50	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.3	1.48	0.63	0.65
14:20	236.22	354	1.51	1.13	1.23	1.07	0.91	1.25		15.3	1.48	0.63	0.65
14:30	236.22	351	1.51	1.13	1.23	1.07	0.90	1.25		15.3	1.49	0.63	0.65
14:40	236.22	351	1.51	1.13	1.23	1.07	0.89	1.25		15.3	1.49	0.63	0.65
14:50	236.22	349	1.50	1.13	1.23	1.07	0.89	1.25		15.6	1.50	0.63	0.65
15:00	236.22	349	1.50	1.13	1.23	1.07	0.89	1.25		15.6	1.51	0.63	0.65
15:10	236.22	351	1.51	1.13	1.23	1.07	0.89	1.25		16.0	1.53	0.63	0.65
15:20	236.22	351	1.51	1.12	1.23	1.07	0.89	1.25		16.2	1.55	0.63	0.65
15:30	236.22	351	1.51	1.12	1.23	1.07	0.89	1.25		16.2	1.55	0.63	0.65
15:40	236.22	349	1.50	1.12	1.23	1.07	0.89	1.25		16.3	1.56	0.63	0.65
15:50	236.22	353	1.51	1.12	1.23	1.07	0.89	1.26		16.3	1.56	0.63	0.65
16:00	236.22	349	1.50	1.12	1.23	1.07	0.89	1.25		16.3	1.56	0.53	0.65
16:10	236.22	349	1.50	1.12	1.23	1.07	0.89	1.25		16.3	1.56	0.53	0.65
16:20	236.22	349	1.50	1.12	1.23	1.07	0.89	1.25		16.3	1.56	0.53	0.65
16:30	236.22	350	1.50	1.11	1.23	1.07	0.89	1.26		16.3	1.56	0.53	0.65
16:40	236.22	349	1.50	1.11	1.23	1.07	0.89	1.25		16.3	1.56	0.53	0.65
16:50	236.22	353	1.51	1.11	1.23	1.07	0.89	1.26		16.3	1.56	0.53	0.65

PROYECTO ESPECIAL CHINECAS - BOCATOMA LA HUACA Pag. 3
 Informe general de ocurrencias referentes a la fecha: 26/03/2001

***** BOCATOMA *****										***** CANAL *****				
Kp = 10; Kd = 03; Ki = 20; H = 0; TM = 10										Ki=03; H=0; TM=10				
Hora	Nivel (m)	Caud	C1	C2	C3	C4	C5	LI		Caud	Nivel	R1	R2	
			(m)								(m3/s)			
17:00	236.28	263	1.18	1.10	1.25	1.11	0.69	1.13		16.6	1.57	0.62	0.62	
17:10	236.31	264	1.18	1.10	1.25	1.11	0.69	1.13		16.7	1.58	0.61	0.63	
17:20	236.31	264	1.18	1.10	1.25	1.11	0.69	1.13		16.7	1.58	0.61	0.62	
17:30	236.32	266	1.18	1.11	1.25	1.11	0.69	1.13		16.6	1.57	0.61	0.62	
17:40	236.35	267	1.18	1.11	1.25	1.11	0.68	1.13		16.6	1.57	0.61	0.62	
17:50	236.36	265	1.18	1.10	1.25	1.11	0.68	1.13		16.3	1.56	0.61	0.62	
18:00	236.36	265	1.18	1.10	1.25	1.11	0.68	1.13		16.3	1.56	0.61	0.62	
18:10	236.37	266	1.17	1.10	1.25	1.11	0.68	1.13		16.2	1.55	0.61	0.62	
18:20	236.41	267	1.17	1.10	1.25	1.11	0.68	1.13		16.2	1.55	0.61	0.62	
18:30	236.40	329	1.16	1.10	1.24	1.11	0.68	1.13		16.2	1.55	0.61	0.62	
18:40	236.36	328	1.17	1.10	1.24	1.11	0.68	1.13		16.2	1.55	0.61	0.62	
18:50	236.37	328	1.16	1.10	1.24	1.11	0.68	1.13		16.1	1.54	0.61	0.62	
19:00	236.36	328	1.16	1.10	1.24	1.11	0.68	1.13		16.0	1.53	0.61	0.62	
19:10	236.39	329	1.16	1.10	1.24	1.11	0.68	1.13		16.0	1.53	0.61	0.62	
19:20	236.39	329	1.16	1.10	1.24	1.11	0.68	1.13		16.0	1.53	0.61	0.62	
19:30	236.39	329	1.16	1.10	1.23	1.11	0.68	1.13		15.8	1.52	0.61	0.62	
19:40	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.68	1.13		15.6	1.51	0.61	0.62	
19:50	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.68	1.13		15.3	1.49	0.61	0.62	
20:00	236.40	327	1.16	1.10	1.23	1.10	0.68	1.13		15.6	1.50	0.61	0.62	
20:10	236.40	327	1.16	1.10	1.23	1.10	0.67	1.13		15.8	1.52	0.61	0.62	
20:20	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.67	1.13		16.0	1.53	0.61	0.62	
20:30	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.67	1.13		16.0	1.53	0.61	0.62	
20:40	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.67	1.13		16.1	1.54	0.61	0.62	
20:50	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.67	1.13		16.1	1.54	0.61	0.62	
21:00	236.39	326	1.16	1.10	1.23	1.10	0.67	1.13		16.2	1.55	0.61	0.62	
21:10	236.40	327	1.16	1.09	1.23	1.10	0.67	1.13		16.2	1.55	0.61	0.62	
21:20	236.40	262	1.16	1.09	1.23	1.10	0.67	0.98		16.2	1.55	0.61	0.62	
21:30	236.40	262	1.16	1.09	1.23	1.10	0.67	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
21:40	236.40	262	1.16	1.09	1.23	1.10	0.66	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
21:50	236.41	263	1.16	1.09	1.23	1.10	0.66	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
22:00	236.41	263	1.16	1.09	1.23	1.10	0.66	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
22:10	236.41	260	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
22:20	236.42	263	1.16	1.09	1.23	1.10	0.66	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
22:30	236.42	263	1.16	1.08	1.23	1.10	0.66	0.98		16.2	1.55	0.64	0.62	
22:40	236.43	261	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.98		16.2	1.55	0.67	0.68	
22:50	236.43	261	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.98		16.2	1.55	0.67	0.68	
23:00	236.44	261	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.99		16.2	1.55	0.67	0.68	
23:10	236.44	261	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.98		16.2	1.55	0.67	0.68	
23:20	236.44	261	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.98		16.2	1.55	0.67	0.68	
23:30	236.45	257	1.16	1.08	1.23	1.10	0.65	0.84		16.2	1.55	0.67	0.68	
23:40	236.46	253	1.16	1.08	1.10	1.10	0.65	0.95		16.3	1.56	0.67	0.68	
23:50	236.46	253	1.16	1.08	1.10	1.10	0.65	0.95		16.3	1.56	0.67	0.68	

PARTE II

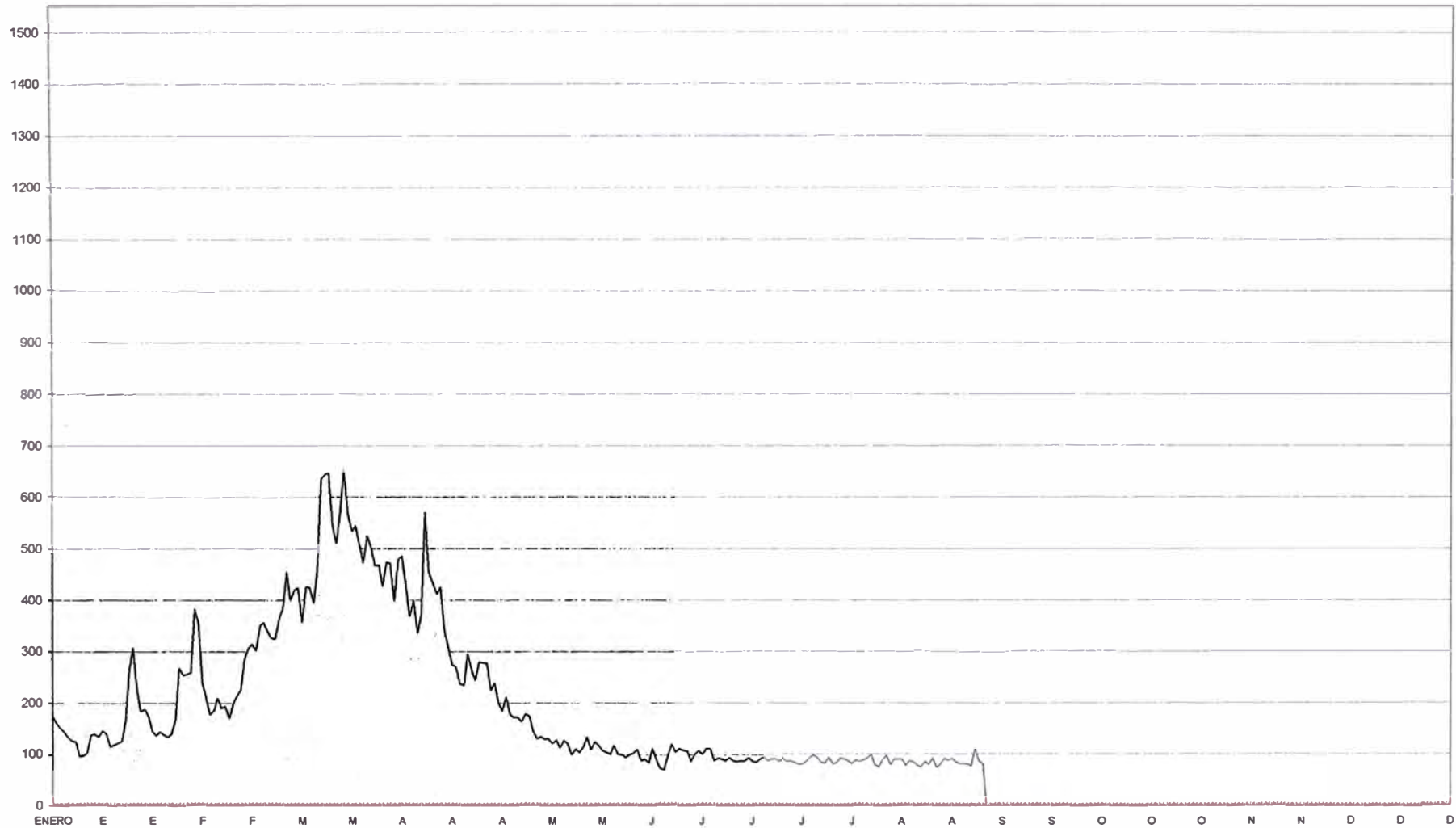
REPORTES HÍDRICOS E HIDRÁULICOS
SOFTWARE DE CONTROL OPTIMIZADO

CUADRO I
CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO RIO SANTA (m³/s)
ESTACIÓN BOCATOMA LA HUACA

2002												
Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	175.0	141.0	365.0	479.0	172.0	103.0	95.0	92.0	74.0			
2	161.0	170.0	384.0	486.0	173.0	110.0	87.0	99.0	100.0			
3	152.0	268.0	455.0	429.0	164.0	89.0	85.0	79.0	84.0			
4	144.0	255.0	400.0	369.0	179.0	91.0	92.0	76.0	85.0			
5	135.0	256.0	420.0	398.0	176.0	84.0	96.0	89.0	88.0			
6	127.0	259.0	423.0	336.0	146.0	111.0	88.0	97.0	82.0			
7	126.0	382.0	357.0	373.0	131.0	90.0	90.0	80.0	82.0			
8	97.0	358.0	426.0	570.0	136.0	74.0	92.0	90.0	74.0			
9	98.0	240.0	424.0	455.0	130.0	70.0	86.0	90.0	79.0			
10	104.0	211.0	395.0	433.0	131.0	100.0	93.0	90.0	79.0			
11	138.0	178.0	456.0	412.0	122.0	120.0	86.0	79.0	92.0			
12	140.0	186.0	635.0	425.0	129.0	105.0	87.0	87.0	90.0			
13	136.0	210.0	643.0	339.0	114.0	112.0	84.0	85.0	85.0			
14	147.0	190.0	648.0	309.0	128.0	108.0	81.0	78.0	78.0			
15	141.0	194.0	543.0	275.0	122.0	107.0	81.0	76.0	78.0			
16	116.0	170.0	509.0	270.0	100.0	88.0	85.0	86.0	76.0			
17	119.0	199.0	574.0	237.0	111.0	101.0	92.0	80.0	64.0			
18	123.0	214.0	654.0	235.0	104.0	108.0	98.0	92.0	81.0			
19	127.0	226.0	568.0	296.0	115.0	101.0	94.0	74.0	76.0			
20	165.0	284.0	534.0	264.0	135.0	112.0	84.0	81.0	70.0			
21	265.0	307.0	544.0	244.0	110.0	112.0	83.0	91.0	86.0			
22	308.0	315.0	506.0	280.0	125.0	89.0	94.0	88.0	76.0			
23	225.0	302.0	473.0	278.0	118.0	93.0	82.0	91.0	89.0			
24	183.0	350.0	525.0	277.0	108.0	92.0	83.0	84.0	83.0			
25	189.0	356.0	502.0	225.0	105.0	88.0	92.0	82.0	88.0			
26	174.0	338.0	467.0	239.0	101.0	95.0	90.0	82.0	88.0			
27	146.0	326.0	468.0	200.0	118.0	88.0	87.0	81.0				
28	137.0	325.0	427.0	185.0	101.0	87.0	82.0	77.0				
29	145.0		474.0	211.0	100.0	88.0	89.0	111.0				
30	138.0		471.0	177.0	95.0	88.0	86.0	86.0				
31	135.0		399.0		100.0		89.0	81.0				
MAX	308.0	382.0	654.0	570.0	179.0	120.0	98.0	111.0	100.0	0.0	0.0	0.0

CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO RÍO SANTA (m³/s)
BOCATOMA LA HUACA
2002

GRAFICO-1.1



CUADRO II
CAUDAL PROMEDIO DIARIO (m³/s)

SETIEMBRE 2002

DIA	CAUDAL APORTADO RIO SANTA	CAUDAL CANAL IRCHIM	CAUDAL SALIDA RIO SANTA	OBSERVACIONES
01	40.950	16.280	24.670	MIRA DESARENADOR: 1.85 M (23:00 - 14:00) y 1.70 M (14:00 -23:00)
02	49.100	17.720	31.380	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
03	47.460	16.960	30.500	
04	51.770	17.230	34.540	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.80 M (14:00 -23:00)
05	56.500	16.960	39.540	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
06	55.410	17.240	38.170	
07	55.070	17.150	37.920	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
08	40.970	17.180	23.790	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
09	50.530	17.320	33.210	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
10	54.060	16.900	37.160	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.70 M (14:00 -01:00)
11	49.310	17.350	31.960	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
12	51.350	17.350	34.000	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 1HORA
13	54.260	17.430	36.830	
14	44.980	17.150	27.830	
15	36.260	16.720	19.540	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 3HORAS
16	43.800	16.970	26.830	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 1HORA
17	43.850	16.680	27.170	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:4HORAS
18	45.490	17.190	28.300	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:4HORAS
19	42.360	16.700	25.660	
20	40.830	16.250	24.580	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 1HORA
21	48.700	16.280	32.420	
22	38.940	16.530	22.410	
23	47.750	16.670	31.080	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:3HORAS
24	46.020	16.850	29.170	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:4HORAS
25	50.640	17.430	33.210	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
26	46.070	17.950	28.120	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 2 HORAS
27				
28				
29				
30				
31				
	47.401	17.017	30.384	CAUDAL MEDIO MENSUAL
	100%	35.90%	64.10%	

GRAFICO DE OPERACION
SETIEMBRE 2002
CAUDAL PROMEDIO DIARIO

GRAFICO-2.1

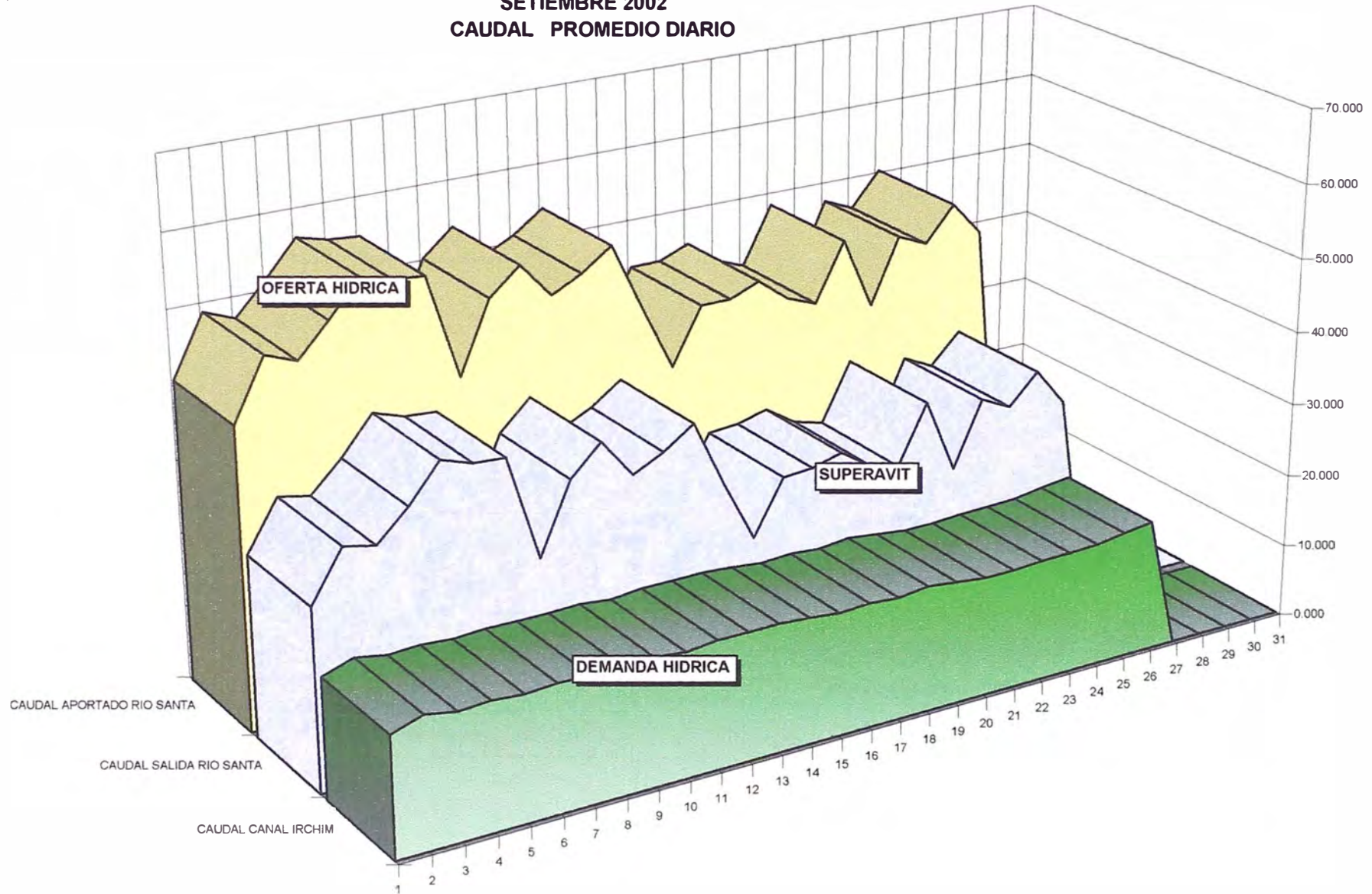
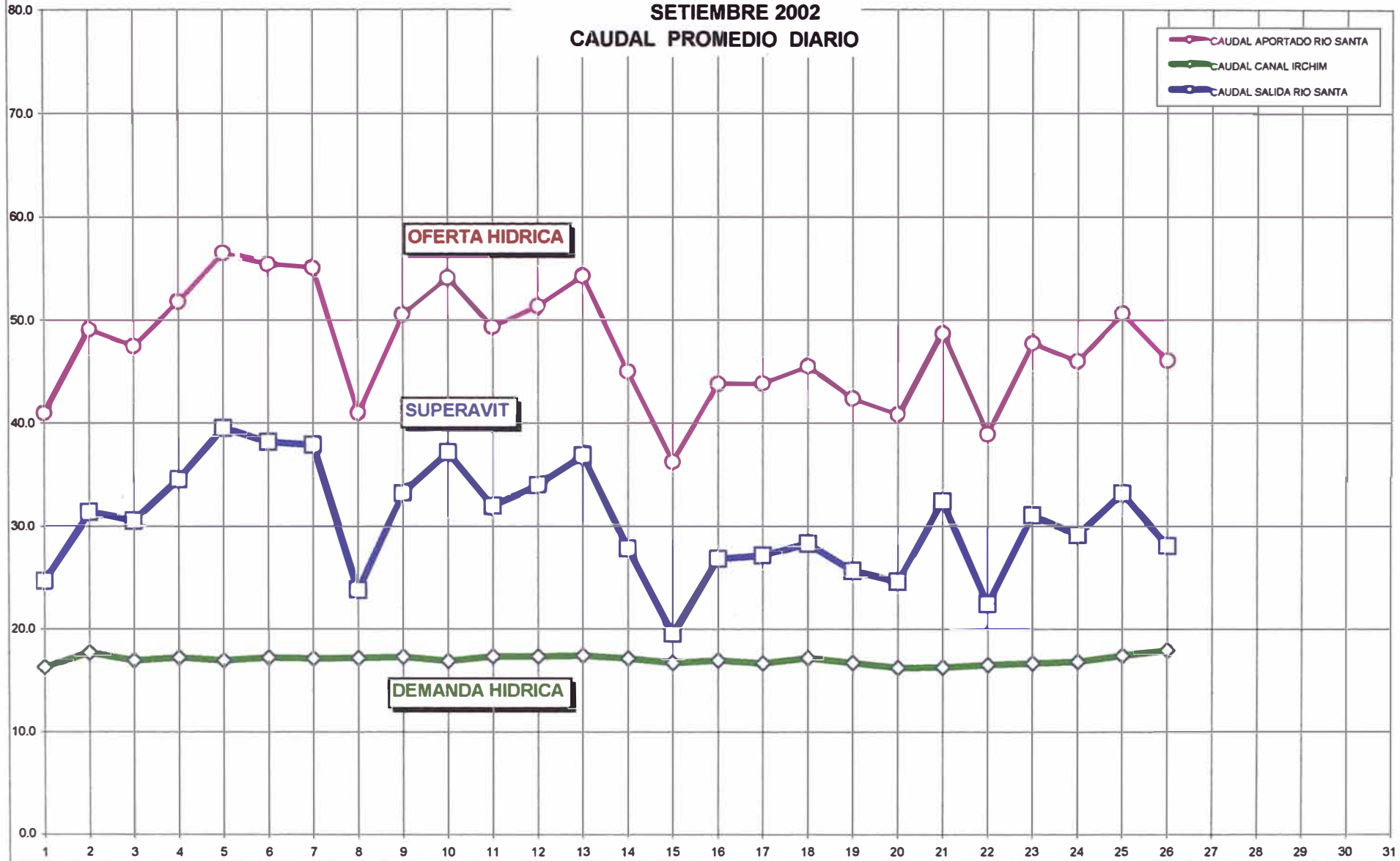


GRAFICO-2.2

GRAFICO DE OPERACION
SETIEMBRE 2002
CAUDAL PROMEDIO DIARIO

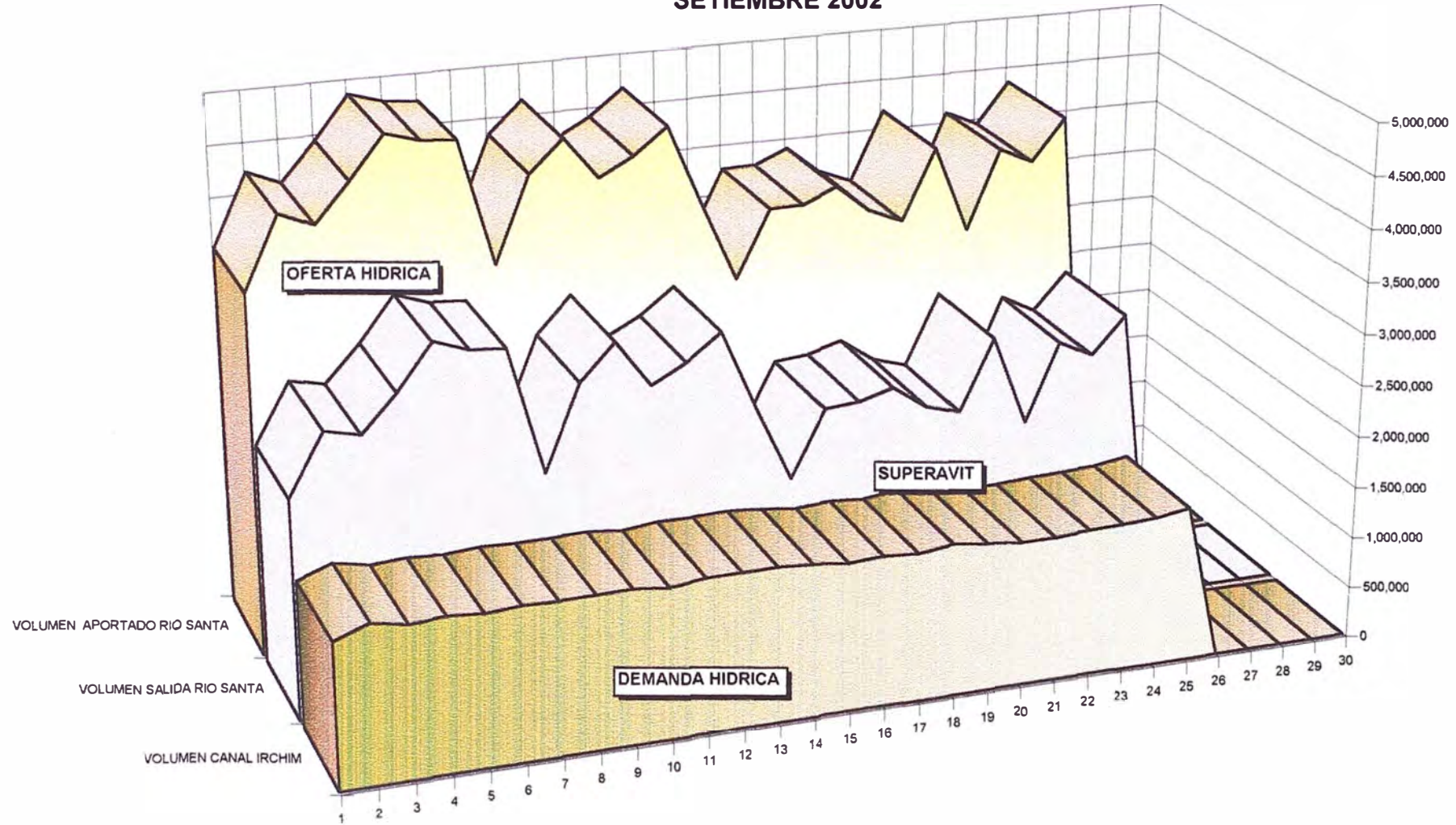


CUADRO III
BALANCE HIDRICO SISTEMA IRCHIM
VOLUMEN PROMEDIO DIARIO (m³)

SETIEMBRE 2002

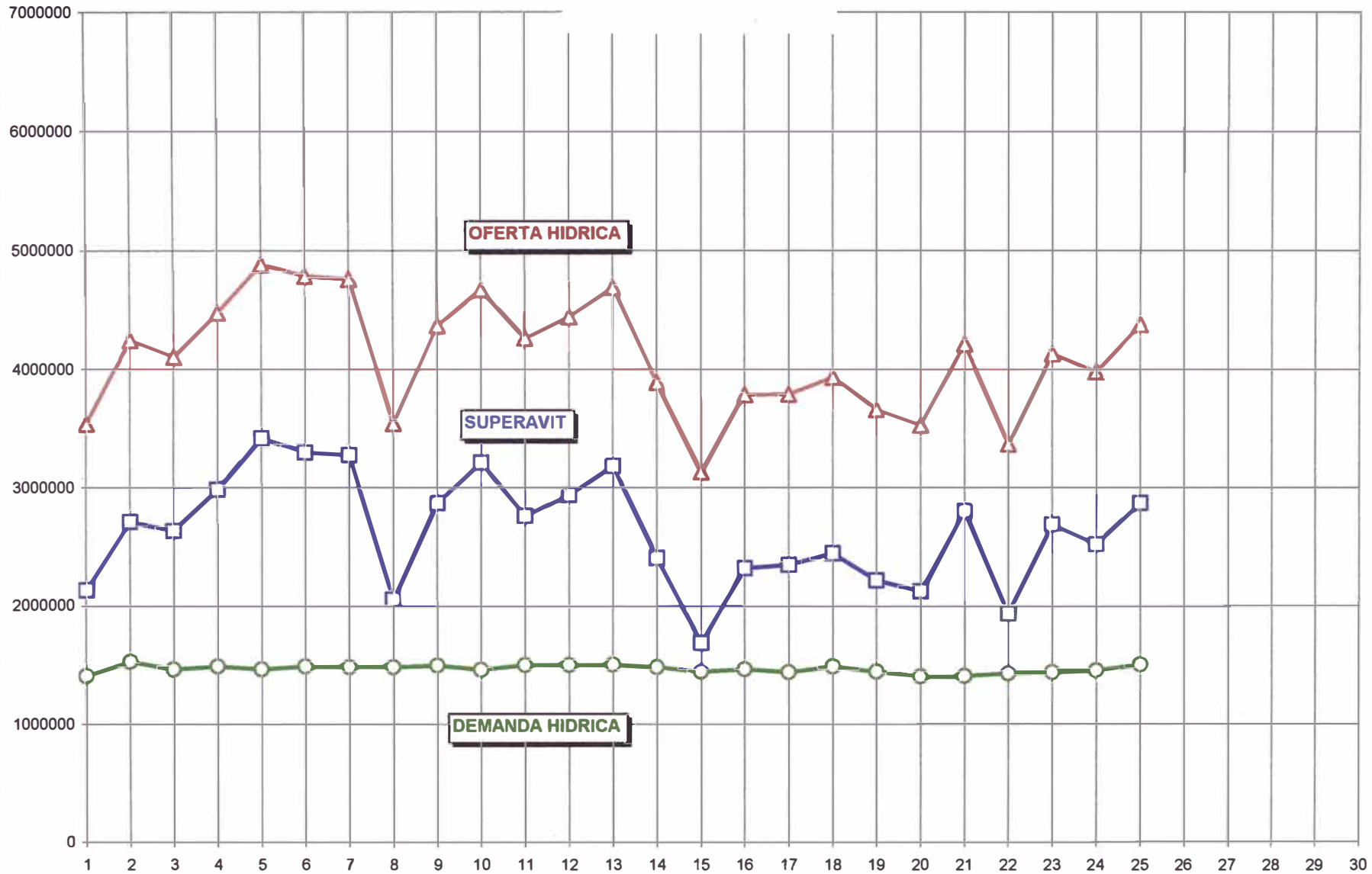
DIA	VOLUMEN APORTADO RIO SANTA	VOLUMEN CANAL IRCHIM	VOLUMEN SALIDA RIO SANTA	OBSERVACIONES
01	3,538,080	1,406,592	2,131,488	MIRA DESARENADOR: 1.85 M (23:00 - 14:00) y 1.70 M (14:00 -23:00)
02	4,242,240	1,531,008	2,711,232	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
03	4,100,544	1,465,344	2,635,200	
04	4,472,928	1,488,672	2,984,256	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.80 M (14:00 -23:00)
05	4,881,600	1,465,344	3,416,256	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
06	4,787,424	1,489,536	3,297,888	
07	4,758,048	1,481,760	3,276,288	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
08	3,539,808	1,484,352	2,055,456	MIRA DESARENADOR: 1.90 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
09	4,365,792	1,496,448	2,869,344	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
10	4,670,784	1,460,160	3,210,624	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.70 M (14:00 -01:00)
11	4,260,384	1,499,040	2,761,344	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
12	4,436,640	1,499,040	2,937,600	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 1HORA
13	4,688,064	1,505,952	3,182,112	
14	3,886,272	1,481,760	2,404,512	
15	3,132,864	1,444,608	1,688,256	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 3HORAS
16	3,784,320	1,466,208	2,318,112	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 1HORA
17	3,788,640	1,441,152	2,347,488	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:4HORAS
18	3,930,336	1,485,216	2,445,120	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:4HORAS
19	3,659,904	1,442,880	2,217,024	
20	3,527,712	1,404,000	2,123,712	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO: 1HORA
21	4,207,680	1,406,592	2,801,088	
22	3,364,416	1,428,192	1,936,224	
23	4,125,600	1,440,288	2,685,312	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:3HORAS
24	3,976,128	1,455,840	2,520,288	CAUDAL REMANENTE MENOR AL CAUDAL ECOLÓGICO:4HORAS
25	4,375,296	1,505,952	2,869,344	MIRA DESARENADOR: 1.95 M (23:00 - 14:00) y 1.75 M (14:00 -23:00)
26				
27				
28				
29				
30				
	4,100,060	1,467,037	2,633,023	VOLUMEN MEDIO DIARIO
	102,501,504	36,675,936	65,825,568	VOLUMEN TOTAL (m³)
	100.00%	35.78%	64.22%	PORCENTAJE

**BALANCE HIDRICO
SISTEMA DE RIEGO IRCHIM
SETIEMBRE 2002**



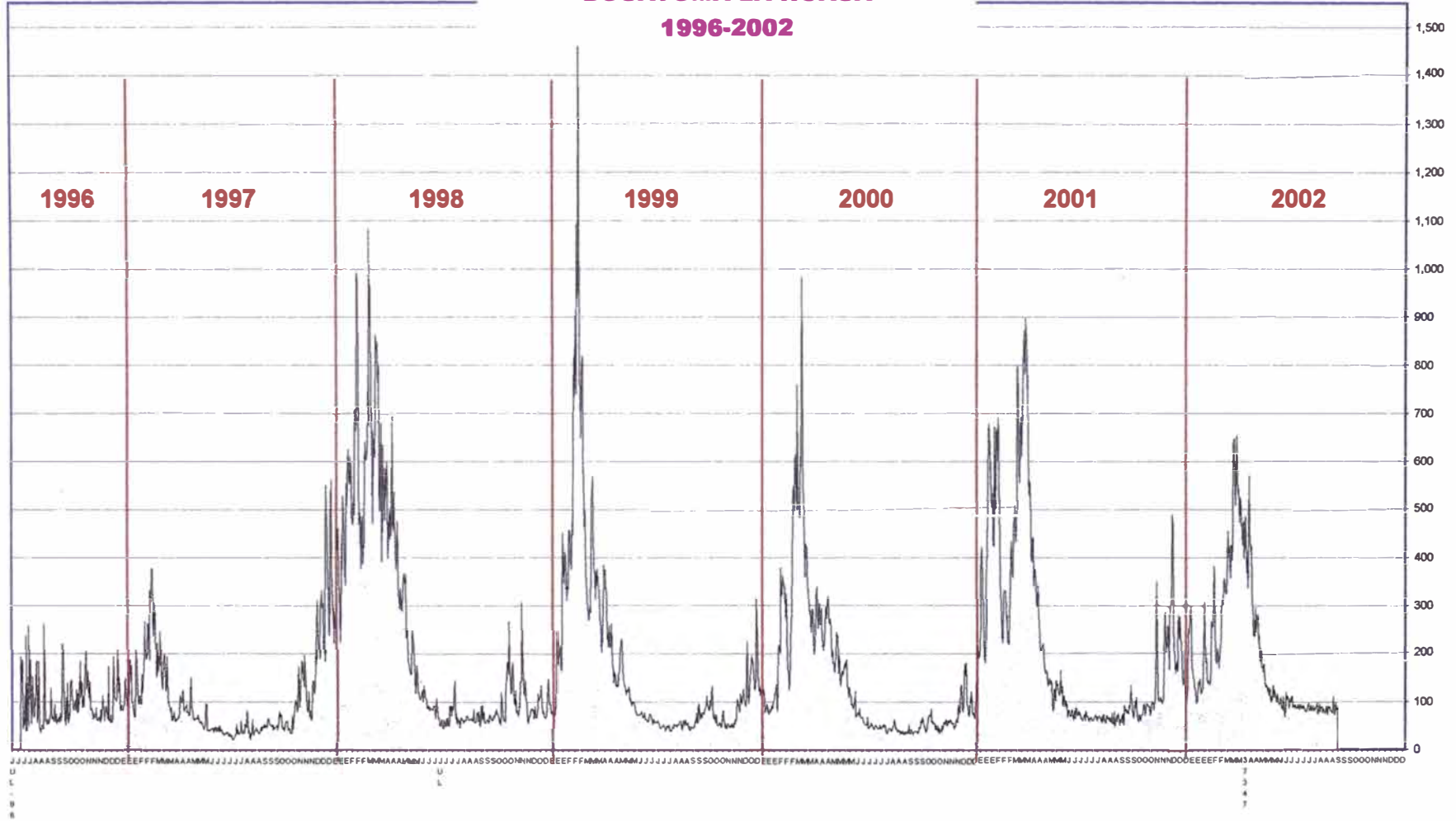
BALANCE HIDRICO
SISTEMA DE RIEGO IRCHIM
SETIEMBRE 2002

GRAFICO 3.2



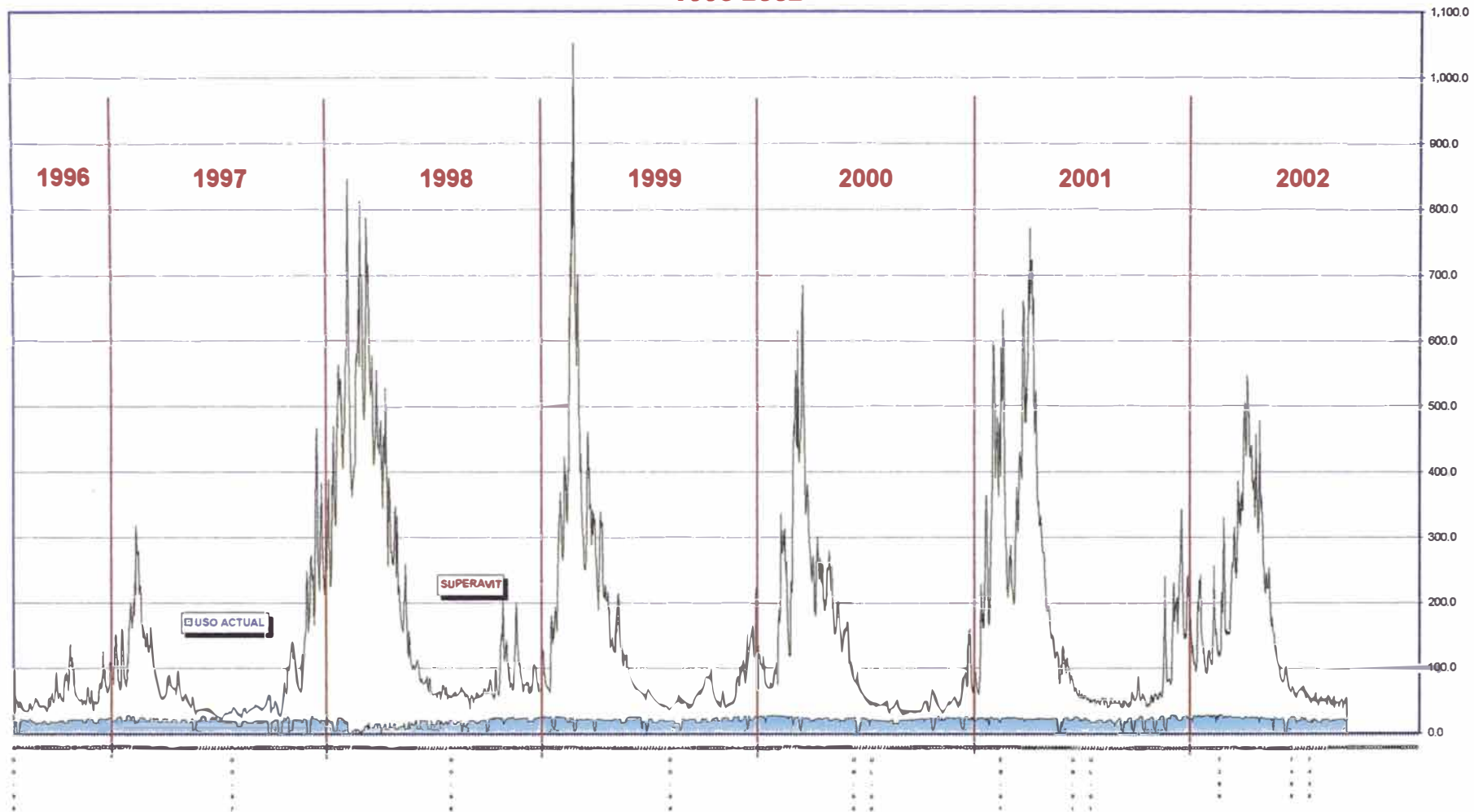
CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO (m³/s)
RÍO SANTA
BOCATOMA LA HUACA
1996-2002

GRAFICO 4



**BALANCE DE USO ACTUAL EN EL P.E. CHINECAS
CAUDALES PROMEDIOS DIARIOS
1996-2002**

GRAFICO 5



CUADRO IV
CUADRO DE OPERACIÓN

PARAMETROS HIDRICOS PRINCIPALES DEL RIO Y CANAL DE CAPTACION

DÍA:

SET POINT RIO (m.s.n.m.):

SET POINT CANAL (m):

HORA	RIO SANTA						CANAL DE CAPTACION				
	CAUDAL			VOLUMEN			NIVEL DE EMBALSE		CAUDAL CAPTADO (m ³ / s)	VOLUMEN CAPTADO (m ³)	TIRANTE CANAL (m)
	MAXIMO (m ³ / s)	MINIMO (m ³ / s)	PROMEDIO (m ³ / s)	MAXIMO (m ³)	MINIMO (m ³)	PROMEDIO (m ³)	MAXIMO (m ³)	MINIMO (m ³)			
01	40.950	40.950	40.950	según formula rio			235.250		11.500	según formula canal	1.750
02	49.100	49.100	49.100				235.150		11.510		1.740
03	47.460	47.460	47.460				235.000		11.480		1.720
04	51.770	51.770	51.770				234.950		11.170		1.730
05	56.500	56.500	56.500				235.150		11.510		1.750
06	55.410	55.410	55.410				235.000		11.480		1.740
07	55.070	55.070	55.070				234.950		11.170		1.720
08	40.970	40.970	40.970				235.150		11.510		1.730
09	50.530	50.530	50.530				235.000		11.480		1.750
10	54.060	54.060	54.060				234.950		11.170		1.740
11	49.310	49.310	49.310				235.150		11.510		1.720
12	51.350	51.350	51.350				235.000		11.480		1.730
13	54.260	54.260	54.260				234.950		11.170		1.750
14	44.980	44.980	44.980				235.150		11.480		1.740
15	36.260	36.260	36.260				235.000		11.170		1.720
16	43.800	43.800	43.800				234.950		11.510		1.730
17	43.850	43.850	43.850				235.150		11.480		1.750
18	45.490	45.490	45.490				235.000		11.170		1.750
19	42.360	42.360	42.360				234.950		11.510		1.740
20	40.830	40.830	40.830				235.150		11.480		1.720
21	48.700	48.700	48.700				235.000		11.170		1.730
22	38.940	38.940	38.940				234.950		11.510		1.750
23	47.750	47.750	47.750				235.150		11.480		1.720
24	46.020	46.020	46.020				236.000		11.170		1.740

PROMEDIOS

DIARIO:	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM	MAX	MIN		
----------------	-----	-----	------	-----	-----	------	-----	-----	--	--

ANEXO III

SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS EXI

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de control de compuertas EXI del P.E. CHINECAS tiene por objetivo:

- Mantener el nivel del reservorio estable en la cota de referencia 236.20 m, a través del movimiento de las compuertas de alivio (5) y de limpieza (1);
- Mantener el caudal por el canal de aducción en 35 m³/s. a través del movimiento de las compuertas de regulación (2).

Las principales características físicas del sistema a ser controlado son las siguientes

- Reservorio (embalse del río) de área relativamente pequeña (10×10^4 m²), sometido a caudales de entrada con grandes variaciones, de manera extremadamente rápidas. El reservorio tiene poca capacidad de regulación, tornándose en un sistema de respuesta rápida.

- El canal puede ser considerado como un sistema de respuesta lenta, en vista de que los tiempos de maniobra de compuertas son bastante inferiores a los de variación de caudal de captación, considerando la variación del nivel del reservorio.

2. OPERACIÓN DEL SISTEMA

2.1. FUNCIONES DEL SISTEMA

Este sistema tiene dos funciones básicas, a saber:

- * Mantener regulado el caudal de la bocatoma, determinado por un valor introducido a través del teclado, variando la abertura de la compuerta de acuerdo con una tabla o curva-llave del canal. El caudal de captación será calculado a través del nivel de agua del canal, en una sección recta del mismo. El control de abertura de la compuerta vagón será del tipo proporcional con histéresis, permitiendo desvíos máximos en relación al caudal con márgenes inferiores al 5% del valor determinado por la tabla,
- Mantener el nivel de reservorio constante en el set point. En caso de que el caudal afluente sea menor que $100 \text{ m}^3/\text{s}$, las compuertas se deberán cerrar completamente, paso a paso.

2.2. SEGURIDAD

La seguridad de operación de las compuertas queda definida en los siguientes aspectos:

La alimentación del sistema es ininterrumpida ("no-break"), para permitir el monitoreo del nivel de bocatoma, de la posición de las compuertas de alivio, limpieza y regulación;

- En caso de falta momentánea de energía (wake-up del sistema de alimentación de emergencia), el sistema se restablece automáticamente ("Power-on reset") en el máximo 30 segundos, manteniendo inicialmente todos los accionamientos desconectados (aún si, antes de la falta, estuviesen en operación de apertura o cierre) para las compuertas de alivio y limpieza y en posición de cierre para las compuertas de captación. Después de este breve período, el sistema retornará a accionar las compuertas normalmente.
- En caso de cualquier falla en el Sistema, este deberá señalar la condición de emergencia. La conmutación automática / manual es hecha independientemente en el cuadro de comando de cada compuerta, por el operador.

2.3. INDICACIONES VISUALES

A través de los displays del panel se verifican las posiciones de cada compuerta (en porcentaje). Los niveles se leen a través de los displays del LL-12. Todavía se pueden instalar indicadores de panel individual que muestren las estimaciones de caudal en el canal y en las compuertas de la barraje móvil.

3. SOFTWARE

El sistema de control de compuertas está, en realidad, compuesto de dos subsistemas independientes, implementados a través de mallas de control PID digitales. Uno se denominan "control de nivel de reservorio" (que corresponde al accionamiento de las 5 compuertas de alivio y de la compuerta de limpieza) y el otro es el "control de caudal por el canal" (a través de las compuertas de regulación).

El control digital esta basado en muestreos de todas las entradas de forma asíncrona y secuencial - barrido - (con un intervalo del orden de los 10 segundos).

3.1 CONTROL DE NIVEL DEL RESERVORIO

Una de las características mas desfavorables de este sistema es la pequeña superficie del "lago" (embalse del río), que torna los efectos de los frentes de llenado relativamente rápidos en relación a su tiempo de respuesta (movimiento de las compuertas). Las frentes de llenado también tienen características peculiares muy desfavorables: variaciones de caudales elevadas en intervalos de tiempo cortos. Es de conocimiento general que, para todos los efectos, este sistema de control de compuertas, podrá operar en modo automático (regulando el nivel del "lago") en situaciones normales de caudales de entrada. Si ocurren avenidas con caudales de entrada del "lago" arriba de 700 m³/s se deberá pasar el control al modo manual (en esta situación las compuertas del canal podrán cerrarse automáticamente).

El nivel del reservorio es medido directamente a través de un limnómetro tipo flotador y contrapeso (EXI LN-22) y controlado por el posicionamiento de las compuertas de alivio y de limpieza.

El control es efectuado calculando el caudal total necesario a través de las compuertas de alivio y de limpieza, sumándose las necesidades de caudal debido al error de nivel (caudal proporcional), al gradiente o variación de nivel en el tiempo (caudal diferencial) y la integral del error de nivel (caudal integral).

La malla de control contiene los siguientes parámetros (alterables por el administrador del sistema):

- **S:** área de la superficie del “lago” en m². El valor por default es 10.8×10^4 m², considerándose un “lago” triangular de 400m de base (barraje) y cerca de 500 m de altura. Se considerada constante e independiente del nivel del reservorio, cuando el remanso provocado por la elevación del nivel aumenta el área efectiva se considera que es favorable para la seguridad (una mayor área real provoca un mayor amortiguamiento del frente del caudal).
- **Kp:** coeficiente proporcional de la malla de control, en minutos. Físicamente, este tiempo es el necesario, en régimen, para la compensación de 63% de la diferencia entre el nivel real y el "set-point", es decir, igual a la constante de tiempo de la compensación proporcional.

Valores pequeños (menores que 10 minutos) provocan pre-compensación acentuada en la malla, llevando el sistema al régimen de amortiguamiento sub crítico oscilatorio.

Valores elevados (mayores que 60 minutos) disminuyen el tiempo de respuesta del sistema, permitiendo variaciones excesivas en el nivel controlado (régimen súper crítico o súper amortiguado).

Numéricamente, para $K_p=10$ y dN (error de nivel)=10cm, que multiplicados por el área del barraje corresponde a un exceso de volumen de 10800 m^3 , generan una necesidad de caudal proporcional de

$$10800/10 = 1080 \text{ m}^3/\text{min} = 18 \text{ m}^3/\text{s}.$$

- **Kd:** coeficiente diferencial de la malla de control, adimensional. El gradiente de nivel medido es directamente proporcional a la diferencia entre los caudales de entrada y de salida (compuertas). De esta forma es posible, a través del gradiente de nivel, calcular el caudal de entrada que, en régimen, deberá ser el caudal total por las compuertas de alivio y limpieza. Físicamente corresponde a la inversa de la relación entre el caudal de entrada y la parte del caudal de salida solicitada a las compuertas.

Valores pequeños (menores que 2) conducen a una compensación excesiva, llevando el sistema a tener un comportamiento oscilatorio cuando el nivel está próximo al del set-point.

Valores elevados (mayores que 10) limitan el tiempo de respuesta del sistema (regulación deficiente).

Numéricamente, una variación positiva de nivel de 10 cm/min corresponde a un caudal de entrada superior en $(dN/dT) \times S / 60 = 0,1 \times 10,8 \times 10^4 / 60 = 180 \text{ m}^3/\text{s}$ al caudal de salida. Para $K_p=5$, el caudal diferencial será de $36 \text{ m}^3/\text{s}$.

Debido al problema de la medida de nivel del limnómetro digital (la resolución del limnómetro digital es de 1 cm), son aplicados filtros pasabajos en los siguientes puntos:

- El LL-12, a través de su interfase serial, envía la media cíclica de las últimas 5 medidas, evitando que pequeñas variaciones oscilatorias en torno de una transición de medida (5,029m para 5,031m ; 0,2cm de variación) puedan ser colectadas como variaciones mayores, erróneamente (5,02m para 5,03m ; 1 cm). El valor presentado en cada display es siempre el de la última medida (para nivel del “lago” y del canal).
- El programa de control registra el intervalo de tiempo transcurrido entre la última variación de nivel y la subsiguiente, ya que 1 cm de variación en 10 segundos (en caso este cálculo considerase apenas el intervalo de muestreo medio) correspondería a una diferencia de caudales exagerado ($108 \text{ m}^3/\text{s}$).

- * **Ki:** Coeficiente Integral de la malla de control, en minutos. La integral del error de nivel significa la historia del control de nivel. En régimen el error es cero o muy próximo; así como el caudal diferencial (el sistema está en equilibrio). Es también, otro punto de vista, la parte del control que efectivamente crea el error. Este coeficiente tiene físicamente el valor de la constante de tiempo de esta malla, es decir, el tiempo necesario para que el error integrado sea reducido a 63% de su valor a cada instante.

Uno de los problemas graves a ser considerados es que el sistema físico no tiene simetría en torno del punto donde los caudales de salida son nulos: no son posibles caudales de salidas negativos. De esta manera, cuando el sistema se encuentra en la situación donde las compuertas ya están cerradas, la variación de nivel ocurre tan solamente en función del caudal de entrada (el sistema no es controlable en esta región).

Otro problema es que el sistema tiene limitaciones en relación al caudal de salida ($686 \text{ m}^3/\text{s}$ por las compuertas de alivio y limpieza, y $35 \text{ m}^3/\text{s}$ por el canal), tendiendo a saturar el tramo integral del control. Una vez que el integrador compensa el acumulado de errores positivos forzando el sistema a operar con errores negativos, esto causa, en los integradores una descompensación después de un frente de llena: el sistema opera debajo del nivel de referencia hasta que el integrador sea cerrado.

Para minimizar estos dos problemas son introducidos en esta malla dos filtros no lineales:

- Filtro anti-saturación: toda vez que no es posible obtener valores negativos de caudal de salida o mayores que $686 \text{ m}^3/\text{s}$, el valor acumulado en el integrador es limitado de forma tal de no imponer valores de caudal fuera de esta faja.
- Filtro anti-windup: para evitar la descompensación del sistema en torno del nivel de referencia, toda vez que el error de nivel pasa por cero el valor acumulado en el integrador es restablecido de forma a solicitar un caudal de salida lo más próximo posible del caudal de entrada. Este cálculo toma en consideración los valores anteriores de caudal proporcional (que, en esta situación, son muy pequeños) y de caudal diferencial (directamente proporcional a los caudales de entrada), independientemente del propio tiempo de respuesta del sistema de accionamiento de las compuertas e intervalos de muestreo.

La saturación de este filtro causa una rápida estabilización del nivel en torno del valor de referencia después de un frente de llena. Este filtro es, por sus características y por la propia naturaleza del tramo de control, el más importante del sistema y, por este motivo, no es afectado por el parámetro K_i .

La introducción de los filtros no lineales permite que el sistema opere sin oscilaciones de baja frecuencia y sin disminución en el tiempo de respuesta de la malla.

Una vez que el tramo integrador impone características de 2° orden en la malla de control, los valores de K_i deben ser analizados en conjunto con K_d . Para valores de K_d dentro de la faja anteriormente especificados (2 a 10), los valores óptimos de K_i están en la faja de 10 min a 50 min, llevando el sistema de control a tener comportamiento oscilatorio para valores menores que 10 min. Para valores de K_i elevados, el error en régimen no se anula, siendo superiores a 10 cm para K_d en el extremo superior de la faja.

- H: Histéresis o banda muerta en cm. Representa el límite del error de nivel antes del cual, ninguna variación en el caudal de salida será solicitada (reposicionamiento de compuertas).

Debido a las condiciones desfavorables de operación del sistema de control (tiempos de accionamiento relativamente largos en relación a los tiempos de variación de caudal de entrada, cualquier valor de histéresis tornará el sistema altamente oscilatorio, si se mantienen parámetros K_p , K_d , K_i que tengan tiempos de respuesta aceptables. Este valor debe ser siempre mantenido igual a cero, o como máximo igual a 2cm.

- To: Tiempo entre movimientos de las compuertas, en minutos. Este parámetro tiene por objetivo minimizar el número de accionamientos de las compuertas, evitando arranques innecesarios de los motores de las bombas hidráulicas. Este tiempo es inicializado cuando una operación se completa. Antes de este intervalo ninguna actuación será efectuada. Después de este intervalo, si es necesario se hará un nuevo movimiento de las compuertas, que será mantenido hasta que el sistema esté equilibrado para las nuevas condiciones de caudal de entrada y de salida.

El valor de To debe ser ajustado entre 0 (el accionamiento puede ocurrir en la próxima barrida, o sea, con cerca de 10 segundos de intervalo) y 1 minuto. Valores superiores a 1 minuto causan el mismo efecto de la histéresis arriba de 1 cm.

Las características principales de la rutina de accionamiento de las compuertas son las siguientes:

- En caso de ser necesario el movimiento de más de una compuerta, el accionamiento de cada motor será hecho en intervalos no inferiores al del tiempo de muestreo (10 s), para el caso de abertura. En caso de cierre de compuertas, el accionamiento podrá ser simultáneo, siempre que el accionamiento de las válvulas de alivio no ocasione picos de corriente en el barrido.

- Una vez iniciado un accionamiento, en cada barrido se calculará una nueva posición que, debido a las características de pre compensación de la malla de control, deberá ocurrir antes de la prevista en el período anterior. Esto minimiza el tiempo de operación y el comportamiento oscilatorio de la posición de las compuertas.

Un aspecto a ser observado es la correspondencia entre regulación de nivel y operación de compuertas:

- Una regulación de nivel con límites pequeños implica una operación excesiva de las compuertas con desgaste prematuro de todos sus componentes.
- La limitación del número de operaciones (sea por histéresis o aumento del intervalo entre operaciones) de la compuerta por unidad de tiempo puede llevar a una regulación deficiente del nivel, además de no surtir efecto práctico en el desgaste de los equipos, ya que un menor número de operaciones lleva a maniobras de mayor amplitud.

3.2. CONTROL DE NIVEL DEL CANAL

La característica más importante de este subsistema es la variación extremadamente lenta de la entrada (caudal definido por la posición de las compuertas de regulación) en relación a la respuesta de la variable controlada (caudal por el canal, medido por el nivel de lámina de agua en el mismo, después del salto hidráulico).

Los efectos de 2o orden (variación de curva-llave de las compuertas de regulación por la variación del nivel de agua del reservorio) pueden ser totalmente ignorados en términos de respuesta del sistema (la única importancia del nivel de agua del reservorio es la de que, en caso que alcance el nivel de alarma, provocará el cierre de las compuertas de regulación, por cuestiones de seguridad en lo que se relaciona a la integridad física del canal).

El nivel del canal (consecuentemente el caudal que por el pasa) es medido directamente a través de un limnómetro tipo flotador/contrapeso (EXI LN-22) y controlado por el posicionamiento de las compuertas de regulación.

El control es efectuado calculándose el nivel correspondiente al caudal establecido en el "set point" y comparándolo con el nivel medido. La diferencia entre estos dos niveles es corregida por la apertura o cierre de la(s) compuertas de regulación.

Toda vez que la respuesta del sistema es extremadamente rápida (una pequeña variación en la posición de la compuerta resulta en una variación casi instantánea en el nivel de agua en el canal), se utilizará apenas el parámetro proporcional.

* **Ki:** coeficiente integral de la malla de control, adimensional. En régimen estacionario, el valor acumulado en el integrador representa la excitación del sistema que posiciona las compuertas de regulación de forma tal que el caudal que pasa por ellas es igual al establecido en el "set point" (en

régimen, el error es nulo y la malla proporcional tiene salida nula). El valor inicial ("default") es el determinado por la curva-llave de la compuerta para el nivel del reservorio igual al "default" (238,30m) a partir del caudal determinado en el "set point".

El coeficiente K_i representa la parte del error de nivel que debe ser corregido. Valores mayores que 1,0 tenderían a provocar comportamiento oscilatorio de la malla de control (amortiguamiento supercrítico), evitados por el filtro anti-windup; no tiene efecto adicional si es mayor que la unidad. Para valores menores que 1,0 el tiempo de respuesta del sistema aumenta, llevando a un amortiguamiento subcrítico.

Para evitar sobre-compensaciones y comportamiento oscilatorio, dos filtros no lineales son introducidos:

- Filtro anti-saturación: en caso el nivel del lago esté debajo del necesario, para mantener el caudal de "set point", la abertura de la compuerta que corresponde a este nivel será cargada al integrador, de forma que en estos casos, la compuerta se eleva por arriba del nivel de entrada, mejorando el tiempo de respuesta. La única situación donde el nivel se mantendría arriba del determinado por el "set point" constantemente, es por falla del sistema u operación indebida; en estos casos la alarma será accionada, las compuertas entrarían en operación de cierre y el valor del integrador sería actualizado por default.

- Filtro anti-windup: toda vez que el nivel en el canal sea igual al calculado a través del "set point" de caudal, el valor instantáneo de la abertura de las compuertas será cargado en el integrador, forzando el sistema en la condición de régimen estacionario. Toda vez que este punto es relativamente preciso, el sistema calcula sí, hasta la próxima barrida, las compuertas en movimiento pueden sobrepasar el posicionamiento requerido; en este caso, el programa queda en "loop" por un intervalo máximo igual al de la barrida aguardando que la posición de las compuertas lleguen al valor que resulte en el nivel exacto del "set point", provocando la inmediata desconexión de las válvulas y motores de los accionamientos, antes de proseguir la barrida.

- * **H:** Histéresis o banda muerta en cm. Representa el límite de error de nivel antes del cual, ninguna variación en el caudal de salida será solicitada (reposicionamiento de compuertas), minimizando el número de movimientos de la compuerta. Debe ser cargado con el máximo error de caudal (consecuentemente de nivel) aceptable (sugírase entre 1 y 5cm).

- * **To:** Tiempo entre movimientos de las compuertas, en minutos. Este parámetro tiene por objetivo minimizar el número de accionamientos de las compuertas, evitando arranques innecesarios de los motores de las bombas hidráulicas. Este tiempo es inicializado cuando una operación se completa. Antes de este intervalo ninguna actuación será efectuada. Tiene el mismo efecto de la histéresis, si consideramos intervalos no superiores a 5 minutos,

toda vez que, en este intervalo, el nivel del lago varía poco, y consecuentemente, el caudal por las compuertas de regulación (que varía aproximadamente con la raíz cuadrada del nivel de montante) varía menos todavía.

ANEXO IV
DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA
DE CONTROL OPTIMIZADO

El sistema de control de compuertas se divide en dos partes principales:

- * Control Compuertas Bocatoma
- * Control Compuertas Canal

4.1 Control Compuertas Bocatoma

Existen seis compuertas en la parte de bocatoma, cinco son de Aliviadero y una de Limpia. El control sobre estas compuertas se realiza básicamente para mantener el nivel de embalse del río a un valor promedio, en la figura N°IV-1, se muestra los valores de toda la escala de embalse del río.

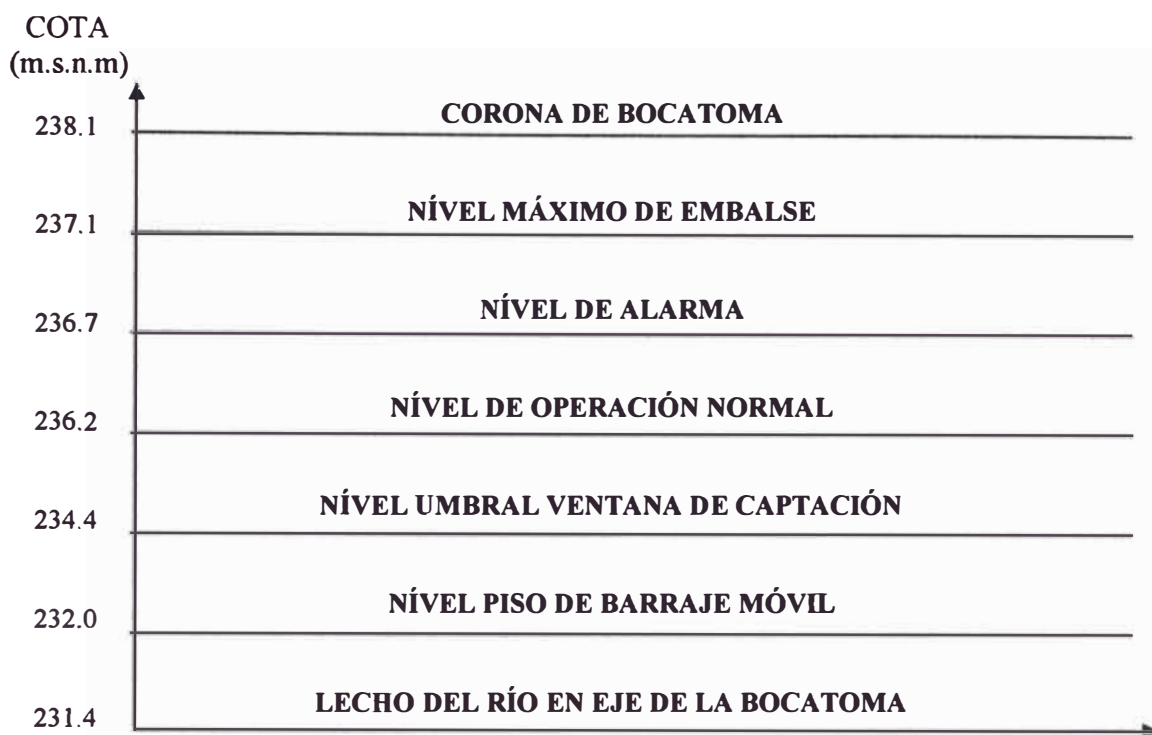
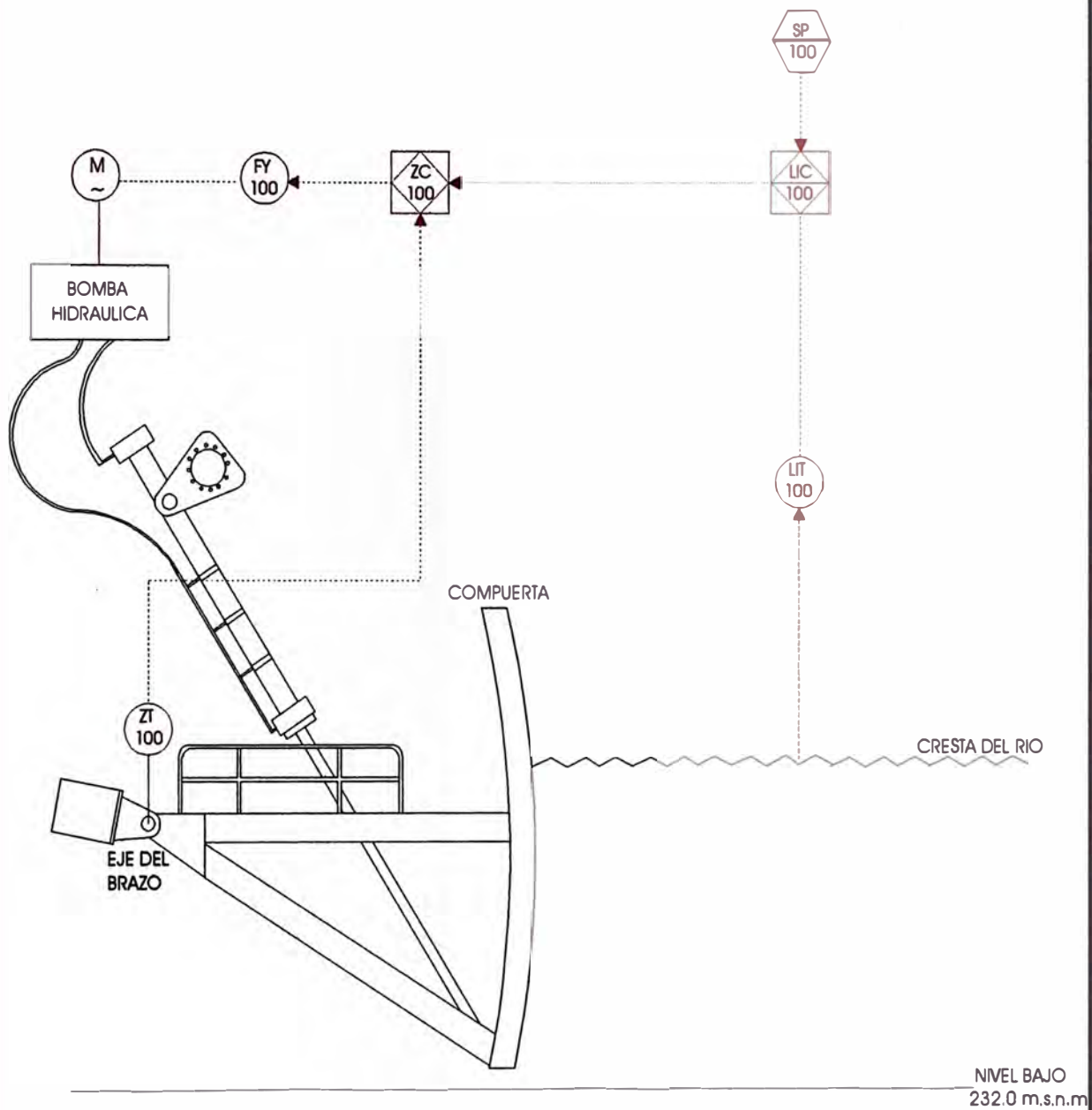


Figura N° IV-1

Como se puede apreciar un nivel apropiado de trabajo está alrededor de los 236.2 m.s.n.m.

En la figura N° IV-2 se muestra el diagrama de control de la Compuerta de Alivio N°01, el cual es idéntico al control de todas las compuertas de la Bocatoma, en cuanto a filosofía de control.

Como se podrá observar, el primer y principal lazo de control es el que ejecuta el control de nivel LIC_100, el cual toma el valor que transmite el sensor de nivel LIT_100 y lo compara con el valor que se desea mantener SP_100 (Set Point) ingresado desde la PC. Con esta información del control LIC_100 ejecuta un algoritmo de control cuyo resultado es enviado a un segundo lazo

DIAGRAMA DE CONTROL DE LA COMPUERTA DE ALIVIO N°01**Figura N°IV-2**

que es un control de posición ZC_100, el cual se encarga de gobernar la posición de apertura de la compuerta, vale aclarar que el sistema de control LIC_100 gobernará cuantas compuertas de la bocatoma estén activadas, las explicaciones siguientes se realizan con una sola compuerta, pero no existe mayor diferencia con el número de compuertas usadas.

*** Control de nivel LIC_100**

Si el valor real LIT_100 es mayor que el Set Point SP_100, es decir el nivel del río se encuentra por encima del Set Point SP_100, el control LIC_100 genera una salida positiva ordenando a abrir la compuerta para bajar el nivel del río. Si, en cambio, el nivel del río LIT_100 esta por debajo del Set Point SP_100 la salida del control LIC_100 a ZC_100 será negativa ordenando bajar la compuerta, la descripción anterior es básicamente la forma en que se controla el nivel del río, pero para esto se ejecuta un algoritmo de control que no solamente funciona en forma estática sino que tiene que ver con la variación transitoria y estadística de los cambios de nivel del río, este algoritmo de control se llama PID (Control Proporcional, Integral y Derivativo) y tiene la siguiente relación matemática:

$$Y(t) = k_p [e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}]$$

donde :

Y(t)= Salida del controlador LIC_100.

$e(t) = LIT_{100} - SP_{100}$ (Diferencia entre valor real LIT_{100} y el valor deseado SP_{100}).

K_p = Constante Proporcional

K_i = Constante Integral

K_d = Constante Derivativa

A continuación una descripción de la forma en que influyen estos parámetros en la sintonización del sistema:

- **Constante Proporcional (K_p)**

La constante proporcional es la que genera una relación lineal continua con respecto al error, es decir, mientras mayor sea el error o la diferencia entre el valor real LIT_{100} y el valor deseado SP_{100} mayor será la salida del sistema hacia el control de posición ZC_{100} , que genera mayor desplazamiento de la compuerta.

Constante Integral (K_i)

La constante integral es la que influye sobre la integral de los errores generados en un determinado tiempo, es decir, actúa sobre el promedio del histórico del error.

- **Constante Derivativa (K_d)**

Actúa sobre la velocidad de cambio del error, es decir mientras más rápido cambie el nivel LIT_{100} , más rápido variará la salida $y(t)$ y en mayor proporción.

En el control de nivel existe un margen de histéresis por medio de la cual el sistema solo actúa cuando la diferencia entre el nivel real LIT_100 y el Set Point SP_100 sea mayor a 5 cm, para evitar que ocurran movimientos innecesarios de las compuertas y desgastes en el sistema hidráulico.

*** Control de Posición ZC 100**

Este un control de relación, el cual se encarga de comparar la señal que envía el control de nivel LIC_100, con la señal que envía el sensor de posición de la compuerta ZC_100, por ejemplo: si el valor que envía el control LIC_100 es de 50% de apertura y el valor de posición de la compuerta ZC_100 es de 40%, entonces el controlador accionará el switch de flujo FY_100 que activa el motor para el sistema hidráulico, hasta que la comparación entre ambos valores sea Cero es decir ambos estén en 50%.

Cabe resaltar que en la comparación de estos valores existe una histéresis para prever que las compuertas no se activen por un movimiento menor del 0.01m. es decir solamente cuando la diferencia entre el valor que envía el control LIC_100 y el sensor de posición ZC_100 sea mayor a 0.01m, el sistema activará el dispositivo FY_100.

4.2 Control Compuertas Canal

Para este lazo de control se cuenta con dos compuertas de Regulación las cuales son diferentes en cuanto al accionamiento a las compuertas de Bocatoma, debido que estas no son comandadas en forma hidráulica sino más bien por accionamiento directo de motores.

El control sobre estas compuertas se basa principalmente en mantener el caudal que pasa por el canal en un valor deseado, el nivel de agua en el canal es adquirido por un sensor de nivel LIT_200; como se puede apreciar en la Figura N° IV-3, el cual es un diagrama general del control de canal, luego la señal de nivel LIT_200 es convertida a caudal por medio de una relación matemática generada a partir de datos tabulados en forma práctica, dicha relación entre nivel y caudal es la siguiente:

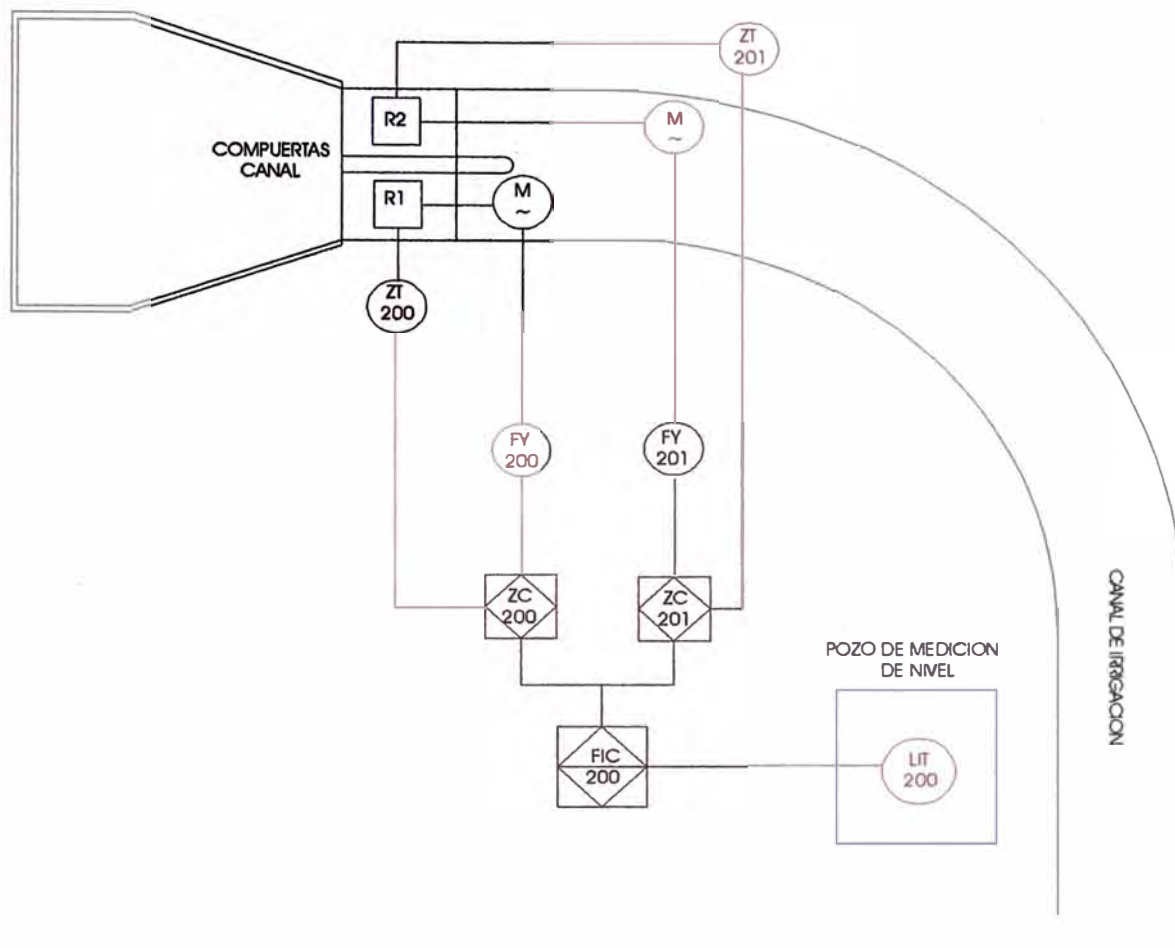
$$Q_c = 0.0132(H_c)^{1.412}$$

Donde:

Q_c = Caudal del canal en m³/s

Canal = Altura de nivel del canal en mm.

Esta relación matemática se genera a partir de la curva que se muestra en la Figura N° IV-4.

DIAGRAMA GENERAL DEL CONTROL DE CANAL**Figura N°IV-3**

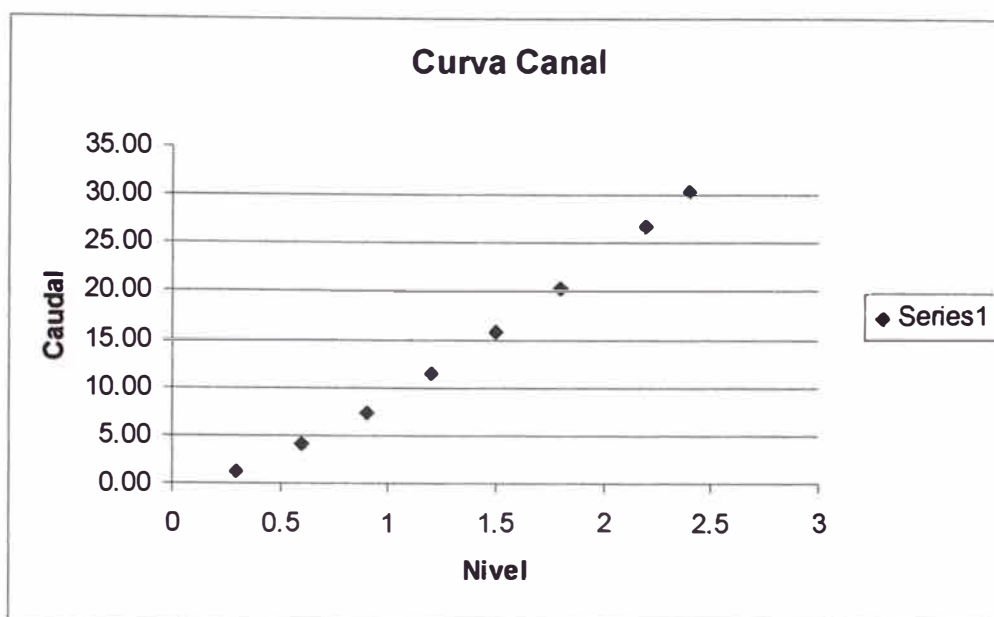


Figura N°IV- 4

Una vez convertida la señal de nivel en Caudal, el controlador FIC_200 ejecuta un algoritmo de control llamado PID (Control Proporcional, Integral y derivativo) similar al que se detalla en la sección 4.1, el control FIC 200 toma la señal convertida en flujo y lo compara con el Set_point al cual se desea trabajar SP_200, el cual es ingresado desde PC en m³/s, luego ejecuta control PID y de acuerdo al resultado actúa sobre los relés FY_200 y FY_201, los cuales gobiernan la apertura de las compuertas de regulación. Cabe señalar que en este caso también existe un control de relación como el descrito en la sección 4.1, la cual se encarga de mantener la apertura de las compuertas de regulación a la posición que se desea.

ANEXO V

**FOTOGRAFÍAS DE LA BOCATOMA “LA HUACA”
Y DEL EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL**

PARTE I

FOTOGRAFÍAS DE LA BOCATOMA “LA HUACA”

FOTOGRAFIA 1

BOCATOMA “LA HUACA”
VISTA PANORAMICA DE LAS INSTALACIONES



FOTOGRAFIA 2

BOCATOMA "LA HUACA"

VISTA DE LAS COMPUERTAS DE ALIVIADERO Y LA
COMPUERTA DE LIMPIA - CERRADAS



FOTOGRAFIA 3

BOCATOMA “LA HUACA”

VISTA DE LAS CINCO COMPUERTAS DE ALIVIADERO
EN PLENA OPERACION



FOTOGRAFIA 4

BOCATOMA “LA HUACA”
VISTA DEL BARRAJE FIJO Y SU POZA DE ALIVIO
LONGITUD DEL BARRAJE : 200m

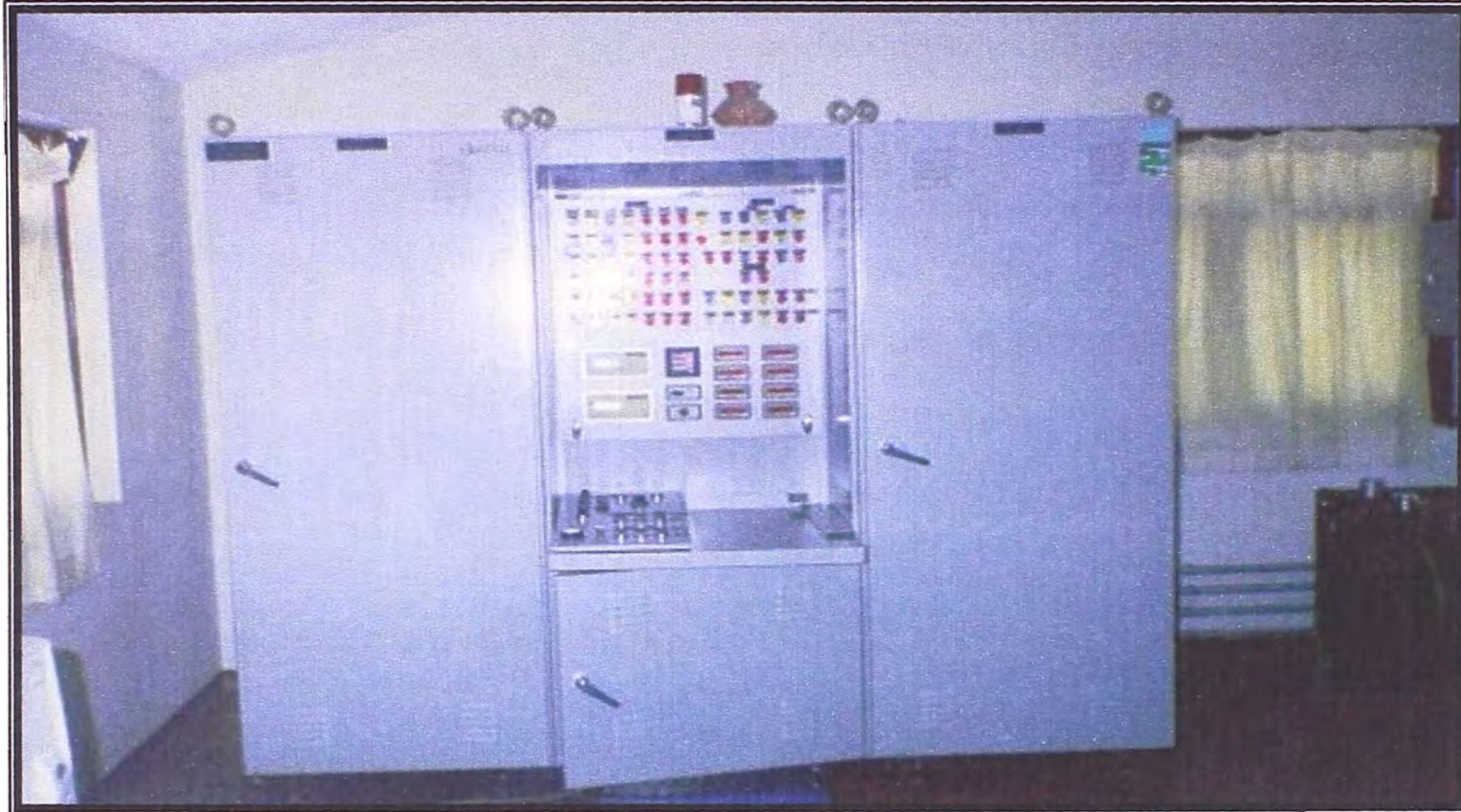


PARTE II

FOTOGRAFÍAS DEL EQUIPAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA DE

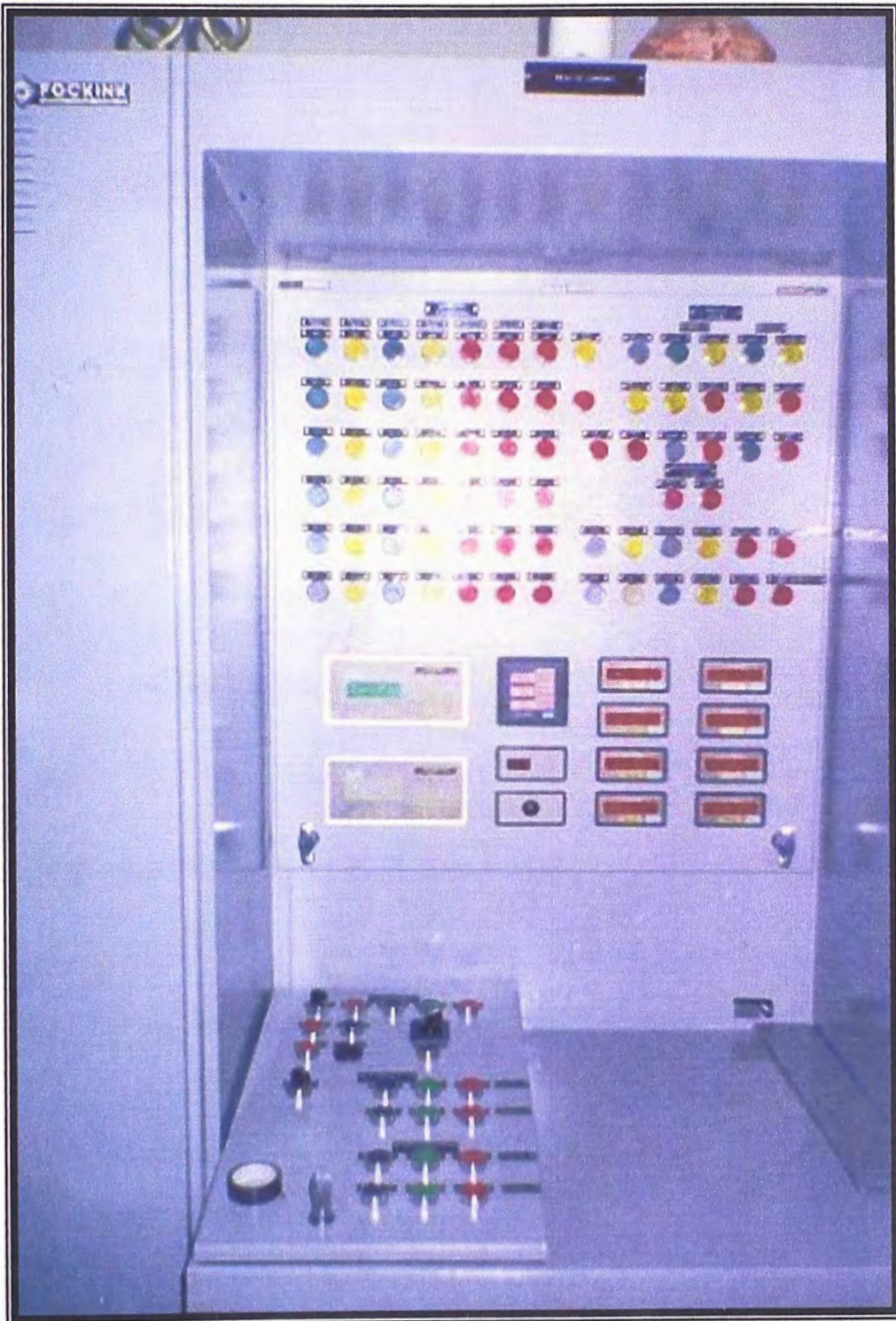
CONTROL

FOTOGRAFIA 5



TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL EN SALA DE CONTROL.
BOCATOMA LA HUACA

FOTOGRAFIA 6



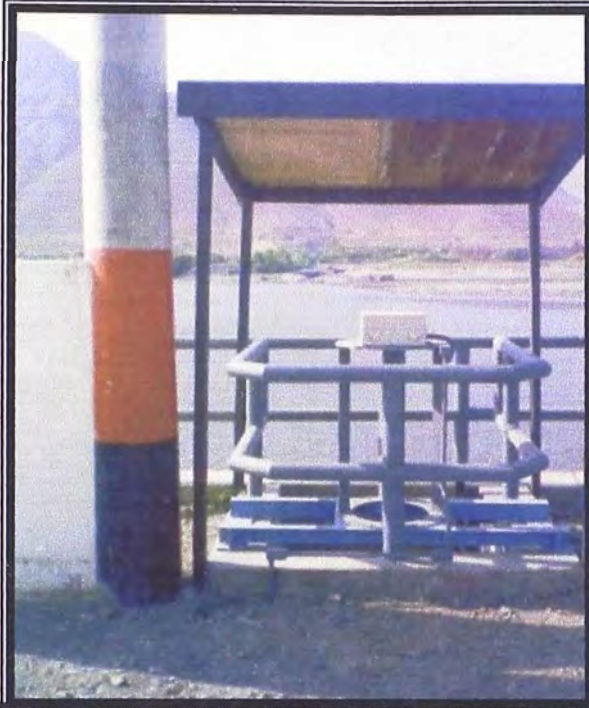
VISTA DEL TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL

FOTOGRAFIA 7



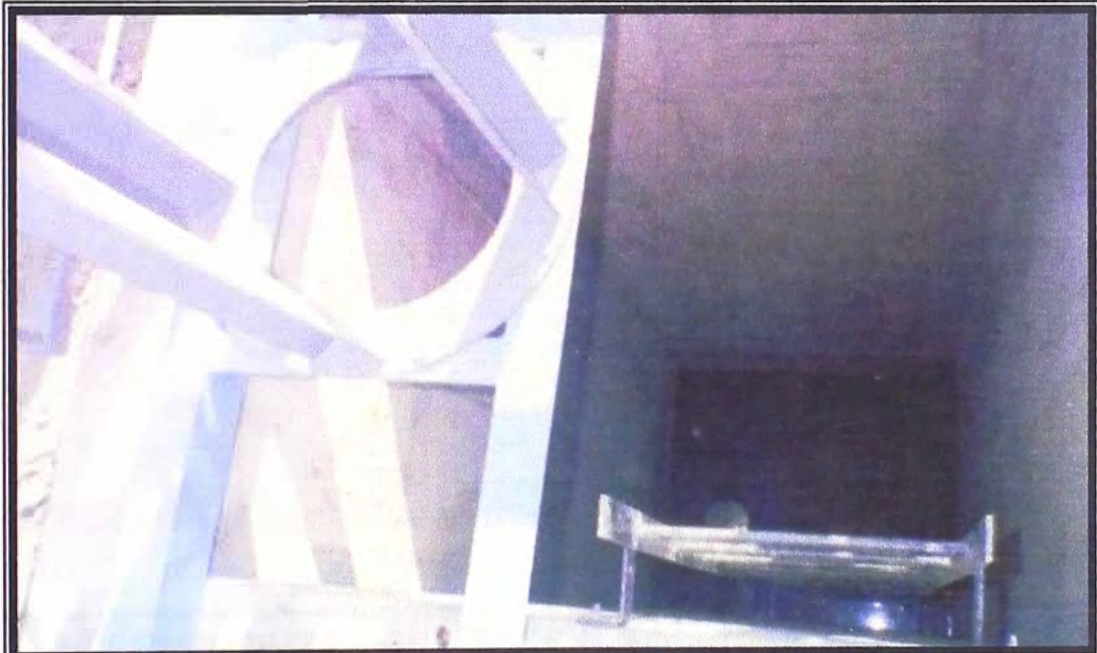
SISTEMA ÓLEO HIDRÁULICO EN SALA DE CONTROL.
BOCATOMA LA HUACA

FOTOGRAFIA 8



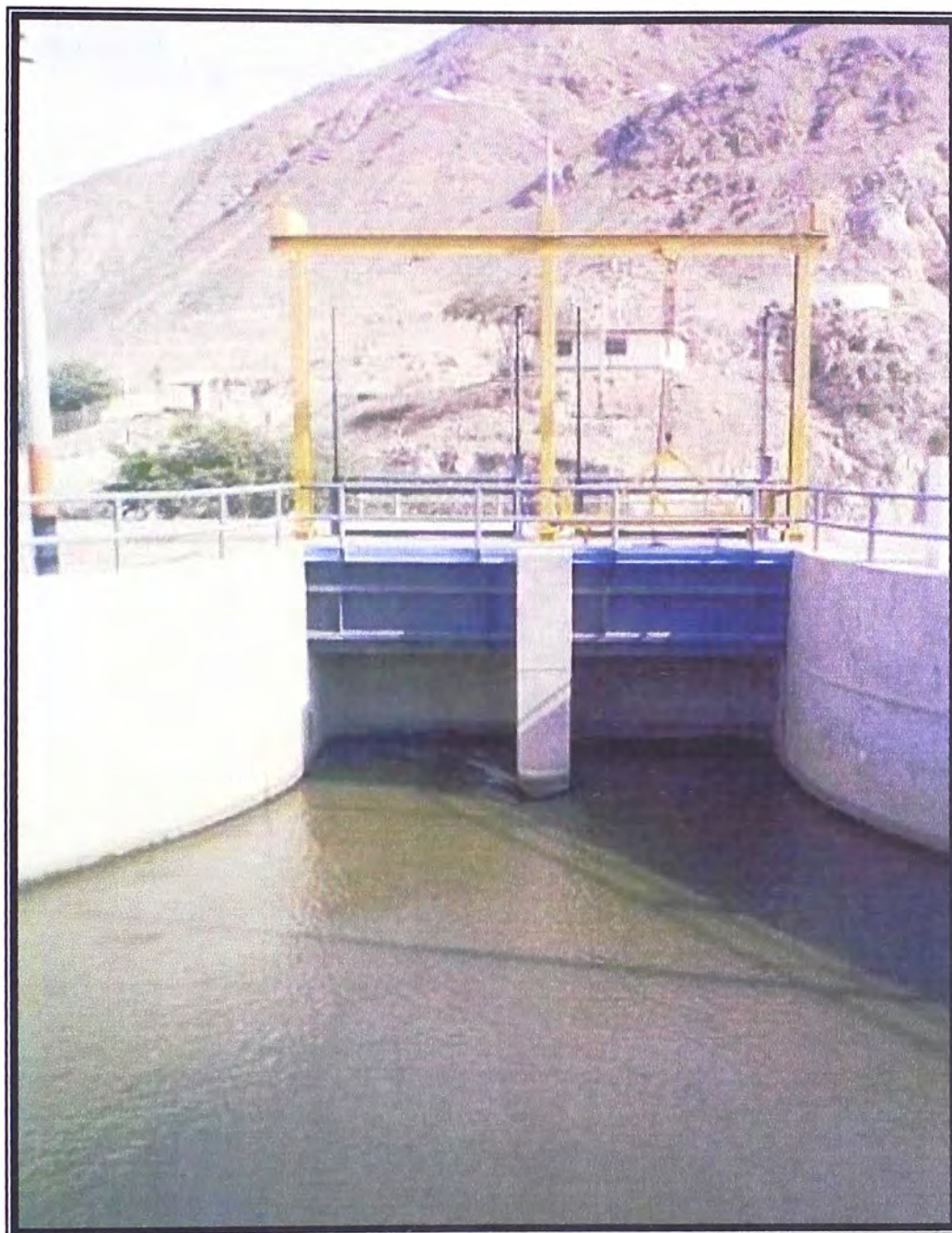
LIMNÍMETRO (MIDE EMBALSE DEL RÍO)

FOTOGRAFIA 9



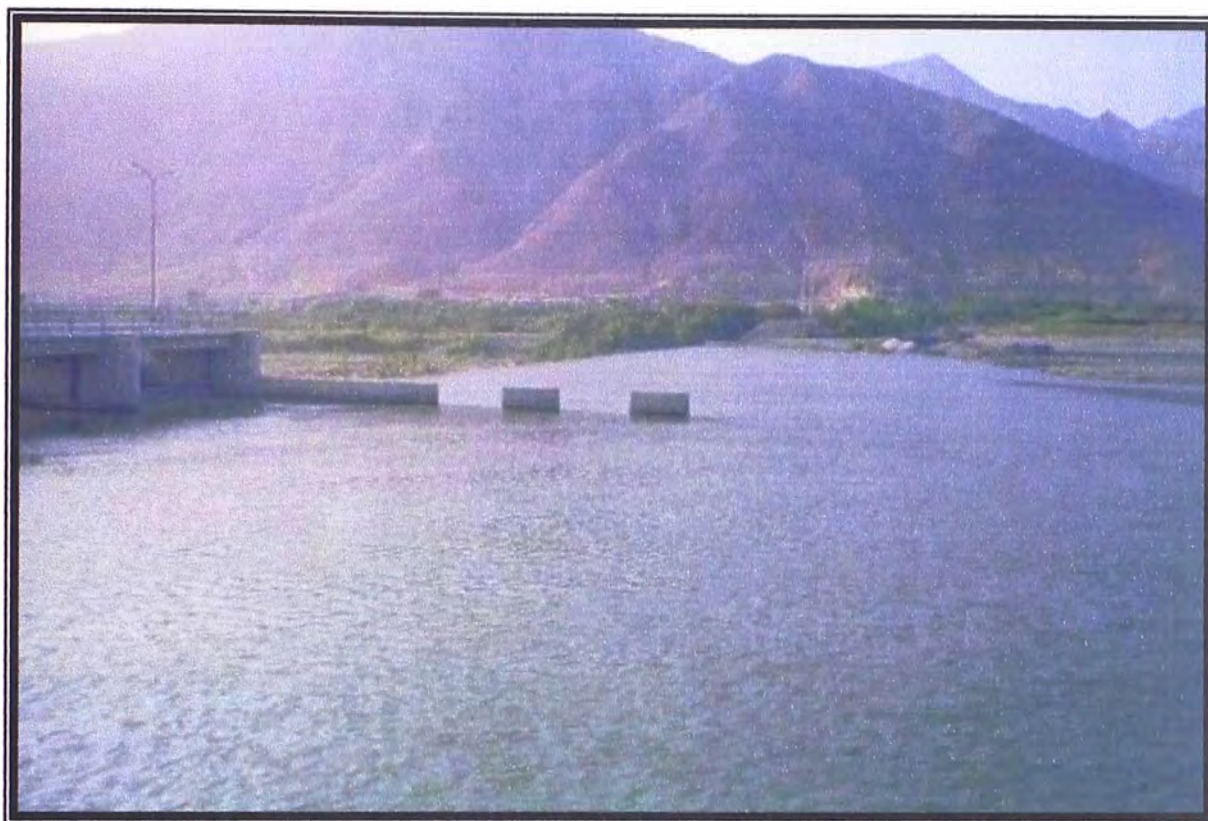
MECANISMOS DEL LIMNÍMETRO (CABLE Y BOYA)

FOTOGRAFIA 10



COMPUERTAS DE CAPTACIÓN BOCATOMA LA HUACA

FOTOGRAFIA 11



VISTA PARCIAL DEL BARRAJE MÓVIL (COMPUERTAS 4 Y 5) Y
BARRAJE FIJO. BOCATOMA LA HUACA

PARTE III
FOTOGRAFÍAS DEL EQUIPAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL
OPTIMIZADO

FOTOGRAFIA 12



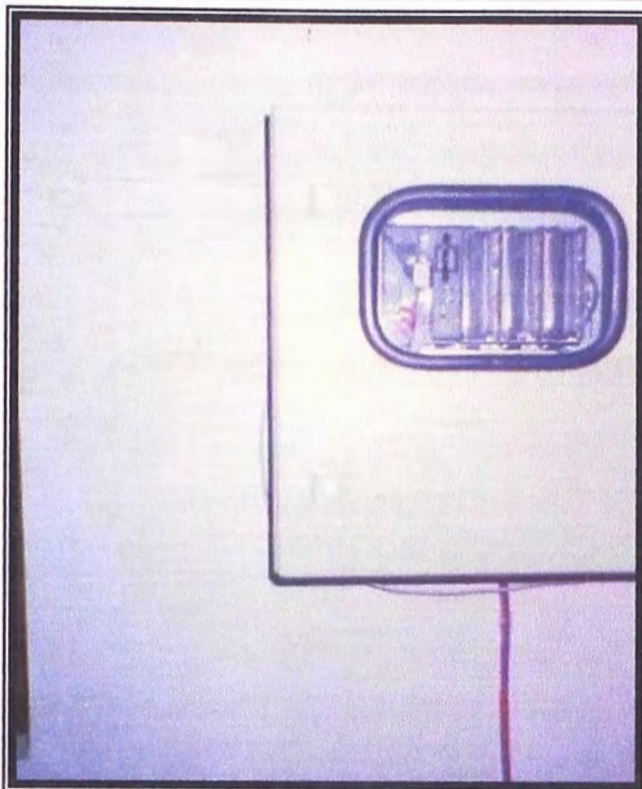
TABLERO RITTAL CON PLC Y COMPUTADORA DEL SISTEMA DE CONTROL

FOTOGRAFIA 13



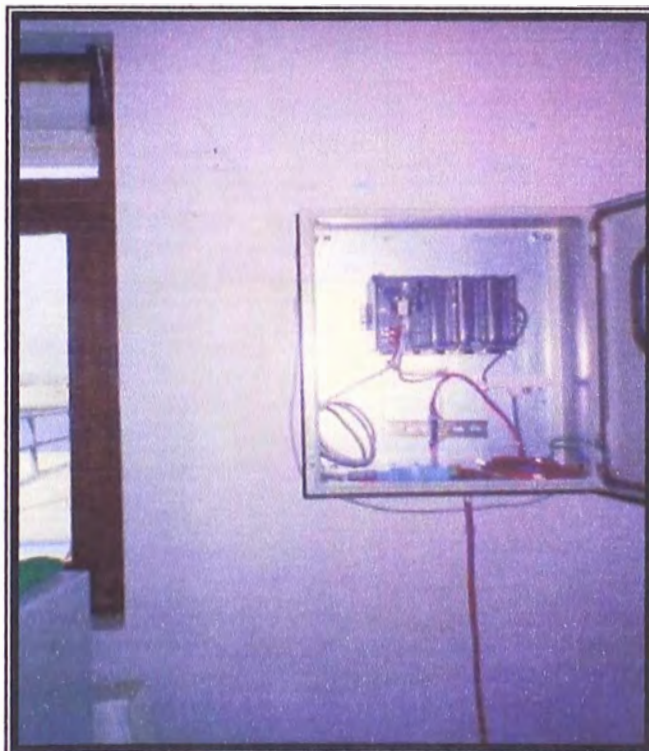
COMPUTADORA CON MONITOR MOSTRANDO LA PANTALLA PRINCIPAL DEL SOFTWARE DE CONTROL

FOTOGRAFIA 14



TABLERO RITTAL CONTENIENDO EL PLC (CPU Y 03 EMPTY MODULE)

FOTOGRAFIA 15



TABLERO RITTAL ABIERTO. SE VE EL PLC (CPU Y 03 EMPTY MODULE) EN PLENO CABLEADO

FOTOGRAFIA 16



VISTA INTERIOR (LADO DERECHO) DEL TABLERO DE CONTROL

FOTOGRAFIA 17



VISTA QUE MUESTRA LOS DISPOSITIVOS QUE COMPLEMENTAN EL PLC.

ANEXO VI

DISTURBIOS ELÉCTRICOS, CAUSAS, SÍNTOMAS Y SOLUCIONES

1. BAJOVOLTAJE

Es un problema de REGULACIÓN, tiempo de duración mayor a 0,15 seg.

CAUSAS

Se originan en cortocircuitos, voltaje insuficiente y racionamiento eléctrico ("brownouts"), también al momento de conectar una carga muy grande en un circuito tales como motores y elevadores, cambios en la fuente de abastecimiento de energía.

SÍNTOMAS

Daños en los equipos, pérdida de datos e información.

SOLUCIÓN

Reguladores de voltaje, U.P.S.

2. SOBREVOLTAJE:

Es un problema de REGULACIÓN, tiempo de duración mayor a 0,15 seg.

CAUSAS

Se origina en cortocircuitos, voltajes permanentemente altos y como resultado de una rápida reducción en la carga asociada a un circuito tales como el encendido de motores y elevadores, cambios de abastecimiento de energía.

SÍNTOMAS

Equipo dañado, pérdida de datos e información.

SOLUCIÓN

Reguladores de voltaje, U.P.S.

3. TRANSITORIOS Y PICOS:

Son subidas de tensión breves y fuertes, generalmente con una duración no mayor a uno o dos ciclos, $< 0,016$ seg. Los transitorios son más peligrosos que los picos porque llevan más energía y duran más tiempo.

CAUSAS

Descargas atmosféricas, cambios de abastecimiento de energía, funcionamiento de motores y elevadores.

SÍNTOMAS

Corrupción en los datos, errores de procesamiento, errores en la transferencia de datos, pérdida de datos e información. Ocasiona daños en los equipos, afecta teclados, ratones, monitores y en general la electrónica de la máquina.

SOLUCIÓN

Supresores de picos.

4. CORTES

Falta de fluido eléctrico, técnicamente se describe como la ausencia de electricidad por un tiempo de medio ciclo o más.

CAUSAS

Falta de generación o transformación de energía, sobrecarga en la línea (fusibles y disyuntores), accidentes, fallas en los equipos.

SÍNTOMAS

Fusibles quemados, disyuntores disparados, desconexión de equipo, pérdida de información, caídas abruptas de redes, daños en las bases de datos y en las aplicaciones.

SOLUCIÓN

Generadores, UPS, plantas eléctricas.

5. RUIDO

Los de RFI ("radio frequency interference") y EMI ("electro magnetic interference") transmitidos por la línea AC, también el que se da entre neutro y tierra.

CAUSAS

La operación normal de las computadoras, señales de radio "RFI", televisión y microondas. Campos electromagnéticos "EMI", equipo de soldadura, acondicionadores de aire, calentadores.

SÍNTOMAS

Transmisión incorrecta de los datos, nieve en monitores, errores de monitor e impresora, bloqueo de teclados, caída de programas y aplicaciones, corrupción de los datos en discos duros, daños en la fuente de poder de las computadoras.

SOLUCIONES

Transformadores aisladores, filtros de línea, pantallas de protección aterrizadas.

6. DISTORSIÓN DE LA ONDA

La más común son las ARMÓNICAS, que es una distorsión del voltaje y son múltiplos naturales de la onda fundamental (60 Hz), la quinta y la séptima son las más comunes.

CAUSAS

Cargas lineales, generadores de respaldo, cambios de abastecimiento de energía, motores de varias velocidades, balastos.

SÍNTOMAS

Errores en la transmisión de datos, equipo dañado, alta corriente en el neutro.

SOLUCIÓN

Aumentar el tamaño del transformador, usar transformadores de aislamiento (de factor "k") que tienen mayor contenido de cobre, los hay factor 1, 4, 9,13,19 etc., filtros (capacitores) de línea.

7. VARIACIÓN DE FRECUENCIA

Desviación de la onda senoidal.

CAUSAS

Se originan en generadores de respaldo (plantas); raramente en el suministro normal de energía, muchas UPS no pueden manejar problemas de frecuencia.

SÍNTOMAS

Puede causar caídas y daños severos en los equipos.

SOLUCIÓN

Uso de UPS de doble conversión.

8. TIERRA FÍSICA INADECUADA

Aunque en sí no constituye un disturbio eléctrico es decir propio de la calidad de la energía, sí es un elemento de gran importancia de análisis independiente, considerando que los objetivos de un buen sistema de puesta a tierra son la PROTECCIÓN de personas y equipos, así como el buen RENDIMIENTO de los equipos.

CAUSAS

Diferencia de potencial de tierras, tierra defectuosa, tierra insuficiente, falta de tierra. La instalación de varias tierras en un circuito ocasiona diferencias de potencial en esos puntos y lazos de corriente a través de los mismos y de los equipos. La ausencia total de la misma pone en peligro la integridad de la vida de los usuarios, de las equipos lineales, la infraestructura y los equipos no lineales así como la información en ellos contenida.

SÍNTOMAS

Errores de lectura/escritura en discos, errores en el funcionamiento general de los equipos computacionales.

SOLUCIÓN

Un buen sistema de Puesta a Tierra de seguridad y mejoradores de tierra.

ANEXO VII

TIPOS DE TECNOLOGÍAS EN UPS

ON LINE

Si el 100% de la corriente de la carga es normal y permanentemente suministrado por el inversor el UPS es del tipo On-Line.

OFF LINE

Si la corriente de la carga es normalmente suministrada directamente por la línea, no importa lo que la literatura de marketing diga, la UPS es del tipo Off-Line

La diferencia entre una UPS On-Line y una UPS Off-Line, puede ser ilustrada mejor con los diagramas del flujo de la potencia durante el funcionamiento en modo normal y en modo batería.

Observe en la Figura 1, que en una UPS del tipo Stand-By (Off-Line) el flujo de la potencia es: desde la entrada, a través del filtro y el relé de transferencia, a la salida. Esto realmente no difiere en mucho con conectar la carga directamente a la línea, solamente estamos protegiendo la carga contra los picos transitorios y ruidos de línea que el filtro pueda atenuar.

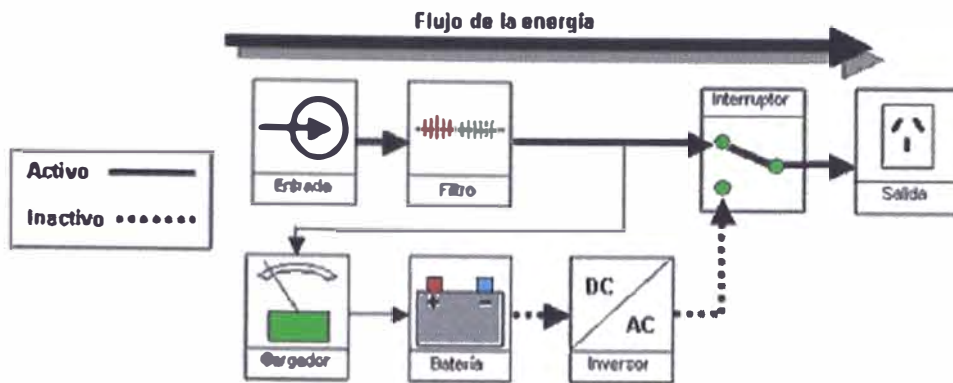


Fig.1 UPS Off-Line / Funcionamiento en modo normal (stand-by) /

Cuando la UPS cambia al modo de reserva, la potencia fluye desde el inversor, siendo la batería la que provee la energía, tal como se aprecia en la Figura 2.

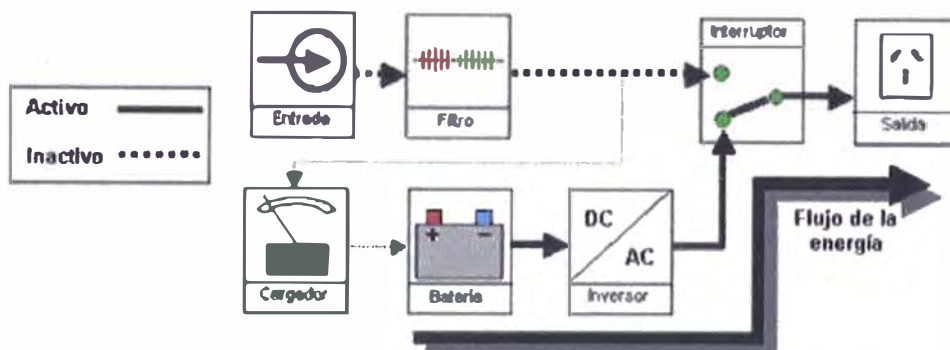
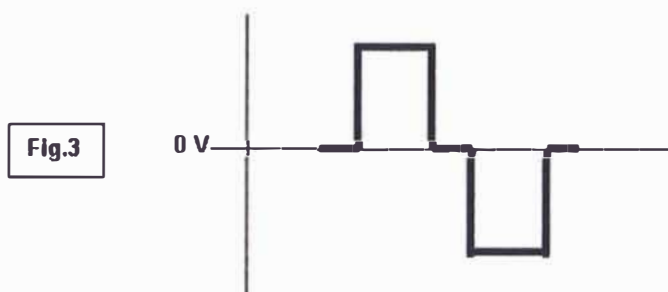


Fig.2 UPS Off-Line / Funcionamiento en modo batería (Backup) /

Cuando se produce una falla en la línea, es necesario transferir la carga desde la línea de alimentación al inversor.

Esta transferencia tiene una duración típica de 5 a 10 milisegundos, (equivalentes $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ ciclo). Para la mayoría de las cargas, éste tiempo de transferencia no es un problema; pero, algunas cargas críticas no pueden aceptar la caída de tensión provocada por un evento tan breve como éste.

Durante la operación en modo batería, la mayoría de las UPS tipo StandBy, tienen una tensión de salida con una forma de onda cuasi senoidal como se muestra en la Figura 3. Muchas cargas, incluyendo las computadoras, funcionarán correctamente con una forma de onda de esas características, pero algunos equipos especiales ó antiguos pueden requerir una forma de onda sinusoidal, y no trabajarán correctamente con una señal cuasi senoidal.



Salida cuasi senoidal del inversor

Durante caídas de la tensión de entrada, que se prolonguen por minutos, horas ó días, una UPS Standby conmutará a modo inversor, descargando la batería. Compare la operación de una UPS Standby, con las Figuras 4 a 7 de una UPS verdaderamente On-Line.

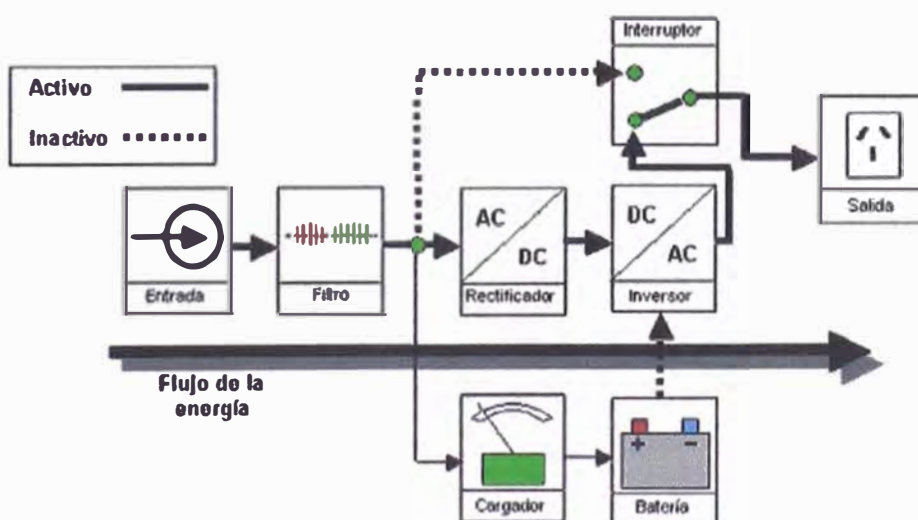


Fig.4 UPS On-Line / Funcionamiento en modo línea normal

En una UPS On-Line, el flujo normal de la energía es desde la entrada a través del filtro, del rectificador, inversor, conmutador y salida. El inversor provee permanentemente la energía acondicionada que la carga requiere. (Compare con la UPS tipo Standby, donde la carga está siempre conectada a la línea, y por lo tanto ve cualquier perturbación que en ella se produzca. Cuando la entrada de potencia desde la línea falla, el inversor entrega energía desde las baterías, tal como se ve en la Figura 5. Observe que el conmutador no opera al pasar al modo batería.

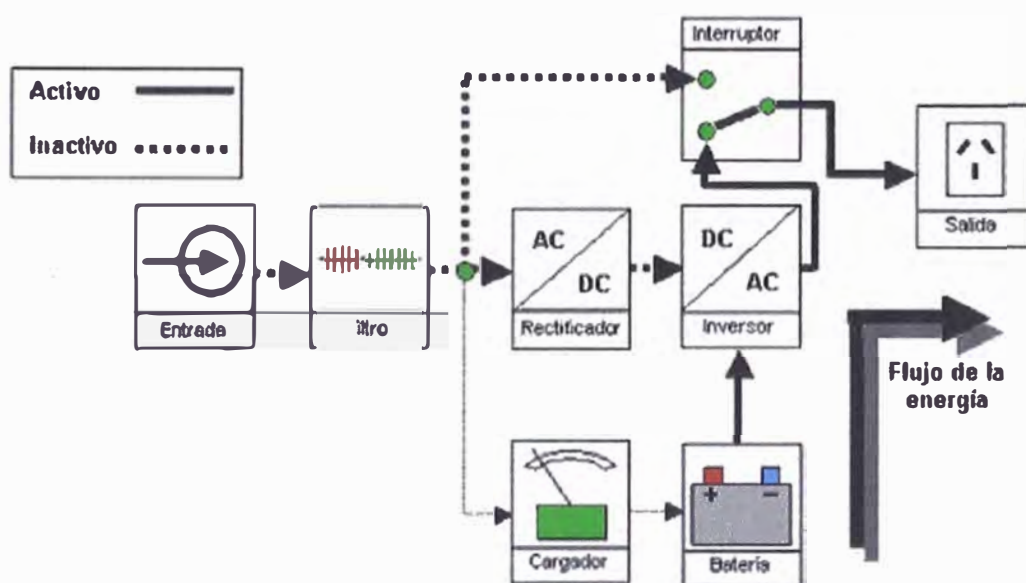


Fig.5 UPS On-Line / Funcionamiento en modo batería

Una UPS On-Line tiene un inversor que entrega una tensión de salida con una forma senoidal, y ella no cambia (como en las UPS Standby) cuando conmuta desde modo normal a modo batería. Todas las cargas que puedan operar con la tensión provista por la compañía de energía eléctrica, funcionarán adecuadamente con una UPS con salida senoidal.

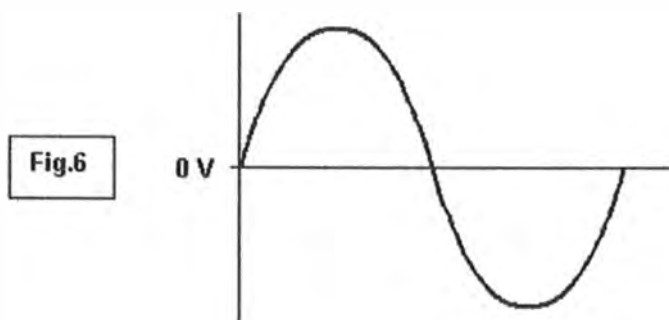


Fig.6

Inversor con salida senoidal

Una UPS On-Line tiene un tercer modo de operación (que la UPS Standby no posee). La Figura 7 ilustra el Modo Bypass, que puede ser utilizado en los casos de tareas de mantenimiento, ó si la UPS falla, ó para conmutar la carga a la línea si la tensión de salida cae por una sobrecarga, tal como encender un equipo con una alta corriente de arranque.

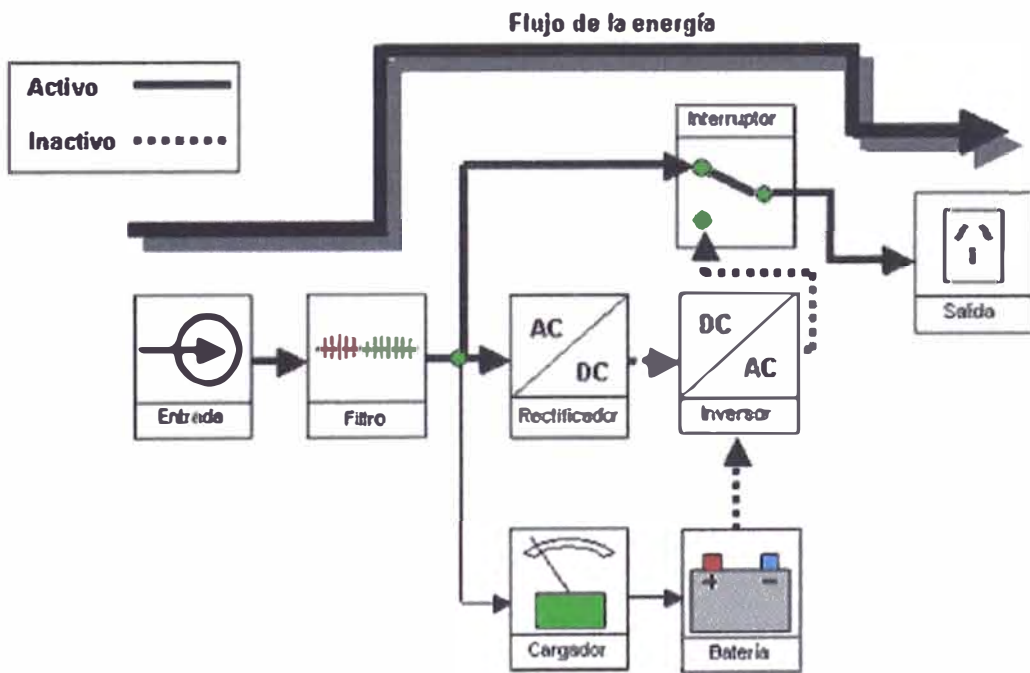


Fig.7

UPS On-Line / Funcionamiento en modo Bypass

En el modo Bypass el conmutador se ha activado, y si la UPS funciona correctamente, el conmutador retornará automáticamente la carga al inversor. Las protecciones contra picos transitorios y ruidos de línea continúan presentes en el modo Bypass, tal como ocurre en una UPS Standby en Modo Normal.

La UPS Interactiva

Una importante mejora a la UPS tipo Standby, fue el agregado de un regulador de tensión de entrada (estabilizador), constituido por un transformador con derivaciones seleccionables. La Figura 8 muestra el esquema de la UPS resultante, llamada UPS de Potencia Interactiva.

El estabilizador de tensión, a la entrada del sistema, permite operar al sistema en "Modo Normal", cuando se producen caídas ó sobre elevaciones en la tensión de línea, sin que sea necesario conmutar al Modo Batería.

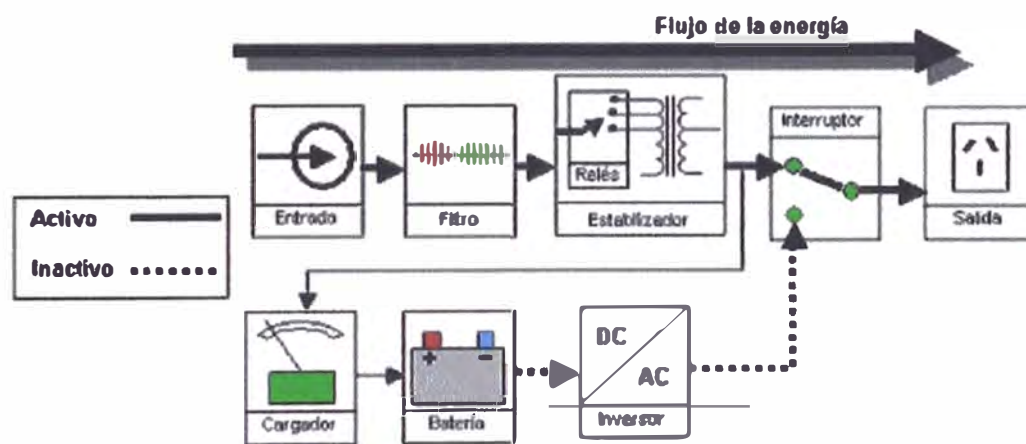


Fig.8 UPS Interactiva / Funcionamiento con red normal

La operación de una UPS Interactiva, en modo Batería es idéntica al de las UPS Standby. El inversor arranca, el relé de conmutación se activa, y la energía es provista por la batería.

La Figura 9 ilustra la operación de un sistema de regulación de tensión del tipo utilizado en las UPS Interactivas. En diseños de baja potencia y costo, el transformador tiene solamente dos derivaciones, mientras que en equipos de mayor potencia y mejores prestaciones suelen tener tres ó cuatro, lo que permite obtener un mejor rango de regulación y precisión de la tensión de salida. Note que la salida varía conjuntamente con la entrada hasta que se produce un cambio de derivación en el transformador. Estos pequeños cambios en la tensión de salida no afectarán a la mayoría de las cargas.

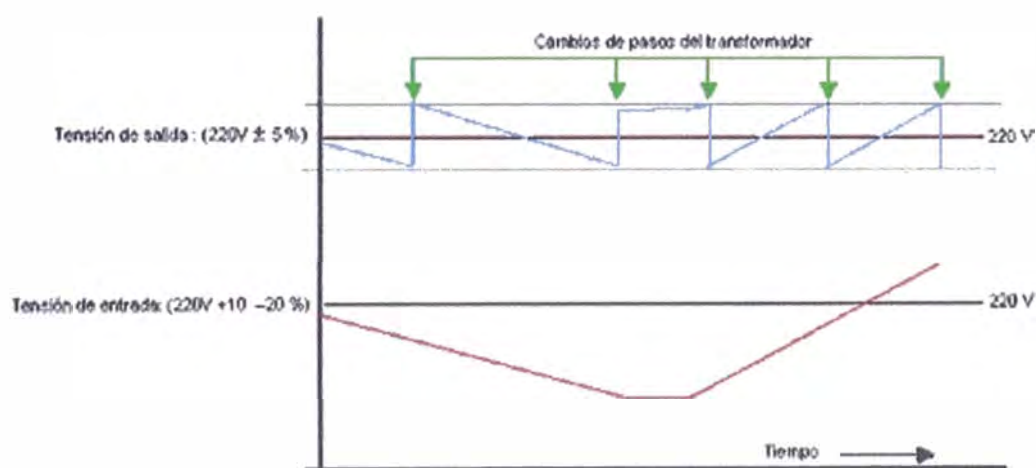


Fig.9

Estabilizador de Tensión de UPS Interactiva

Otros diseños de UPS Off-Line

Otras dos topologías de UPS bastante comunes en el mercado, las cuales son esencialmente de operación Off-Line son las del tipo Ferroresonante y Triport.

Las UPS del tipo Ferroresonante utilizan un transformador especial a la salida, el cual está sintonizado a 50 ó 60 Hz (dependiendo de la frecuencia de la red donde se encuentren instaladas). Este transformador con tres bobinados regula la tensión de salida, y puede ser visto como un estabilizador de tensión. Uno de los bobinados es utilizado para el Inversor.

Cuando la energía de la línea falla, el relé de transferencia conmuta, el inversor arranca y alimenta a la carga. Como vemos el Inversor está en modo standby, y es energizado solo cuando la línea falla. El transformador, debido a sus especiales características, tiene la capacidad de almacenar energía, lo que hace que durante el período de transferencia no se manifieste un micro corte de energía tan importante como en la UPS Standby. El aislamiento del transformador también provee una alta atenuación de ruidos y picos transitorios, igual o mejor que cualquier otro filtro disponible, pero el transformador mismo puede crear severas distorsiones en la tensión de salida (fundamentalmente con cargas no lineales), que pueden llegar a ser peores que una mala conexión de línea.

Aún considerando que ésta es una UPS Standby, su rendimiento es bajo, debido a la ineficiencia del transformador.

En la Figura 10 podemos ver el diagrama en bloques de una UPS de éstas características, funcionando en Modo Normal.

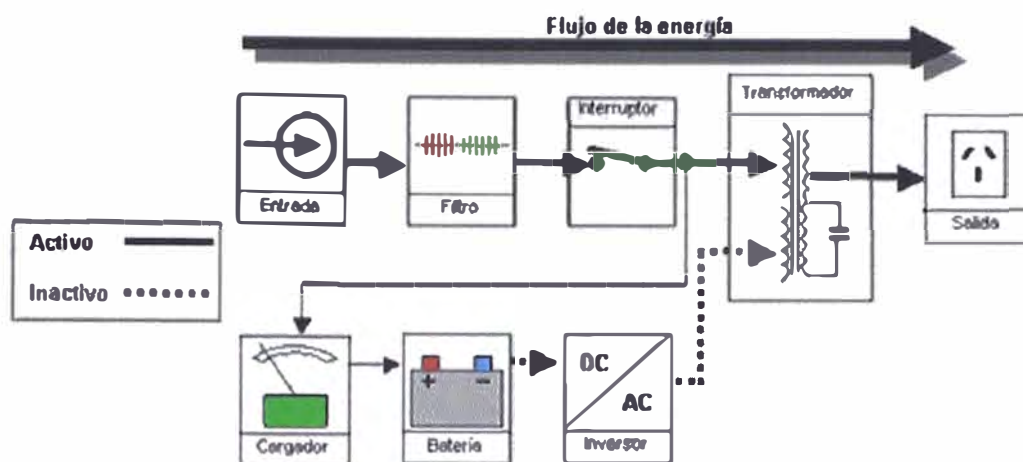


Fig.10 UPS Ferroresonante / Funcionamiento con red normal

La UPS denominada Triport es realmente una UPS Interactiva. En éste sistema el inversor está interactuando permanentemente con la línea. Note en la Figura 11 que hay un inductor intercalado entre la entrada de la línea y la salida del Inversor. Este inductor es el que distingue a la UPS tipo Triport de las otras tecnologías.

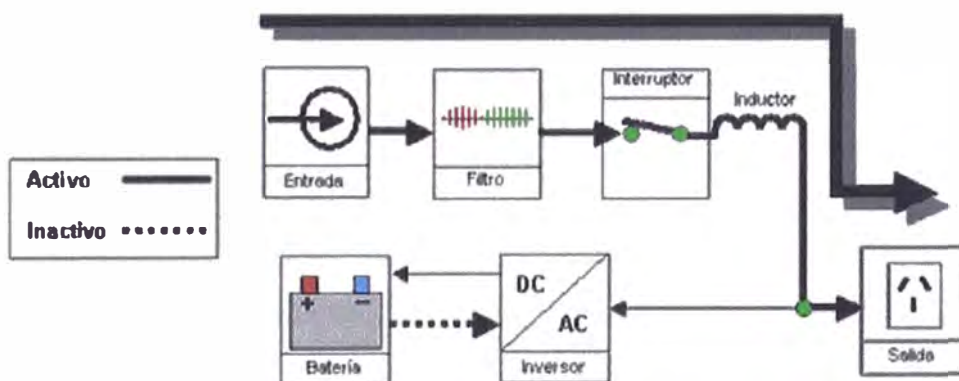


Fig.11 UPS tipo Triport (Interactiva verdadera) / Funcionamiento con red normal

El nombre Triport (tres puertos) es debido a que realmente, el inversor, la línea, y la carga configuran los tres puertos.

Operando en modo normal (con línea presente), hay una caída de tensión en el inductor, y es necesario el funcionamiento del inversor para regular la tensión de

salida a la carga. El inversor también toma parte de energía de la línea y además mantiene la carga de las baterías. Si el inversor tomara la energía desde las baterías, éstas se descargarían y no estarían disponibles en el caso de un corte de tensión de entrada.

Cuando la entrada falla, el interruptor se abre y el inversor alimenta a la carga con la energía de las baterías. El diseño Triport es algunas veces comercializado como UPS de Simple Conversión, pero realmente ésta tecnología sigue encuadrándose dentro de las UPS Off-Line. Estas UPS pueden presentar un incorrecto funcionamiento cuando se las opera con grupos electrógenos que tengan una frecuencia inestable.

UPS Redundantes (Tolerantes a las Fallas) de diseño modular.

Este tipo de UPS, fue utilizado hace tiempo sólo para grandes instalaciones. Desde el lanzamiento al mercado de UPS de mediana potencia con el mismo concepto de redundancia y modularidad, nos encontramos con una alternativa que nos ofrece una importante cantidad de ventajas.

La Figura 12 es un simple diagrama que muestra múltiples UPS modulares, y un gabinete para las conexiones de entrada y salida. Cada módulo, es en realidad una UPS completa, usando las últimas tecnologías: doble conversión, salida perfectamente sinusoidal, cargador de baterías incorporado, factor de potencia de entrada corregido, etc.

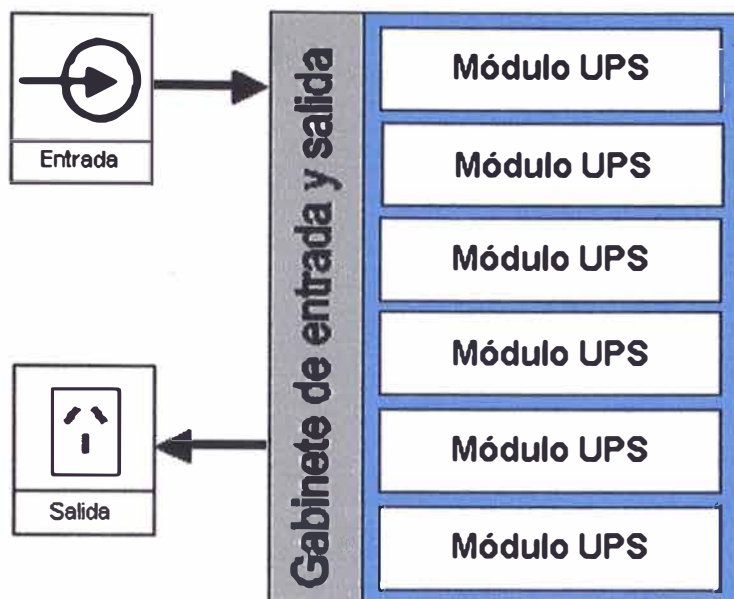
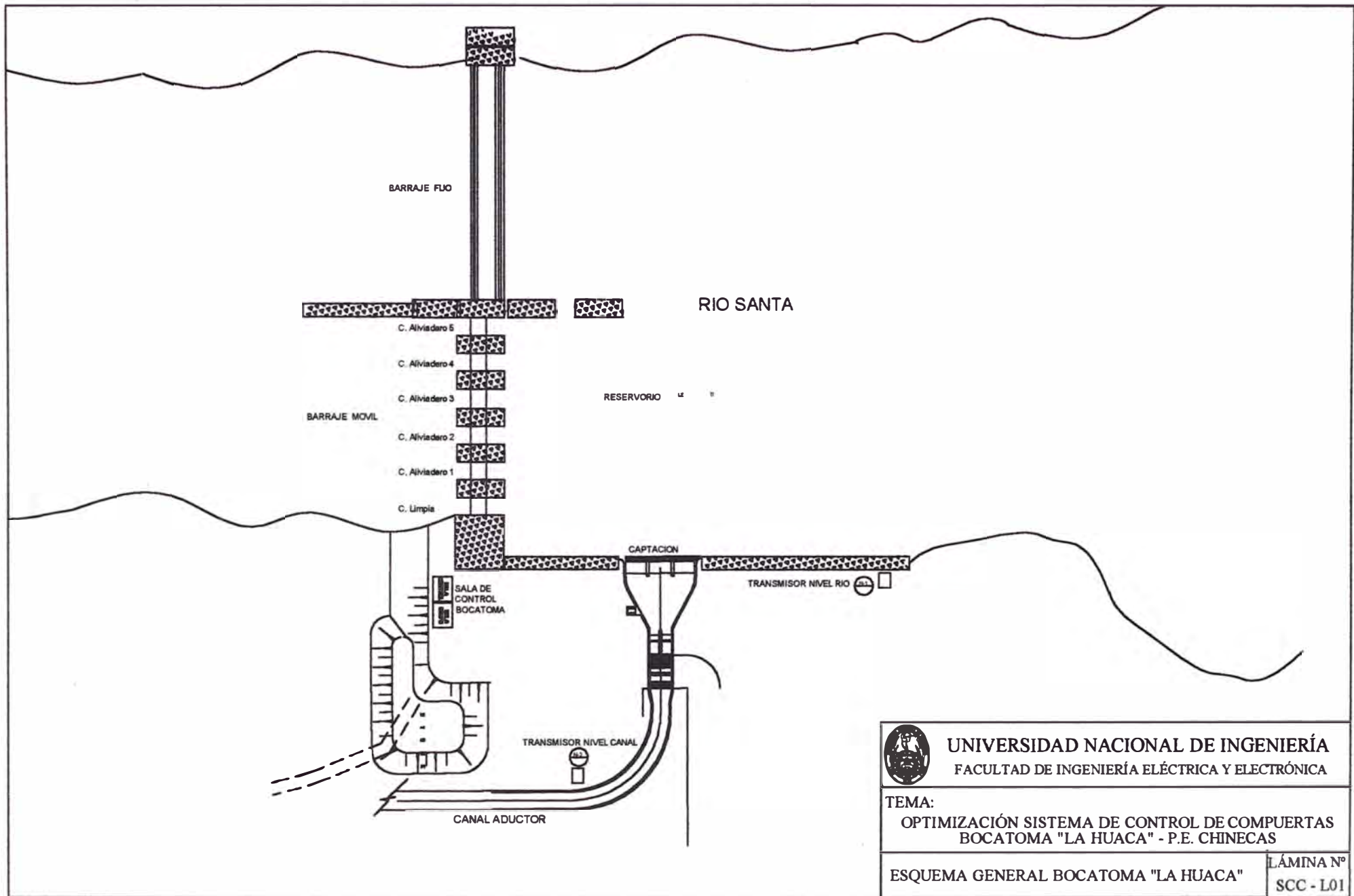



Fig.11 UPS Modular y Redundante

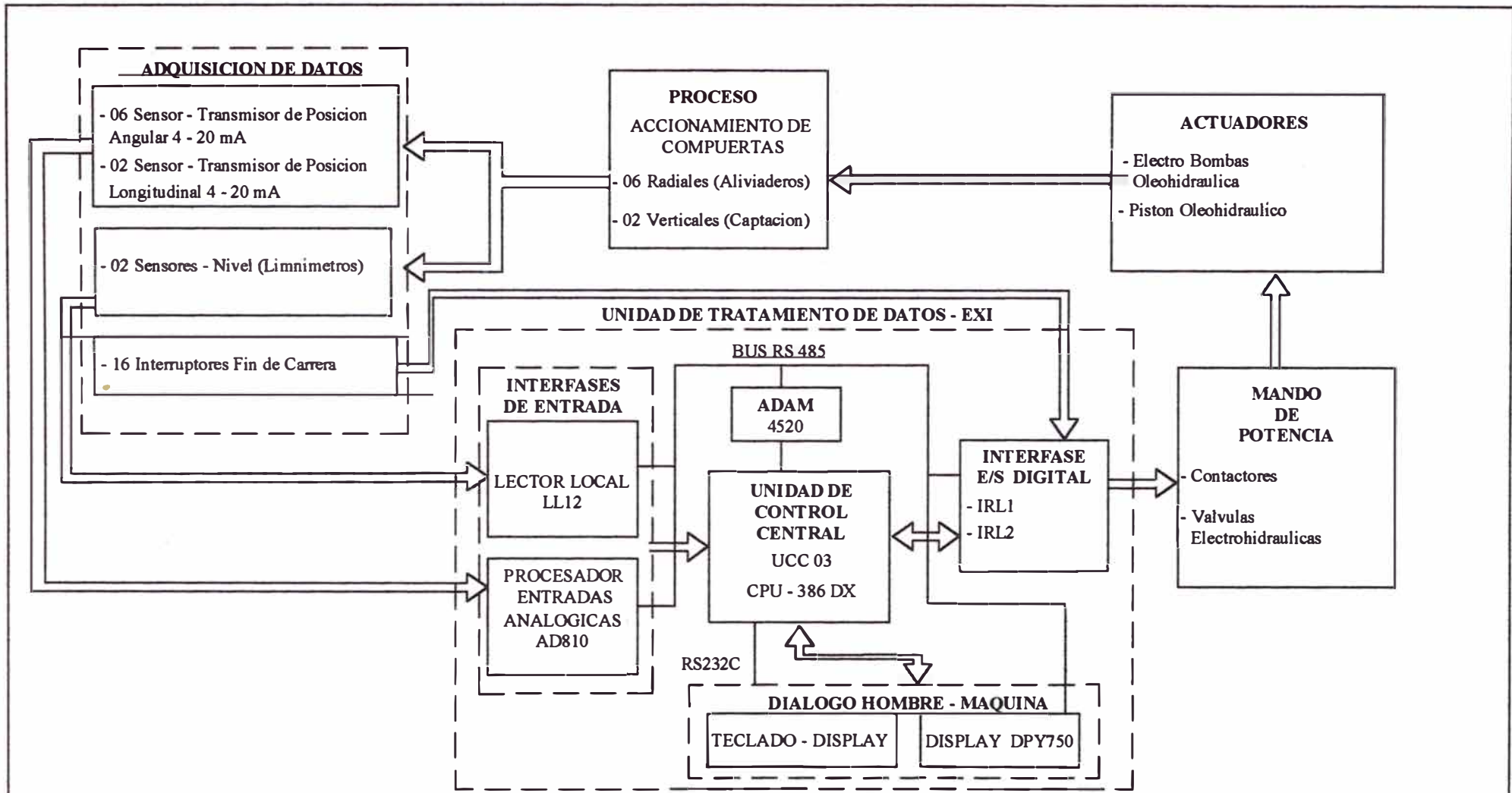
En una UPS de tipo redundante, al menos un módulo se encuentra en reserva. Si un módulo falla, es excluido del sistema y la UPS continúa operando normalmente. Algunas de las fundamentales ventajas de este tipo de UPS son: la posibilidad de ampliación (por crecimiento de los sistemas a proteger), la facilidad de cambio del módulo con fallas (tiempos mínimos de reparación sin perder la protección de la UPS), y su muy alta confiabilidad.

ANEXO VIII

LÁMINAS



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
	TEMA: OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS
ESQUEMA GENERAL BOCATOMA "LA HUACA"	LÁMINA Nº SCC - L01



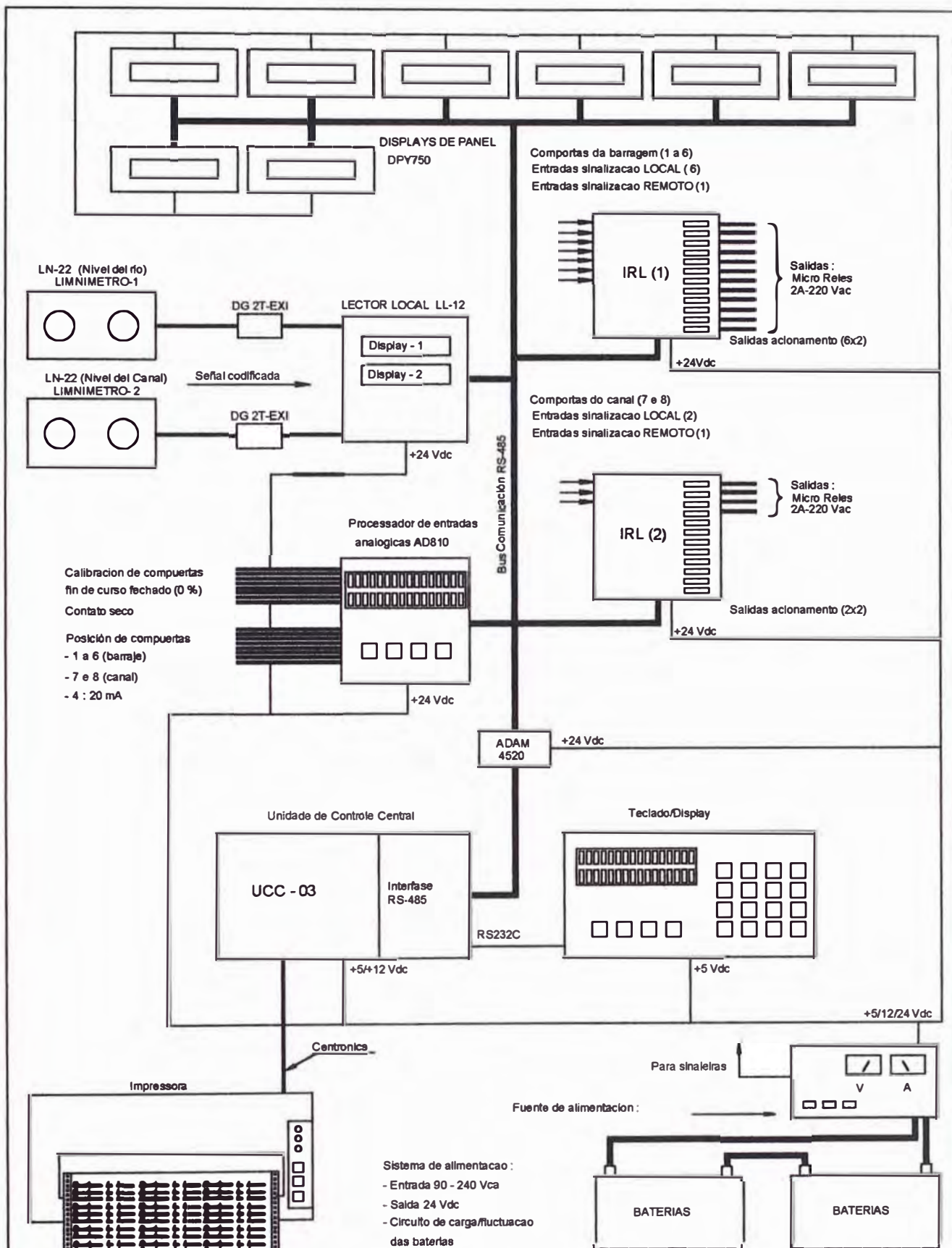
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

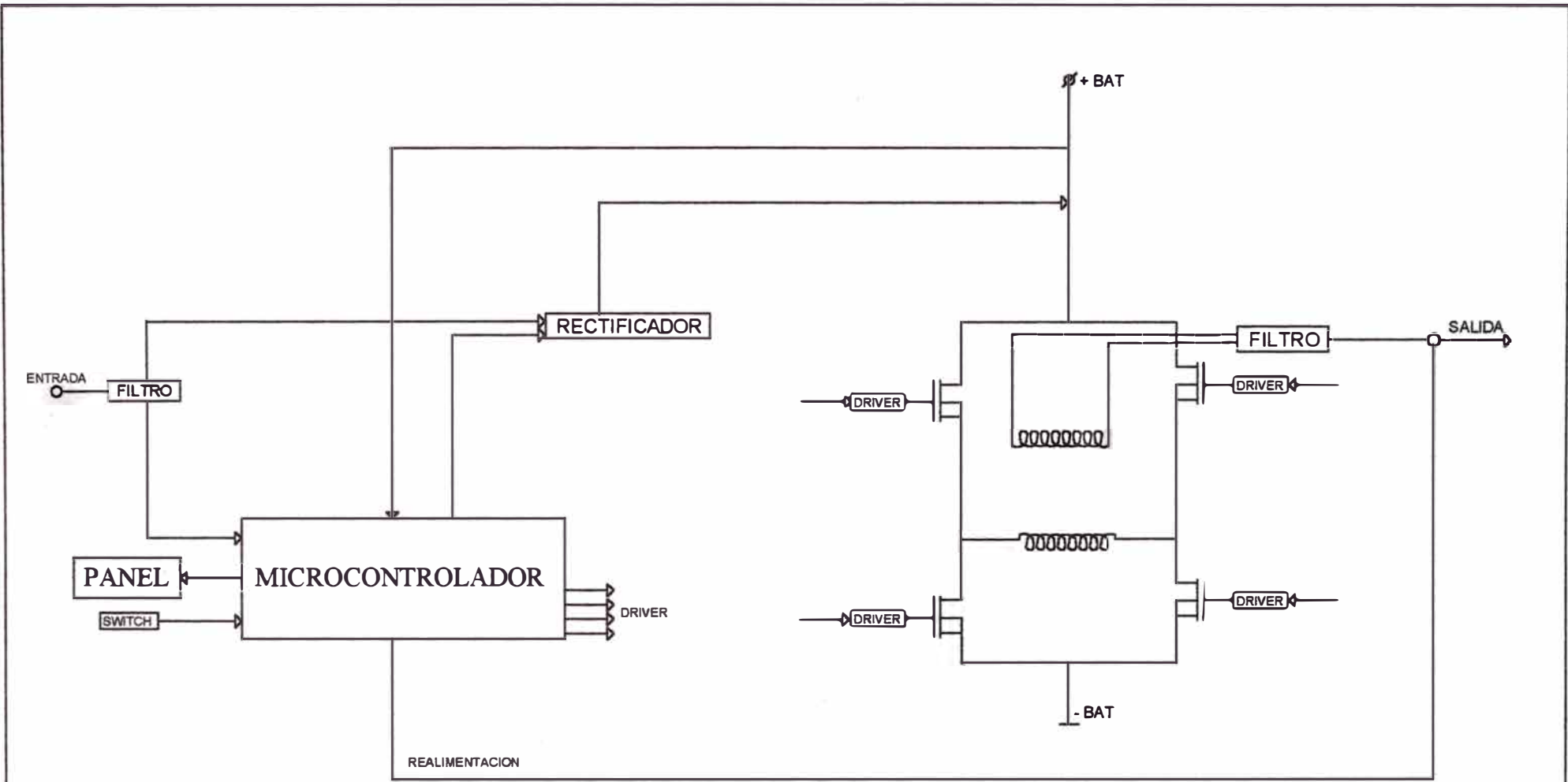
TEMA:


OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS
BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS

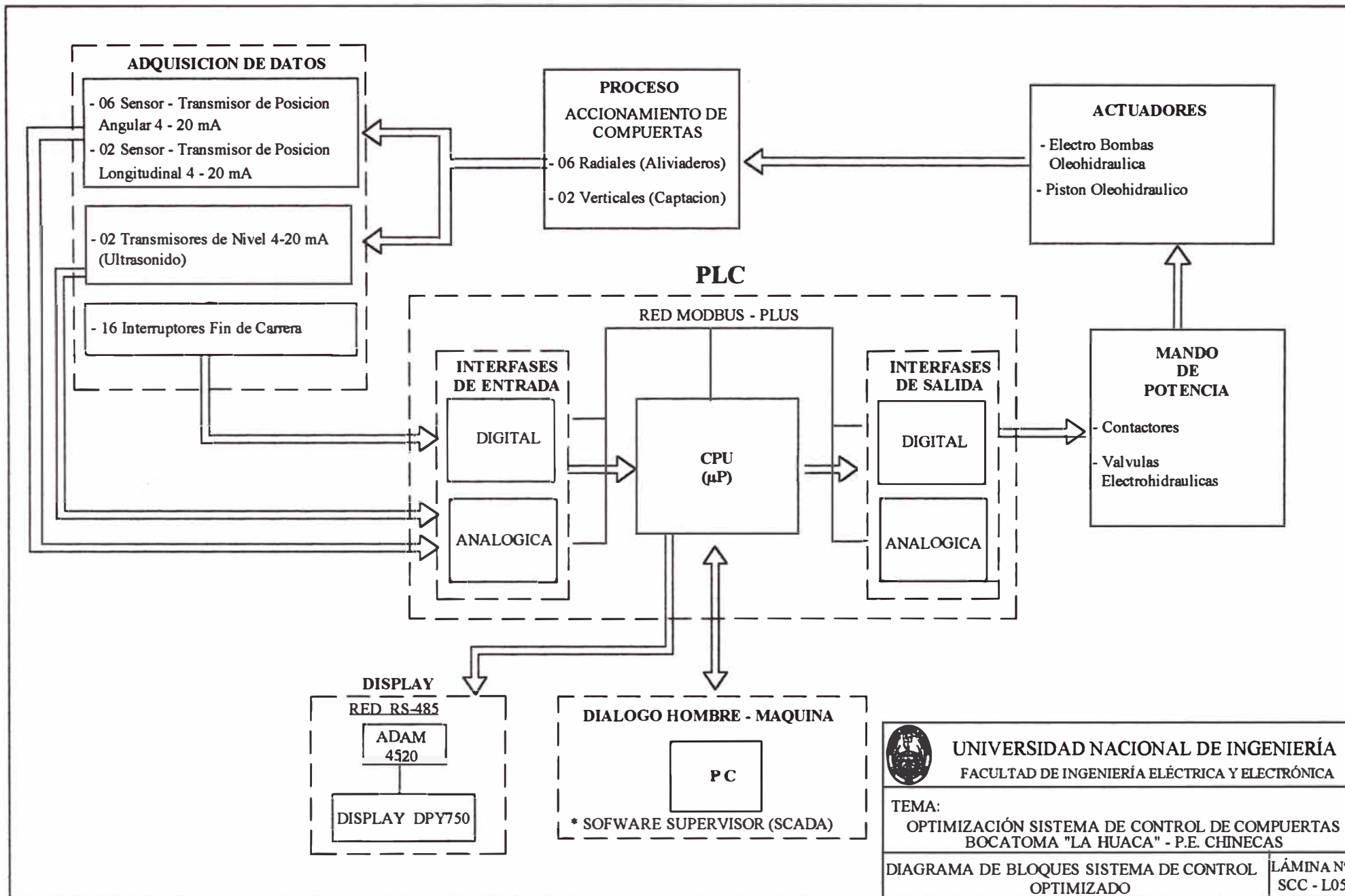
DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE CONTROL
ACTUAL


LÁMINA Nº
SCC - L02





	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	
	TEMA: OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS	
CONFIGURACIÓN DE LA TECNOLOGÍA TRUE ON LINE - UPS		LÁMINA N° SCC - L04

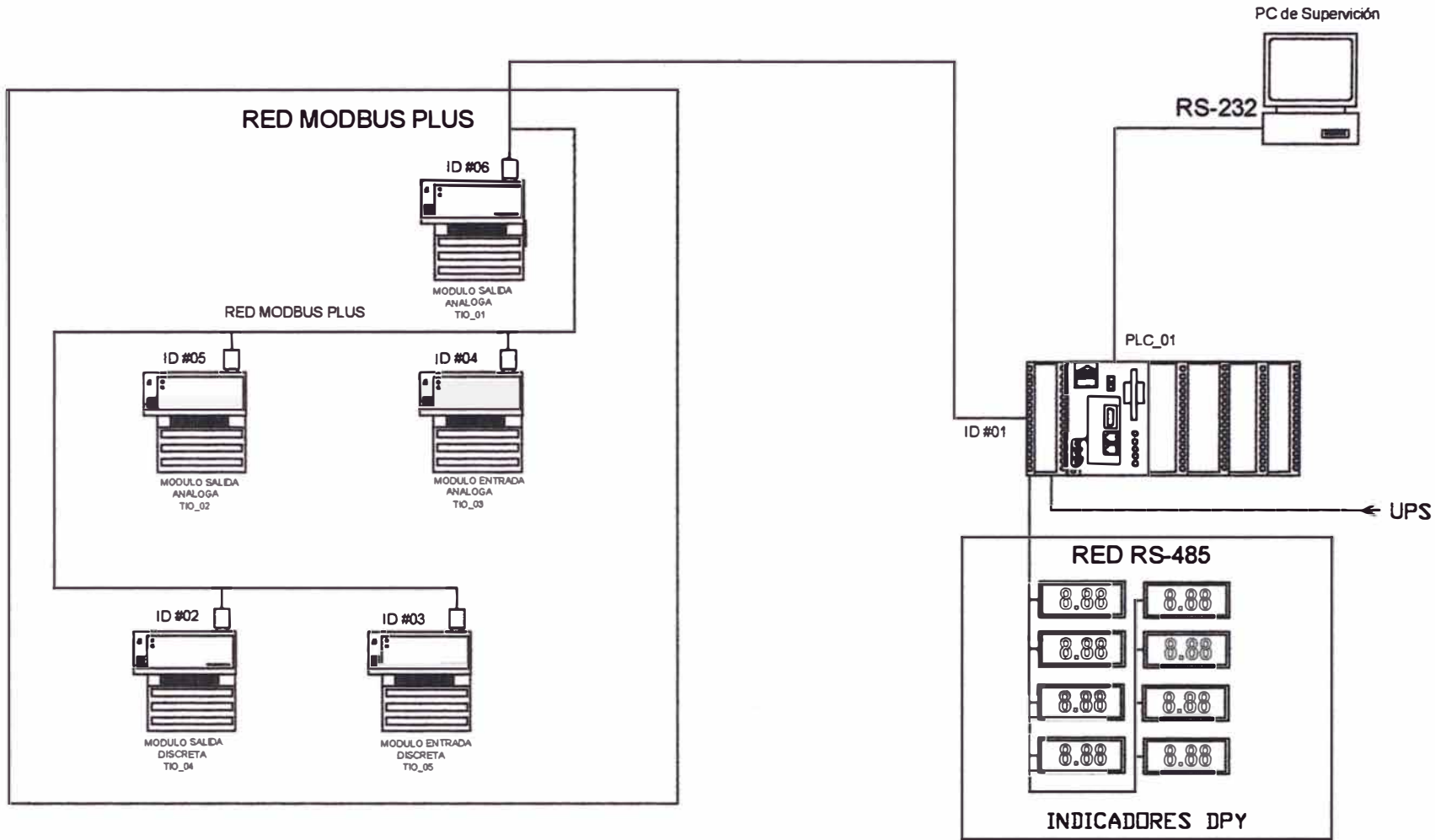



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TEMA:
 OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS
 BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS

DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE CONTROL
 OPTIMIZADO

LÁMINA Nº
 SCC - L05



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

TEMA:

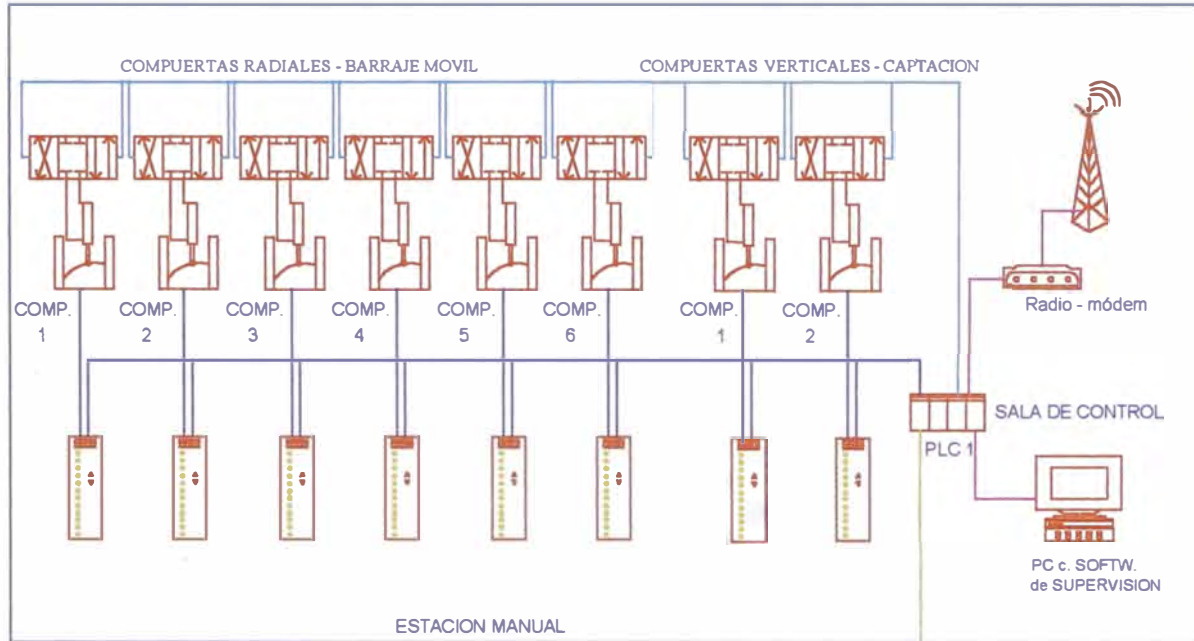
OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS
 BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL
 OPTIMIZADO

LÁMINA Nº
 SCC - L06

BOCATOMA "LA HUACA"

BOCATOMA



LEYENDA

BUS DE SALIDAS DEL PLC A LOS ACCIONAMIENTOS HIDRAULICOS

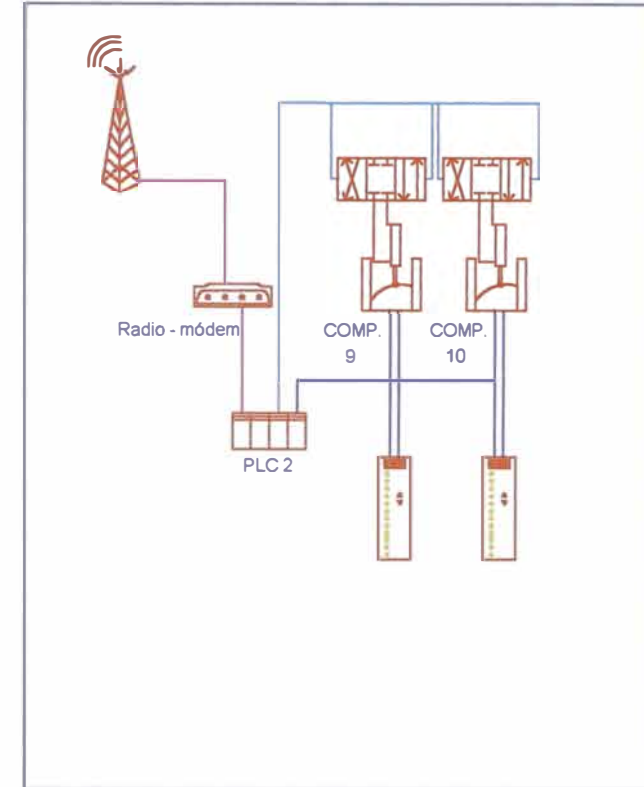
BUS DE ENTRADAS DE POSICION DE LAS COMPUERTAS

BUS DE SEÑALES ANALOGICAS DE NIVEL Y FLUJO

TRANSDUCTORES



DESARENADOR



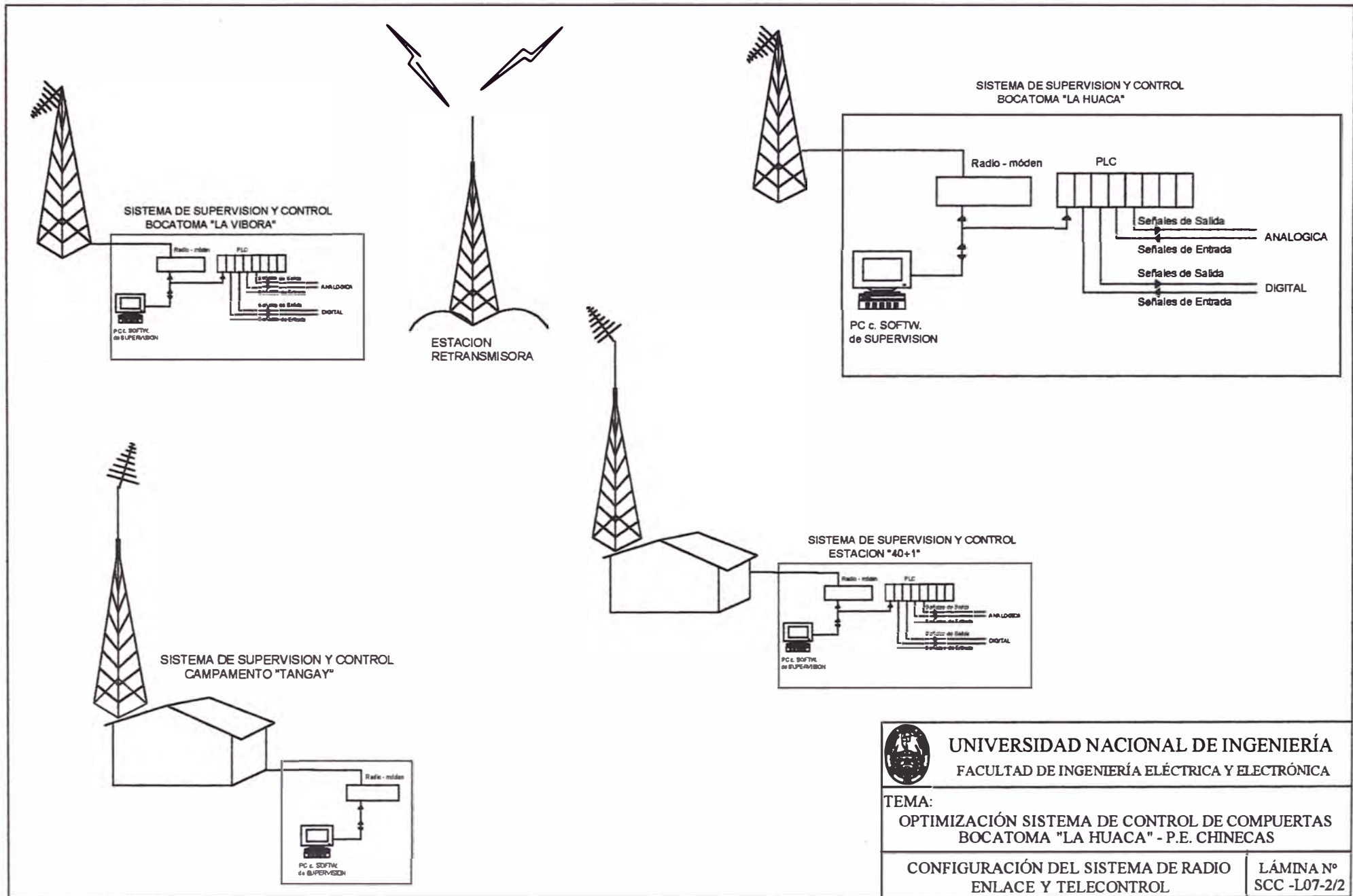
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA


TEMA:

OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS
BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO
ENLACE Y TELECONTROL

LÁMINA N°
SCC -L07-1/2



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	
TEMA: OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE CONTROL DE COMPUERTAS BOCATOMA "LA HUACA" - P.E. CHINECAS	
CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE RADIO ENLACE Y TELECONTROL	LÁMINA Nº SCC -L07-2/2

BIBLIOGRAFÍA

1. Ing. Ricardo Núñez Carrillo, Controladores Lógicos Programables I, FIEE-UNI, año 1999
2. Ing. Elmer Ramírez, Aplicaciones con PLC para Automatización de Plantas Industriales, TECSUP, año 2001
3. Telemecanique, Automatismos Programables Industriales, Catálogo 1994, año 1994
4. Guía Electrónica Proveedores Industriales – Perú, <http://www.open.com.pe/ialdia/proveedores/>
5. Software Automatización, <http://www.autoware.com/spanish/aw-sys.htm>.
6. Automatización, comunicaciones y protección, <http://www.plcservices.com.ve/>
7. PLC Modicon, <http://www.modicon.com>
8. Servicios Automatización, <http://www.autc.com.pe>
9. Biblioteca ALLEN BRADLEY, <http://www.ab.com/manuals/es/cp/plc2/>
10. Teoría del PLC, http://www.geocities.com/ingenieria_control
11. PLC SIMATIC, <http://www.siemensandina.com/Archivos/venezuela/ven4.pdf>