



TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

GERARDO AHUMADA THEODULOZ

INSTRUMENTACION

- La macromedición, entendiéndose por ella no sólo la medición de caudales sino también la medición de otros parámetros de cantidad y/o calidad del agua a nivel de la infraestructura de un servicio sanitario, es una herramienta indispensable en la gestión integral de una empresa, y no debe verse como un campo exclusivo de los encargados de la operación.

INSTRUMENTACION: PARAMETROS

- Los parámetros a medir permiten conocer las características principales del agua, considerando aquellos parámetros que son relevantes para el control de la producción y distribución del agua.
 - => Información de producción
- En la Tabla siguiente se enumeran los parámetros que más comúnmente se miden en un servicio de agua potable a nivel de sus distintas instalaciones.

INSTRUMENTACION: PARAMETROS

INSTALACION	PARAMETRO	ABREVIACION	UNIDAD DE MEDIDA
Captación	Caudal	F	I/s
	Turbiedad	T	UNT
Acueductos y Cañerías	Caudal	F	I/s
	Nivel	L	m
	Presión	P	bar
	Turbiedad	T	UNT
	Cloro Residual	CL	mg/l
Plantas de Tratamiento	Fluor	FL	mg/l
	Caudal	F	I/s
	Turbiedad	T	UNT
	pH	pH	-
	Cloro Residual	CL	mg/l
	Fluor	FL	mg/l

INSTRUMENTACION: PARAMETROS

INSTALACION	PARAMETRO	ABREVIACION	UNIDAD DE MEDIDA
Estanques	Nivel	L	m
	Caudal	F	l/s
	Turbiedad	T	UNT
	Cloro Residual	CL	mg/l
Plantas Elevadoras	Caudal	F	l/s
	Presión	P	bar
	Tiempo de Operación	EQ	hrs
	Tensión	V	V
	Intensidad	I	A
Válvulas	Estado (1) ON/OFF	-	-
	Grado de Apertura	G	%
	Presión	P	bar
	Estado (1) Abierto/Cerrado	-	-

CI51K-2011

U.de Chile

5

INSTRUMENTACION: PRECISION

- Respecto al principio de medición y a la precisión de la medida, se deben cumplir determinadas exigencias. En particular es importante la elección del rango de medición. Si se considera un valor muy por encima del máximo o por debajo del mínimo esperado se reduce la exactitud de la medición.
- Según la importancia de un punto de medición determinado, debe aplicarse diferentes niveles de precisión de la medición. Para ello se debe considerar:
 - La ubicación del punto de medición.
 - La importancia relativa de la magnitud de la medición en el sistema global.

CI51K-2011

U.de Chile

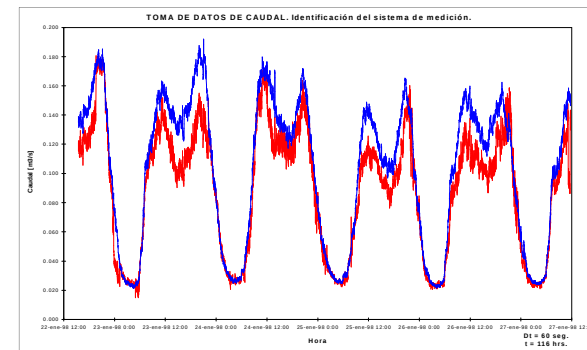
6

INSTRUMENTACION: PRECISION

OBJETIVO DE LA MEDICION	PRECISION
Facturación entre Empresas	• Alta, con certificación de autoridad competente.
Distribución en tiempo real de caudales de agua potable.	• Alta
Distribución en tiempo real de caudales de agua cruda.	• Media
Balances de volúmenes de agua potable en plantas de tratamiento.	• Alta, si el porcentaje de pérdidas es bajo. • Media, si el porcentaje de pérdidas es importante.
Elevación de agua potable.	• Alta, si el costo de la energía es importante. • Media, si el costo de la energía es bajo.
Determinación de coeficientes de consumo.	• Media
Estimación de pérdidas a partir del consumo nocturno.	• Media

C

INSTRUMENTACION



CI51K-2011

U.de Chile

8

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE CAUDAL MAGNETICO INDUCTIVO

PRINCIPIO DE FARADAY

Si un fluido conductor fluye a través de un campo magnético de intensidad constante B , entonces un voltaje U se inducirá en él. Este voltaje es proporcional a la velocidad media V del fluido. El voltaje es sentido por dos electrodos. Con la velocidad y el diámetro interno del medidor D , la unidad electrónica calcula el caudal volumétrico del fluido.

$$U = K \times B \times V \times D$$

K = Constante del instrumento

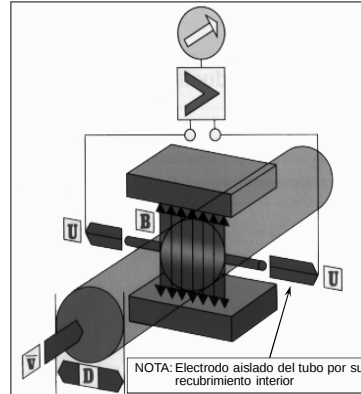
B = Intensidad de campo magnético

V = Velocidad media del fluido

D = Distancia entre electrodos

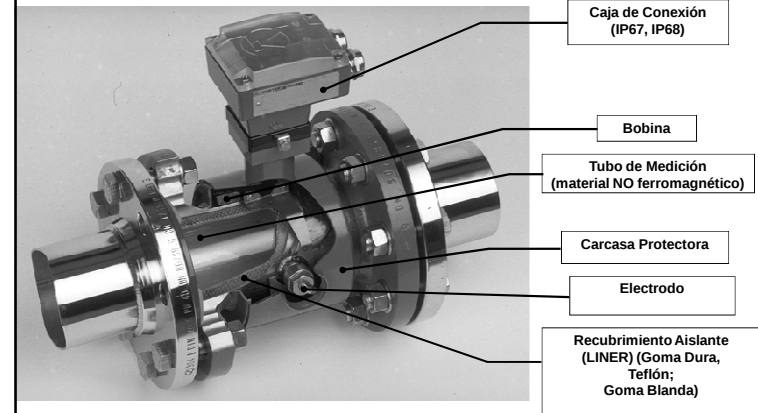
CI51K-2011

U.de Chile



9

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE CAUDAL MAGNETICO INDUCTIVO



CI51K-2011

U.de Chile

10

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE CAUDAL MAGNETICO INDUCTIVO



CI51K-2011

U.de Chile

11

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE TURBIEDAD

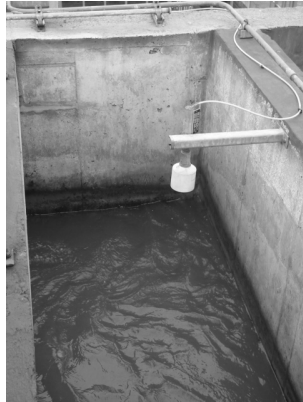


CI51K-2011

U.de Chile

12

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE NIVEL



CI51K-2011

U.de Chile

13

INSTRUMENTACION: INSTALACION

La instalación de un medidor puede resultar a menudo costosa, inconveniente e incluso imposible. Algunos de los problemas que se pueden presentar son:

- Necesidad de piezas especiales
- Longitud de cañería recta antes y después del medidor
- Carga disponible
- Calibración
- Suministro de energía eléctrica
- Construcción de cámaras
- Ubicación del dispositivo primario

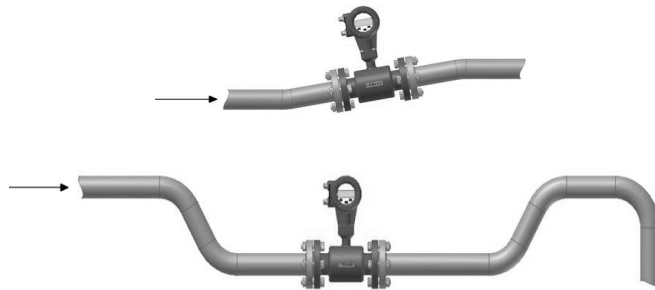
CI51K-2011

U.de Chile

14

INSTRUMENTACION: INSTALACION

- Carga disponible

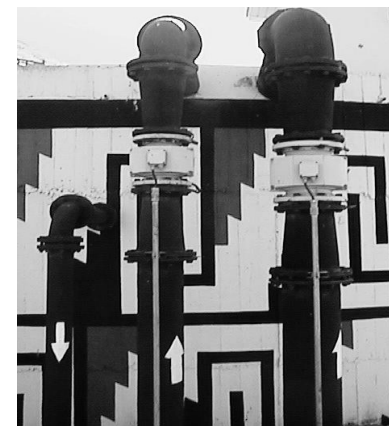


CI51K-2011

U.de Chile

15

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE CAUDAL MAGNETICO INDUCTIVO



CI51K-2011

U.de Chile

16

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE CAUDAL MAGNETICO INDUCTIVO MAL INSTALADO

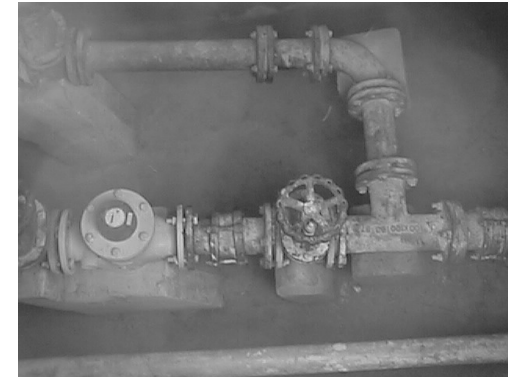


CI51K-2011

U.de Chile

17

INSTRUMENTACION: MEDIDOR DE CAUDAL VELOCIMETRICO MAL INSTALADO



CI51K-2011

U.de Chile

18

INSTRUMENTACION: INFORMACION

- Un sistema de macromedición se justifica si y sólo si los valores medidos son transformados en información y esta información es puesta a disposición de los diferentes actores de una empresa.
- La información de caudales y/o presiones en tiempo real permite optimizar la satisfacción de la demanda.
- La información de caudales históricos permite realizar proyecciones de la demanda tanto para el corto plazo (operación) como para el mediano o largo plazo (diseño).

CI51K-2011

U.de Chile

19

INSTRUMENTACION: INFORMACION

- También permite la obtención de los coeficientes de máximo consumo tanto a nivel diario como horario, los cuales tienen relevancia en el dimensionamiento de las obras de producción y distribución de la empresa real como de la empresa modelo utilizada en el cálculo tarifario.
- La información de volúmenes permite efectuar balances de agua y cuantificar pérdidas a nivel de los diferentes elementos del servicio. El período de tiempo a considerar en dichos balances depende del proceso y de la infraestructura. En la Tabla siguiente se entrega una recomendación al respecto.

CI51K-2011

U.de Chile

20

INSTRUMENTACION: INFORMACION

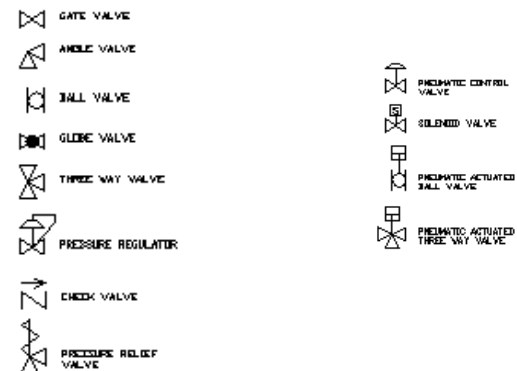
INSTALACION	PERIODO DE TIEMPO
Plantas de Tratamiento	1 minuto a 1 día
Estanques	1 hora a 1 semana
Plantas Elevadoras	1 hora a 1 semana
Sistema de Producción	1 día a 1 mes
Sistema de Distribución	1 mes a 1 año

CI51K-2011

U.de Chile

21

Válvulas - Símbolos



CI51K-2011

U.de Chile

22

ISA - Codificación de Instrumentos

- Transmisores/sensores:
 - FT – flow transmitter
 - LE – level element
- Indicadores:
 - AI – analytical indicator
 - LI – level indicator
 - PAH – pressure alarm high
- Controladores:
 - TIC – temp indicating controller
 - FFIC – ratio flow controller

CI51K-2011

U.de Chile

23

INSTRUMENTACION: MANTENIMIENTO



CI51K-2011

U.de Chile

24

INSTRUMENTACION: Diagnóstico en Línea

■ Funciones de pruebas (automáticas)

■ Frecuencia de las pruebas

■ ¿Cómo está disponible la información?

■ Pruebas de diagnóstico e información seleccionables

■ Confiabilidad del diagnóstico

■ Requerimientos (pautas, standards, etc.)

CI51K-2011

U.de Chile

25

INSTRUMENTACION: Diagnóstico en Línea

Sensor de Flujo

- falla o incrustación de electrodo
- corrosión de electrodo
- fugas de fluidos por electrodo
- deformación del liner
- comportamiento de bobinas

Proceso Local

- burbujas de gas y sólidos
- instalación
- Conductividad del líquido
- Temperatura del flujómetro/fluido
- Tuberías parcialmente llenas

Convertidores de Flujo

- verificación de linealidad
- verificación del I/O
- funcionamiento de los componentes del conversor

CI51K-2011

U.de Chile

26

INSTRUMENTACION: Diagnóstico en Línea

Salida mA monitoreado para:

- interrupción
- carga permisible

Procesamiento de señal electrónica para:

- exactitud
- linealidad
- función del uP
- funcionamiento de la memoria
- temperatura

Proceso monitoreado para:

- conductividad mínima
- límites de conductividad
- perfil del flujo
- temperatura
- contenido de gas
- corrosión de electrodo

Corriente de campo monitoreado para:

- valor verdadero

Bobinas de campo monitoreadas para:

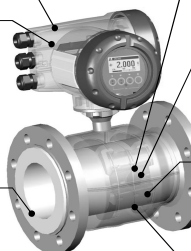
- resistencia
- corto circuito/circuito abierto
- temperatura

Campo magnético, inducción B, voltaje U, monitoreado para:

- campos magnéticos externos
- linealidad del circuito magnético

Electrodos de medición, monitoreado para:

- circuito abierto/corto circuito
- mal comportamiento del electrodo
- resistencia del electrodo



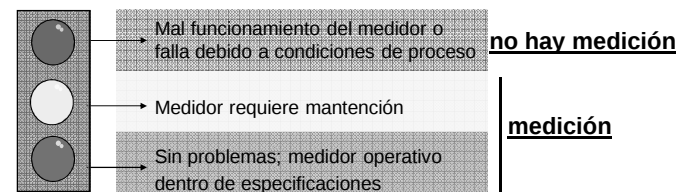
CI51K-2011

U.de Chile

27

INSTRUMENTACION: Diagnóstico en Línea

Estado del medidor



- Si problema es resuelto, alarma desaparecerá automáticamente del display y salidas
- Alarmas y errores son trazables en informe de estado

CI51K-2011

U.de Chile

28

SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control se basa en la captación de datos en numerosos puntos de un sistema de abastecimiento de agua, cuya estructura debería ser prevista tal que se consideren los siguientes factores:

- Captación y verificación de toda información necesaria del sistema de abastecimiento de agua (proceso).
- Manejo de las instalaciones operativas (bombas, válvulas).
- Llenado de protocolos cíclicos y espontáneos para la supervisión de eventos y estados operativos y control de actuadores.

CI51K-2011

U.de Chile

29

SISTEMA DE CONTROL: OBJETIVOS

Centralizar las mediciones de niveles de estanques que conforman este sistema.
Centralizar la medición de presión de la impulsión de agua de lavado.
Centralizar las mediciones de caudal.
Centralizar las mediciones de turbiedad.
Centralizar las mediciones de otros parámetros de calidad.
Centralizar los estados de operación de los grupos motobomba.
Centralizar los comandos de partida y parada de los grupos motobomba.
Controlar automáticamente la dosificación a la entrada de la planta.
Centralizar información y control en la sala de control, desde donde se podrá tener acceso a cada uno de los elementos del sistema.
Generación de reportes.

CI51K-2011

U.de Chile

30

SISTEMA DE CONTROL: JERARQUIA

Se recomienda que un sistema de control sea estructurado en forma jerárquica con equipos de telecontrol y controladores libremente programables (PLC) tal que las posibles fallas en componentes parciales del sistema de control tengan un efecto limitado sobre el sistema global. Esta jerarquización también debe asegurar que posibles fallas en el sistema global no impidan la operación normal de los sistemas de automatismo local.

CI51K-2011

U.de Chile

31

SISTEMA DE CONTROL: JERARQUIA

- El concepto de sistema de control prevé un sistema jerárquico en su totalidad, formado preponderantemente por sistemas autónomos, para garantizar una visión clara, flexibilidad, seguridad y confiabilidad, así como funcionalidad en la ejecución de las tareas y también en las modificaciones o complementaciones.

CI51K-2011

U.de Chile

32

SISTEMA DE CONTROL: JERARQUIA

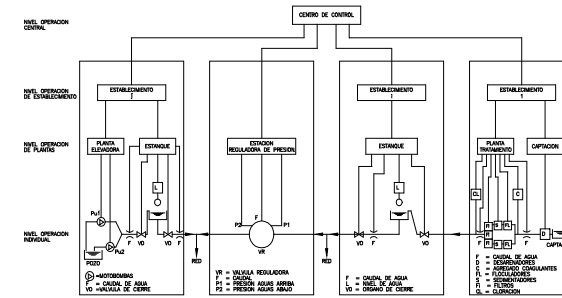


CI51K-2011

U.de Chile

33

SISTEMA DE CONTROL: JERARQUIA

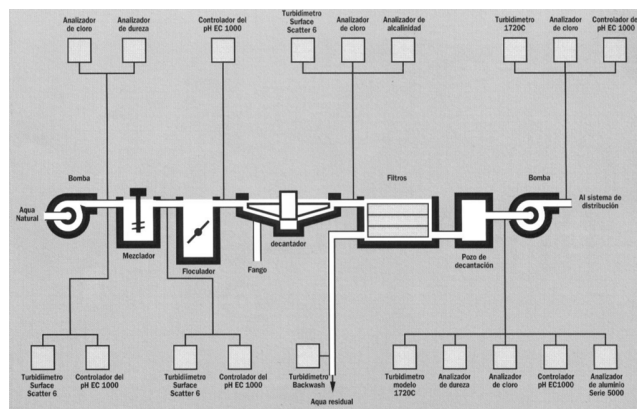


CI51K-2011

U.de Chile

34

SISTEMA DE CONTROL: PTAP

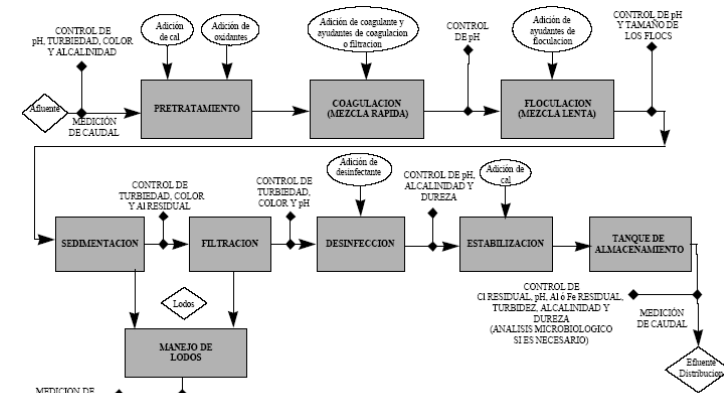


CI51K-2011

U.de Chile

35

SISTEMA DE CONTROL: PTAP

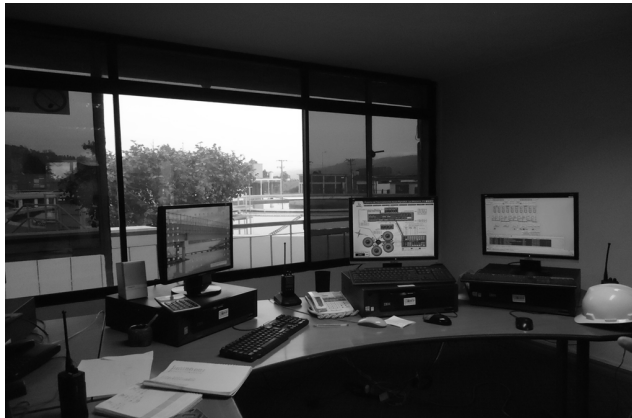


CI51K-2011

U.de Chile

36

SISTEMA DE CONTROL: CENTRO DE CONTROL



CI51K-2011

U.de Chile

41

SISTEMA DE CONTROL: DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento de un sistema de control se debe cuantificar las señales que se captarán en cada subestación definiendo cuáles se transmitirán desde y cuáles hacia éstas. Para ello se recomienda considerar:

- Una reserva del 20% para cada una de las subestaciones planificadas.
- El sistema de control debe ser capaz de procesar además de la cantidad de variables de proceso actuales, las que surjan en una futura etapa de implementación del sistema, es decir, se debe prever una reserva para futuras ampliaciones del sistema que aún no se encuentran planificadas, en la capacidad de proceso del sistema de control.

CI51K-2011

U.de Chile

42

SISTEMA DE CONTROL: DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento del Centro de Control deben considerarse, además de los datos de proceso actuales, los datos de archivo, valores de cálculo y los valores ingresados manualmente (ej: valores de corrección).

CI51K-2011

U.de Chile

43

SISTEMA DE CONTROL: HARDWARE

Las componentes necesarios para determinar la configuración del hardware del Centro de Control son:

- Computador para el control operacional.
- Acoplamiento de equipos de telecontrol.
- Comunicación hombre/máquina.
- Almacenamiento de datos.

CI51K-2011

U.de Chile

44

SISTEMA DE CONTROL: HARDWARE

Un sistema de computación para control operacional se puede basar en las siguientes concepciones fundamentales:

- El empleo de computadores estándar ("Work Station", PC).
- La introducción de la tecnología LAN para el acoplamiento de los elementos individuales de un sistema de control operacional.
- Transferencia parcial de funciones de elaboración a computadores separados (computadores de funciones) que trabajan en forma conjunta.

CI51K-2011

U.de Chile

45

SISTEMA DE CONTROL: HARDWARE

El resultado de esta estructura es una construcción sencilla y modular del hardware. Los componentes individuales unidos a través de un LAN, son fácilmente intercambiables y ampliables. Mediante la descentralización de las funciones de elaboración, se obtiene un elevado rendimiento de procesamiento.

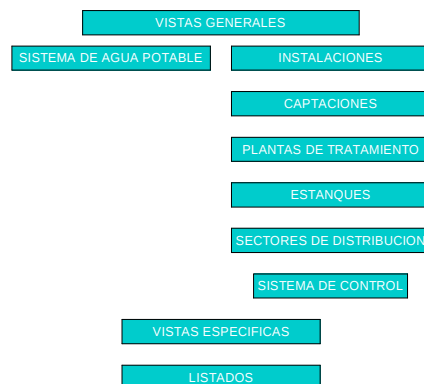
CI51K-2011

U.de Chile

46

SISTEMA DE CONTROL: SOFTWARE

PANTALLAS TÍPICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL



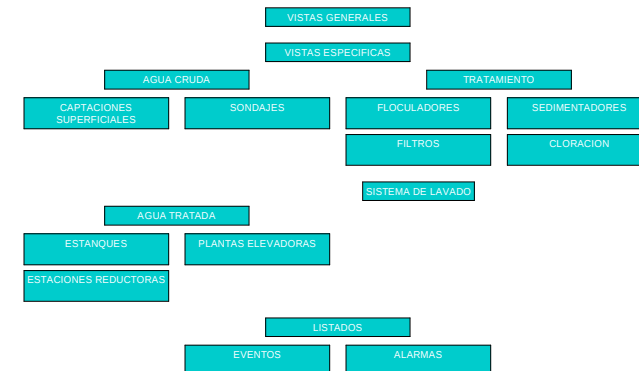
CI51K-2011

U.de Chile

47

SISTEMA DE CONTROL: SOFTWARE

PANTALLAS TÍPICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL

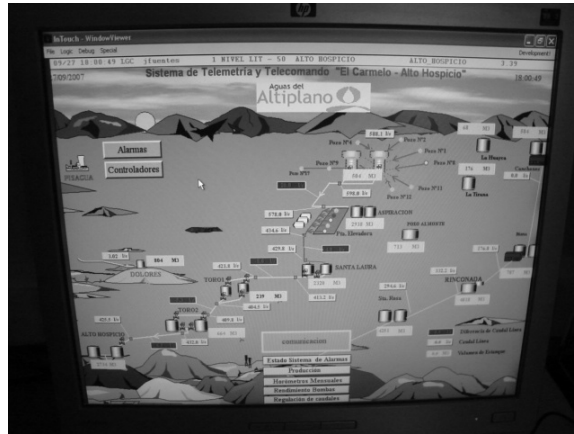


CI51K-2011

U.de Chile

48

SISTEMA DE CONTROL: SOFTWARE

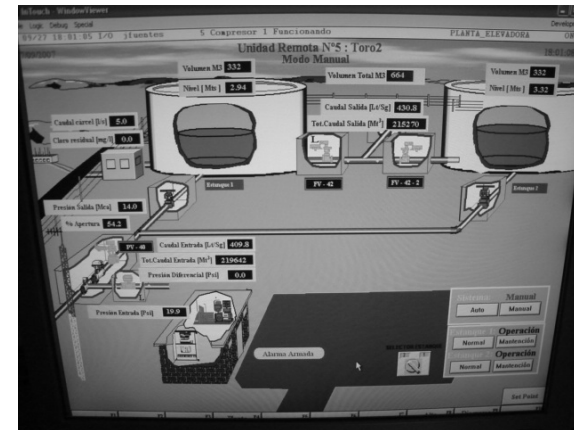


CI51K-2011

U.de Chile

49

SISTEMA DE CONTROL: SOFTWARE

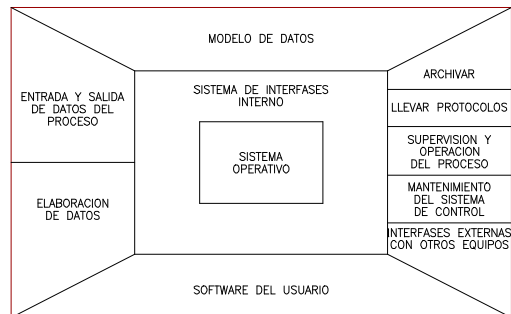


CI51K-2011

U.de Chile

50

SISTEMA DE CONTROL: MODULOS DE SOFTWARE



CI51K-2011

U.de Chile

51

SISTEMA DE CONTROL: AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES

En el diseño de la automatización se deben considerar los puntos siguientes:

- El sistema de control debe ser diseñado en función de cada situación particular.
- La elección de los equipos debe tener en cuenta tanto su vida útil como la existencia de repuestos.
- El sistema deberá permitir una operación integrada de tareas de rutina así como una respuesta rápida ante cambio de las condiciones.
- El cambio del modo automático al modo manual se debe poder hacer fácilmente.
- En las instalaciones pequeñas se debe tener además en cuenta:
 - Las funciones que pueden realizarse en forma automática y sus alternativas manuales.
 - La capacidad del operador de efectuar el mantenimiento del sistema.

CI51K-2011

U.de Chile

52

Bibliografía

1. ASCE/AWWA, Water Treatment Plant Design, 1990.
2. AWWA/JWWA, Instrumentation & Computer Integration of Water Utility Operations, 1993.
3. Ministerio de Desarrollo Económico, Colombia, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000.
4. MDDEP, Québec, Guide de conception des installations de production d'eau potable, 2006.