



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN  
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION DE LAS COMPUERTAS  
DEL VERTEDERO 1 DE LA REPRESA AGOYAN POR MEDIO DE UN  
PANEL HMI LOCAL**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del título de  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMPUTACION**

**Presentado por:**

**MARCELO FRANCISCO GAVILANEZ VARGAS**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2011**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo y mis metas que hasta ahora las he cumplido a Dios y a la Virgen de Agua Santa por ser la fuente de fe en mi vida y permitirme compartir mi felicidad con las personas que más amo.

A mis queridos abuelitos y abuelitas que desde el cielo me guían y me dan fuerzas para seguir adelante.

A mis padres, por brindarme la oportunidad de estudiar y que inculcaron en mi valores que se quedaran conmigo para siempre.

A mis tíos, por ser mis segundos padres por cuidarme y siempre desearme lo mejor en mi vida.

A mis hermanas, mi hermano y mi sobrina por ser mi sangre y darme su amor a una manera diferente.

## **AGRADECIMIENTOS**

A CELEC E.P. HIDROAGOYAN por abrirme las puertas y permitirme llevar a cabo este proyecto y junto con su invaluable apoyo brindado para la realización del mismo, en especial al personal de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico de la Central Agoyán.

Al Ing. Víctor H. Jácome por permitir desarrollar este proyecto de tesis en la Central Agoyán.

Al Ing. Mauricio Caicedo por su comprensión y ayuda brindada durante mi estancia en la Central Agoyán.

Al Ing. Fabián Lozada por su apoyo, comprensión y ser guía en la realización de esta tesis.

Al Tlgo. Richard Rodríguez por su ayuda y apoyo en el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Paul Romero y a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo por su apoyo y conocimiento impartido durante mi carrera universitaria.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Iván Menes <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Pedro Infante <b>DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Paúl Romero <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. Pablo Guevara <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Lcdo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS</b>	.....	

“Yo, Marcelo Francisco Gavilánez Vargas, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

---

Marcelo Francisco Gavilánez Vargas

## INDICE GENERAL

PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DEL AUTOR

ÍNDICE

<b>CAPITULO I.....</b>	<b>13</b>
<b>MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>13</b>
1.1 GENERALIDADES .....	13
1.2 ANTECEDENTES.....	14
1.3 JUSTIFICACION.....	15
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
1.5 HIPOTESIS.....	18
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>19</b>
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>19</b>
2.1 INTRODUCCION.....	19
2.2 COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION .....	20
2.2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	21
2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL .....	22
2.3.1 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO: .....	22
2.3.2 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO: .....	23
2.4 CONTROL DE MAQUINAS: .....	24
2.4.1 CONTROLADORES SECUENCIALES: .....	25
2.4.1 CONTROLADORES PROGRAMABLES: .....	26
2.5 CONTROLADOR LOGICO CONTROLABLE (PLC): .....	27
2.5.1 PARTES DE UN CONTROLADOR LOGICO CONTROLABLE: .....	29
2.5.1.1 Fuente de alimentación: .....	29
2.5.1.2 CPU: .....	29
2.5.1.3 Módulo de entradas:.....	30
2.5.1.4 Módulo de salidas: .....	31
2.5.1.5 Terminal de programación: .....	31
2.5.1.5 Periféricos:.....	32
2.5.2 ESTRUCTURA EXTERNA E INTERNA DE UN PROGRAMADOR LOGICO CONTROLABLE .....	32
2.5.2.1 ESTRUCTURA EXTERNA:.....	32
2.5.2.2 ESTRUCTURA INTERNA:.....	33

2.5.2.3 MEMORIA:	38
2.5.2.4 CPU:	38
2.5.2.5 CICLO DE TRABAJO DE UN CONTROLADOR LOGICO CONTROLABLE	39
2.6 ESPECIFICACIONES DEL PLC (CONTROLADOR LOGICO CONTRALABLE)	41
6.1 ARQUITECTURA GENERAL DEL PLC:	42
2.6.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PLC:	42
2.6.2.1 ENTRADAS:	42
2.6.2.2 SALIDAS:	44
2.6.2.3 INTERFACES DE COMUNICACIÓN:	45
2.6.2.3.1 MECANISMOS DE COMUNICACIÓN:	45
2.6.2.3.2 FUNCIONES DE COMUNICACIÓN:	46
2.7 LENGUAJE DE PROGRAMACION	48
2.7.1 LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL):	49
2.7.2 ESQUEMA DE FUNCIONES (FUP):	49
2.7.3 ESQUEMA DE CONTACTOS (KOP):	50
2.8 SENSORES Y ACTUADORES	50
2.8.1 SENSORES:	51
2.8.2 TIPOS DE SENSORES:	53
2.8.2.1 SEGÚN EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:	53
2.8.2.2 SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL ELECTRICA QUE GENERAN:	54
2.8.2.3 SEGÚN EL RANGO DE VALORES QUE PROPORCIONAN:	58
2.8.2.4 SENSORES SEGÚN EL NIVEL DE INTEGRACION:	59
2.8.3 ACTUADORES	60
2.8.3.1 ELECTRONICOS:	61
2.8.3.2 HIDRAULICOS:	61
2.8.3.3 NEUMATICOS	63
2.8.3.4 ELECTRICOS	64
2.9 SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION	65
<b>CAPITULO III</b>	<b>67</b>
<b>DESCRIPCION Y ANALISIS DEL PROCESO DE CONTROL Y SUPERVISION DE NIVEL DEL EMBALSE EN LA REPRESA AGOYAN</b>	<b>67</b>
3.1 INTRODUCCION	67
3.2 DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA REPRESA AGOYAN	69
3.2.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA REPRESA AGOYÁN:	69
3.2.2 COMPONENTES DE LA REPRESA AGOYÁN:	71
3.2.2.1 VERTEDEROS	71
3.2.2.1.1 COMPUERTA PLANA	71
3.2.2.1.2 SISTEMA DE IZAJE	72
3.2.2.1.3 CLAPETA	74
3.2.2.1.4 EQUIPO OLEOHIDRAULICO	75
3.2.2.2 DESAGUE DE FONDO	76
3.2.2.2.1 COMPUERTA PLANA	76
3.2.2.2.2 COMPUERTA RADIAL	77
3.2.2.3 COMPUERTA DE CUERPOS FLOTANTES	78
3.2.2.4 DESAGUE DE FONDO DEL DESARENADOR	79
3.2.2.5 OBRA DE TOMA	80
3.2.2.6. REJILLAS:	81
3.3 DESCRIPCION Y ANALISIS DEL CONTROL Y SUPERVISION DE NIVEL DE LA REPRESA AGOYAN	84

<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>101</b>
<b>IMPLEMENTACION Y DESARROLLO EN EL MÓDULO A-10 .....</b>	<b>101</b>
4.1 CONEXIÓN E INSTALACION DEL MODULO A-10.....	101
4.2 CABLEADO DE LA FUENTE DE ALIMENTACION Y DEL CPU .....	101
4.3 CONEXIÓN Y CABLEADO DEL MÓDULO .....	104
4.3.1 CABLEADO DEL MÓDULO ANALÓGICO.....	107
4.3.2 ENCENDER LA ALIMENTACION .....	108
4.3.3 PRINCIPIO DE CABLEADO DE TRANSDUCTORES DE INTENSIDAD .....	108
4.3.3.1 PRINCIPIO DE CABLEADO DE UN TRANSDUCTOR DE INTENSIDAD A 2 HILOS.....	108
4.3.3.2 PRINCIPIO DE CABLEADO DE UN TRANSDUCTOR DE INTENSIDAD A 4 HILOS .....	109
4.3.4 ADAPTADORES DE MARGEN DE MEDIDA .....	110
4.4 MONTAJE DEL MÓDULO ANALÓGICO .....	112
4.5 PROPIEDADES DEL MÓDULO ANALÓGICO .....	115
4.6 CONEXIÓN A UNA PC .....	116
4.7 PROGRAMA DE USUARIO STEP 7.....	116
4.7.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO .....	117
4.7.2 SELECCIÓN DE CPU.....	118
4.7.3 DEFINIR EL PROGRAMA BÁSICO DE USUARIO .....	119
4.7.4 ASIGNACION DE NOMBRE DE PROYECTO .....	119
4.7.5 PROYECTO S7 RESULTANTE .....	120
4.8 CREAR LA CONFIGURACION HARDWARE .....	121
4.8.1 AÑADIR COMPONENTES SIMATIC .....	122
4.8.2 PARAMETRIZACION DEL MÓDULO ANÁLOGO SM 331.....	122
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>126</b>
<b>IMPLEMENTACION Y DESARROLLO DE LA HMI.....</b>	<b>126</b>
5.1 DESCRIPCION DEL SOFTWARE: WINCC FLEXIBLE ENGINEERING SYSTEM.....	127
5.1.1 WINCC FLEXIBLE RUNTIME .....	128
5.1.2 FUNCIONALIDAD DE WINCC FLEXIBLE RUNTIME .....	129
5.1.3 POWERPACKS .....	129
5.1.4 POSIBILIDADES DE CONEXIÓN .....	130
5.1.5 REQUISITOS DEL SISTEMA .....	130
5.1.6 CAPACIDAD MAXIMA DE WINCC FLEXIBLE .....	131
5.1.7 CARACTERISTICAS DEL MP 277 10".....	132
5.2 DESCRIPCION DEL HMI PARA EL CONTROL Y SUPERVISION DE LAS COMPUERTAS DEL VERTEDERO 1.....	133
5.2.1 CREACION DE UN PROYECTO NUEVO EN WINCC FLEXIBLE .....	134
5.2.2 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION DE LAS COMPUERTAS DEL VERTEDERO 1.....	139
5.2.2.1 PANTALLA PRINCIPAL .....	139
5.2.2.2 VERTEDERO 1 .....	140
5.2.2.3 ESTADOS .....	141
5.2.2.4 GRAFICA NIVEL DEL EMBALSE .....	142
5.2.2.5 GRAFICA DE LAS COMPUERTAS DEL VERTEDERO 1 .....	143
5.2.2.6 AVISOS.....	144
5.3 MONTAJE Y CONEXIÓN DEL MP 277 10" .....	145
5.3.1 MONTAJE DEL MP277 10" .....	145
5.3.2 CONEXION DEL MP277 10" .....	146

5.3.2.1 EQUIPOTENCIALIDAD .....	147
5.3.2.2 AUTOMATA PROGRAMABLE .....	148
5.3.2.3 AL EQUIPO DE CONFIGURACION .....	150
5.3.2.4 TENSION DE ALIMENTACION .....	150
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>152</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>152</b>
6.1 PRUEBAS EN LA IMPLEMENTACION .....	152
6.1.1 PRUEBA CON EL CABLE DE COMUNICACIÓN .....	152
6.1.2 PRUEBAS DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES .....	154
6.1.3 PRUEBAS DE LAS ENTRADAS ANALOGAS .....	154
6.1.4 PRUEBA DEL PROGRAMA EN EL PLC Y EN LA HMI RUNTIME .....	155
6.2 RESULTADOS .....	156

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**RESUMEN**

**SUMMARY**

**ANEXO 1**

**ANEXO 2**

**ANEXO 3**

**ANEXO 4**

**ANEXO 5**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1. Represa Agoyán.....	14
Figura II-10. Descripción de un Slot de entradas en el PLC.....	34
Figura II-11. Estructura Interna de un PLC.....	35
Figura II-12. Ciclo de trabajo para ejecutar un programa en el PLC.....	40
Figura II-13. Arquitectura de un PLC.....	42
Figura II-14. Tipos de lenguajes de programación.....	48
Figura II-15. Lenguaje AWL.....	49
Figura II-16. Lenguaje FUP.....	50
Figura II-17. Lenguaje KOP.....	50
Figura II-18. Esquema de funcionamiento de un sensor.....	51
Figura II-19. Variables físicas medibles y principio de funcionamiento.....	52
Figura II-2. Esquema general de un Control.....	20
Figura II-20. Tipo de sensor activo.....	53
Figura II-21. Tipo de sensor pasivo.....	54
Figura II-22. Señal digital binaria en formato serie.....	55
Figura II-23. Señal digital binaria en formato paralelo.....	56
Figura II-24. Señal temporal cuadrada.....	57
Figura II-25. Relación de duración entre 1 lógico y 0 lógico.....	57
Figura II-26. Esquema del sensor todo o nada.....	58
Figura II-27. Sensor Discreto.....	59
Figura II-28. Sensor inteligente.....	60
Figura II-29. Cilindro Hidráulico.....	62
Figura II-3. Sistema de control en lazo abierto.....	23
Figura II-30. Cilindro Efecto Simple.....	62
Figura II-31. Cilindro Efecto Doble.....	62
Figura II-32. Cilindro Hidráulico de Oscilación.....	63
Figura II-4. Sistema de control en lazo cerrado.....	24
Figura II-5. Controladores en lazo abierto y lazo cerrado.....	25
Figura II-6. Forma de uno de los primeros PLC´s.....	28
Figura II-7. Captadores Pasivos.....	30
Figura II-8. Captadores Activos.....	30
Figura II-9. Estructura modular.....	33
Figura III-33. Vista frontal Represa Agoyán.....	68
Figura III-34. Compuerta plana del Vertedero 1.....	72
Figura III-35. Sistema de izaje del Vertedero 1.....	72
Figura III-36. Cables guiados hacia un extremo del Vertedero.....	74
Figura III-37. Clapeta con cilindro hidráulico.....	75
Figura III-38. Equipo Oleohidráulico.....	75
Figura III-39. Compuerta plana del desagüe de fondo.....	77
Figura III-40. Compuerta radial del Desagüe de Fondo.....	78
Figura III-41. Corte lateral del desagüe de fondo del desarenador.....	79
Figura III-42. Obra de toma.....	80
Figura III-43. Sistema Limpiarejas.....	83
Figura III-44. Pórtico de Mantenimiento.....	83
Figura III-45. Detectores de nivel del bloque 6 y 7.....	84
Figura III-46. Esquema de las UAC´s dentro de la Central Agoyá.....	89
Figura III-47. Señales que salen del módulo A-2.....	91
Figura III-48. Señales que ingresan al módulo A-2.....	91
Figura IV-49. Cableado de la Fuente de Alimentación y del CPU.....	102

Figura IV-50. Cableado de la Fuente de Alimentación y del CPU.....	103
Figura IV-51. Conexión del cableado paso a paso.....	104
Figura IV-52. Esquema de conexiones para transductores de intensidad.....	107
Figura IV-53. Esquema de conexión para transductor a 2 hilos.....	109
Figura IV-54. Esquema de conexiones para transductor a 4 hilos.....	109
Figura IV-55. Módulo SM331 con sus componentes.....	110
Figura IV-56. Adaptadores de margen de medida.....	111
Figura IV-57. Procedimiento para cambiar los adaptadores de margen de medida.....	112
Figura IV-58. Descripción para el montaje del SM331.....	113
Figura IV-59. Esquemático del montaje del SM 331.....	114
Figura IV-60. Posibilidades de expansión del PLC S7-300.....	115
Figura IV-61. Pantalla de inicio del STEP 7.....	118
Figura IV-62. Selección del CPU.....	118
Figura IV-63. Selección del lenguaje a utilizar.....	119
Figura IV-64. Nombre del proyecto creado.....	120
Figura IV-65. Ventana Resultante del proyecto creado.....	120
Figura IV-66. Navegación dentro del programa.....	121
Figura IV-67. Añadir componentes al proyecto.....	122
Figura IV-68. Parametrización del módulo análogo.....	123
Figura IV-69. Relación entre resolución, frecuencia perturbadora y período de integración.....	124
Figura V-70. Ventana inicial del WinCC Flexible.....	128
Figura V-70. Versiones de WinCC Flexible y utilización.....	127
Figura V-72. Requisitos del Sistema.....	131
Figura V-73. Capacidad máxima del WinCC Flexible.....	131
Figura V-74. Capacidad Máxima de WinCC Flexible 2.....	132
Figura V-75. Multipanel 277 10" en sus dos versiones.....	133
Figura V-76. Página Inicial.....	134
Figura V-77. Selección de tipo de proyecto.....	135
Figura V-78. Tipo de panel operador y controlador.....	135
Figura V-79. Plantilla de imagen.....	136
Figura V-80. Navegación de Imágenes.....	136
Figura V-81. Imágenes del Sistema.....	137
Figura V-82. Librerías.....	137
Figura V-83. Información del Proyecto.....	138
Figura V-84. Imagen principal.....	138
Figura V-85. Pantalla principal.....	140
Figura V-86. Vertedero 1.....	141
Figura V-87. Estados.....	142
Figura V-88. Gráfica del nivel del embalse.....	143
Figura V-89. Gráfica de las compuertas del Vertedero 1.....	144
Figura V-90. Pantalla de alarmas o avisos.....	145
Figura V-91. Montaje del MP 277 10".....	146
Figura V-92. Conexión de equipotencialidad.....	147
Figura V-93. Conexión a Automatas programables.....	148
Figura V-94. Configuración por medio de un interruptor.....	149
Figura V-95. Configuración para conexión del equipo de configuración.....	150
Figura V-96. Conexión de la alimentación.....	151
Figura VI-100. Control de Clapeta 1 en la HMI.....	156
Figura VI-101. Ejecución de cierre de la Clapeta 1.....	157
Figura VI-102. Control de la Compuerta Plana 1.....	158
Figura VI-103. Supervisión de los estados del Vertedero 1.....	158
Figura VI-97. Comunicación entre el pLC y HMI runtime.....	153

Figura VI-98. Transductores de las señales de nivel del embalse y compuertas. ....	154
Figura VI-99. Programa HMI runtime en comunicación con el PLC. ....	155

## **CAPITULO I**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **1.1 GENERALIDADES**

La Central Hidroeléctrica Agoyán es una de las primeras generadoras construidas en el país, esta conformada por la Represa Agoyán y Casa de Máquinas, las dos se encuentran unidas físicamente a través de un túnel de carga que conduce el agua desde la represa hasta la casa de maquinas.

Fue diseñada para generar una potencia de 156 Megavatios la cual es entregada al Sistema Nacional Interconectado.

Esta potencia depende en gran parte del recurso hídrico proveniente del río Pastaza que es embalsado en la represa, y fundamental para obtener un nivel dentro de una histéresis específica diariamente.

La represa se encuentra conformada por 3 Vertederos de excesos de agua, 2 desagües de Fondo para limpieza de sedimentos y vaciado del

embalse; un desarenador y un desagüe de fondo de desarenador, y por el túnel de carga.



Figura I-1. Represa Agoyán

Cada uno de los Vertederos esta conformado por 2 compuertas: una compuerta plana y una Clapeta. La figura I-1 muestra la vista frontal de la represa Agoyán.

Por cada Clapeta de los Vertederos se desfoga un caudal máximo de  $60\text{m}^3/\text{s}$  dándonos un caudal total en los tres vertederos de  $180\text{m}^3/\text{s}$ .

Si el caudal total de desfogue de la presa es superior a los  $300\text{m}^3/\text{s}$  se procede a abrir la compuerta plana de cada vertedero en el siguiente orden: Primero se abrirá la compuerta plana del Vertedero 2 ya que es la que se encuentra en la dirección del cauce normal del rio Pastaza y reduce considerablemente el caudal a cada Vertedero.

Segundo se abre la compuerta plana del Vertedero 3 y posteriormente la compuerta plana del Vertedero 1, si fuera el caso que el caudal no redujera su valor.

## 1.2 ANTECEDENTES

La Represa de la Central Hidroeléctrica Agoyán dispone para el control de nivel del embalse de PLC's (Programador Lógico Controlable) Siemens exclusivo y programado por la misma empresa Siemens. Dentro de la cota 1664,25 se dispone de 2 PLC's marca Siemens S7-300 que se encargan del control automático y manual de nivel del embalse en la Represa. Estos 2 PLC's se comunican entre ellos a través de sus módulos digitales de entradas/salidas respectivamente mas no por medio de una red.

La operación de las compuertas del Vertedero 1 pueden realizarse desde el modo remoto (Caseta de Control o Casa de Maquinas), modo local (Cota 1664,25 o Cota 1653 y 1667) o desde el modo automático. Es decir entrará en funcionamiento el plc A-10 o el plc A-2 dependiendo de la selección que se realice desde el tablero de la UAC (Unidad de Adquisición y Control).

El plc A-10 es el encargado de verificar las condiciones previas para la ejecución de cualquier comando, así como también de habilitar el relé de accionamiento ya sea para las compuertas planas o para las clapetas. Este sistema para cada uno de los Vertederos en modo local, los comandos se encuentran dispersos tanto para la operación de la clapeta como es en las cotas 1664,25 y 1653 como para la compuerta plana que se encuentran en la cota 1667,50.

### **1.3 JUSTIFICACION**

Desde el inicio de la operación y mantenimiento de la Central Hidroeléctrica Agoyán en el año de 1983, los controles para cada uno de los Vertederos se han localizados en distintos lugares del pórtico de mantenimiento en la Represa.

Siendo así que para controlar cualquiera de los Vertederos, los controles para la compuerta plana se localizan en la cota 1667,50

m.s.n.m. y mientras que para la clapeta se encuentran en la cota 1664,25 m.s.n.m.

Para centralizar todos los comandos en un solo lugar e inicialmente controlar el Vertedero 1, se ha diseñado un Sistema de Control y Supervisión en base al plc A-10 que se encuentra en la cota 1664,25 y a un panel táctil de la misma marca que el plc. Una de las ventajas de este sistema es que se realizan mejoras en el sistema de control local dotándole de una visibilidad dentro de la cota 1664,25 tanto del nivel de embalse como del estado de las compuertas y adicionalmente que el conocimiento de programación tanto del plc (Step 7) como del panel (WinCC Flexible) es relativamente sencillo y abierto a cualquier modificación que posteriormente se requiera por parte del personal de la Central Agoyán.

Este proyecto que se a desarrollado fortalece al actual sistema de control existente en la Central ya que en caso de algún tipo de fallo a nivel remoto o automático, se lo puede operar de manera local a las compuertas del Vertedero 1 pero esta vez desde un solo lugar tanto para la compuerta plana como para la clapeta. La interfaz hombre-máquina es relativamente sencilla y de fácil uso de manera que el operador no encuentre dificultad alguna al momento de poner en marcha el modo local.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un Sistema de Control y Supervisión Local para el Vertedero 1 dentro de la cota 1664,25 m.s.n.m.
- Contribuir con el proceso de aprendizaje de la tecnología de supervisión y control con el personal que va a manejar el sistema.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Comprender la función de cada componente de un Vertedero dentro de la Represa Agoyán.
- Conocer los sensores y actuadores que están inmersos dentro del actual control de los Vertederos.
- Identificar el tipo de control necesario para las necesidades de supervisión y control desde la cota 1664,25 m.s.n.m.
- Identificar y conocer el dispositivo encargado del control original de los Vertederos.
- Realizar un estudio de la capacidad de expansión del dispositivo para albergar el control local adicional.
- Identificar las conexiones entre sensores, dispositivos de control y actuadores dentro de los armarios de conexión en la cota 1664,25 m.s.n.m.

- Realizar el estudio para la selección de un Touch panel HMI el cual complementara el sistema a implementarse.
- Verificar la operabilidad del sistema a implementarse y realizar las respectivas calibraciones.

### **1.5 HIPOTESIS**

El control de las compuertas de cada Vertedero de la Represa Agoyán, ubicado en una sola cota dentro de la Represa dota al operador la facilidad en los controles y una visualización del proceso de apertura y cierre de compuertas de cada Vertedero.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 INTRODUCCION**

La Supervisión y el Control juegan un papel muy importante tanto en la Ingeniería como en procesos industriales que requieren de una exactitud a la hora de realizar determinadas actividades en el control de procesos productivos dentro de una Empresa.

Dentro de esto se encuentran inmersas actividades desde la recolección de datos por parte de los sensores hasta la representación de los datos en forma entendible para el operario como es la información, la cual permite conocer el estado de los procesos o las maquinas.

El control es el encargado de mantener en determinado valor de operación las variables de procesos de producción como son temperatura, presión y específicamente en nuestro caso esas variables corresponden al nivel de agua y a la posición de las compuertas. Debido a que los procesos son de naturaleza dinámica siempre ocurren cambios y sino se toman las acciones pertinentes las variables del proceso no cumplirán con las condiciones del diseño.



Figura II-2. Esquema general de un Control.

La supervisión dota al personal humano la facilidad de monitorear el proceso de control desde cualquier lugar dentro de una empresa a través de una aplicación o herramienta informática la cual lleve inmersa la ejecución del control, además permiten limitar el acceso a los procesos y operaciones de control exclusivamente a un determinado grupo de personal.

## 2.2 COMPONENTES BASICOS DE UN SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION

Los componentes básicos de todo sistema de control y supervisión son:

- a) **Sensor:** que también se le conoce como elemento primario.
- b) **Transmisor:** se le conoce como elemento secundario.
- c) **Controlador:** que es el cerebro del sistema de control y supervisión.
- d) **Elemento final de control:** se trata de elementos finales de control comúnmente utilizados como son los motores, bombas y válvulas.

La importancia de estos componentes es que realizan las tres operaciones básicas que deben estar presentes en todo sistema de control estas operaciones son:

1. **Medición:** la medición de la variable que se controla generalmente se lo hace mediante la combinación del sensor y transmisor.
2. **Decisión:** con base en la medición, el controlador decide que hacer para mantener la variable en el valor que se desea.
3. **Acción:** como resultado de la decisión del controlador se debe efectuar una acción en el sistema, generalmente esta realizada por el elemento final del control.

Como se menciona anteriormente las tres operaciones descritas son obligatorias en todo sistema de control, en algunos sistemas de control la toma de decisiones es mas sencilla mientras que en otros es mas compleja.

### 2.2.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Antes de conocer los tipos de sistemas de control deben definirse ciertos términos básicos:

- a) **Controlar:** se refiere a medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir o limitar una desviación de la variable.
- b) **Variable controlada:** es la cantidad o condición que se mide y se controla. Por lo general la variable controlada es la salida del sistema.
- c) **Variable manipulada:** es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada.
- d) **Referencia (setpoint):** es el valor deseado o valor prescrito de la variable controlada.
- e) **Proceso:** se define un proceso como cualquier operación que se requiera controlar.
- f) **Perturbación:** una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna en tanto que la

perturbación externa se produce fuera del sistema y constituye una entrada para el proceso de control.

- g) Señal de transmisión:** son las señales que se utilizan para la comunicación entre instrumentos de un sistema de control, actualmente se utilizan tres tipos principales de señales en la industria de procesos. La primera es la señal neumática o presión de aire que abarca entre 3 y 15psig con menor frecuencia se usan de 6 a 30psig y de 3 a 27psig. La señal eléctrica o electrónica que toma valores de 4 a 20mA. , de 0 a 5 V. y de 0 a 10 V. y el tercer tipo mas común es la señal digital o discreta la cual se basa en la lógica binaria de unos y ceros.
- h) Sensor:** es un dispositivo que en respuesta a las variaciones de una magnitud física (temperatura, presión, caudal, luz entre otras) produce una señal generalmente eléctrica útil para fines de medida, de recopilación de datos, de control entre otros.
- i) Transductor:** frecuentemente al sensar una cantidad física (temperatura, presión, caudal, entre otras) es necesario cambiar un tipo de señal por otro esto se hace mediante un transductor, el reproduce las variaciones de amplitud o de intensidad de la señal transformada, por ejemplo cuando se necesita cambiar la señal eléctrica a neumática, El transductor pasivo es el que no contiene fuente propia de energía el transductor activo es el que comprende una o mas fuentes de energía.

## 2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE CONTROL

### 2.3.1 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO:

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto.

En otras palabras en sistema de control en lazo abierto, no se mide la salida en muchos casos ni se realimenta para compararla con la entrada. En cualquier sistema en lazo abierto la salida no se compara con la entrada de referencia.

Así a cada entrada de referencia le puede corresponder una condición de operación fija, como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración.

En un sistema de control en lazo abierto solo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida.

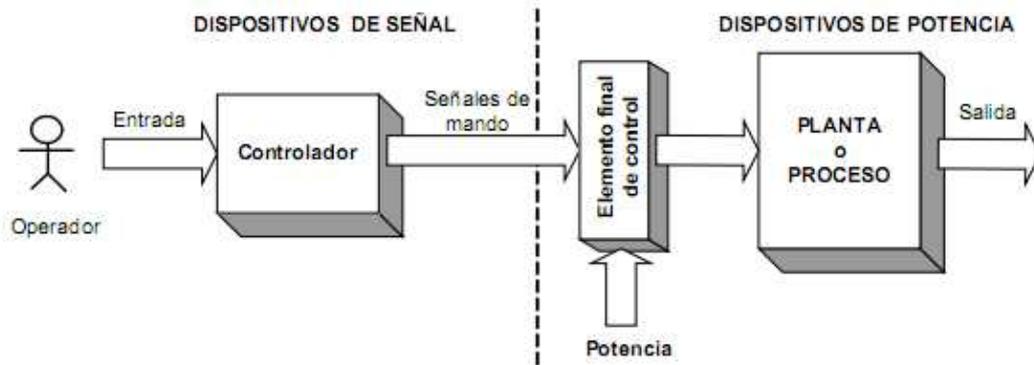


Figura II-3. Sistema de control en lazo abierto.

Estos sistemas de control en lazo abierto tienen buena confiabilidad no presentan problemas de estabilidad y la exactitud de este sistema depende de las calibraciones, mientras mayor se calibre el sistema mejor será la exactitud.

### 2.3.2 SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO CERRADO:

Un sistema que mantiene una relación entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control en lazo cerrado.

Los sistemas de control en lazo cerrado se denominan sistemas de control realimentados, en este tipo de sistemas se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o

integrales). Con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado.

En el diagrama de bloques se muestra los elementos básicos de un sistema de control en lazo cerrado:

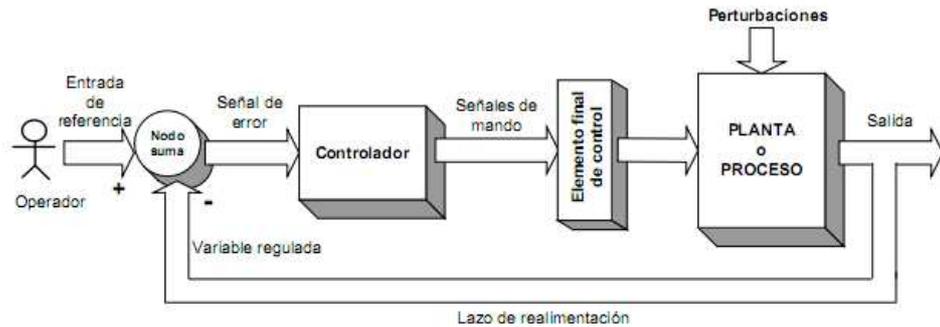


Figura II-4. Sistema de control en lazo cerrado.

Este sistema de control reduce considerablemente el error (debido a perturbaciones), tiene mayor exactitud que el sistema de lazo abierto mejorando así el desempeño del sistema de control.

Presenta mayor complejidad que el sistema de lazo abierto por lograr minimizar la inestabilidad del sistema.

## 2.4 CONTROL DE MAQUINAS:

La evolución de la tecnología, de las máquinas ha estado marcada por grandes avances en la capacidad de control, particularmente en los últimos 30 años.

La configuración básica de muchas máquinas herramientas (tornos, por ejemplo) no ha cambiado en muchos años; pero, la llegada del control numérico, control numérico computacional que conforman lo que es un

control lógico y avances relacionados han traído importantes cambios y efectos en los métodos de manufactura y sus costos.

Un controlador lógico es un dispositivo que recibe  $n$  variables binarias de entrada y produce  $m$  variables de salida, diseñados con el objetivo de controlar procesos y productos industriales.

Estos controladores lógicos pueden encontrarse en sistemas de control tanto abiertos como cerrados:



Figura II-5. Controladores en lazo abierto (izquierda) y lazo cerrado (derecha).

#### 2.4.1 CONTROLADORES SECUENCIALES:

Los controladores secuenciales no poseen unidad operativa, es decir, las acciones de control están ordenadas estrictamente de acuerdo con una secuencia definida por el tiempo o por algún evento.

Por ejemplo al accionarse o actuar relés o interruptores, o a determinada hora del día accionar extractores o ventiladores para lugares con poco ventilación.

Los controladores secuenciales son una clase de dispositivos electromagnéticos y electrónicos usados para controlar la operación de una máquina herramienta u otro equipo de una manera predeterminada por pasos.

Es característico de estos dispositivos el método de establecer la secuencia de control deseada y la manera en que el controlador funciona.

Los tipos más comunes de controladores secuenciales existentes hoy en día son los programadores de cilindro o tambor, los programadores de cinta perforada y los de tableros con matriz de diodo.

En los primeros, la secuencia de control deseada se establece insertando clavijas en las filas apropiadas en la superficie de un cilindro.

Cada una de estas filas cumple con una misión, y cuando la clavija pasa por un switch, éste se enciende efectuando el movimiento deseado, ya sea encendiendo un motor o aumentando el avance, etc. El cilindro va girando, de tal manera de producir que el efecto deseado se vaya sucediendo.

En los programadores de cinta perforada, la secuencia de control está establecida por el patrón de hoyos que han sido perforados en la cinta, a la manera de como tocaban por sí solos los antiguos pianos.

De esta manera se ejecuta la secuencia de operaciones deseada. Los de tableros funcionan de manera similar, y la alteración de la secuencia solo depende de alterar la posición de los diodos.

Todos los tipos de controladores secuenciales son usados típicamente para aplicaciones con una misma secuencia de operación y para gran cantidad de repeticiones.

#### **2.4.1 CONTROLADORES PROGRAMABLES:**

Un controlador programable (PC, Programmable Controller) es un dispositivo de estado sólido usado para controlar el movimiento o el proceso de operación de una máquina por medio de un programa grabado.

El PC manda señales de control de salida u output y recibe señales de entrada o input. Un PC controla los outputs en respuesta a estímulos en los inputs, de acuerdo a la lógica prescrita en el programa guardado.

Los inputs están hechos de switches, botones, pulsos, señales análogas, datos ASCII, y datos binarios de codificadores de posición absoluta.

Los outputs son niveles de voltaje o corriente para manejar dispositivos finales como solenoides, partidores de motores, relays, luces y otros.

## **2.5 CONTROLADOR LOGICO CONTROLABLE (PLC):**

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venia haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas.

Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

Los Controladores Lógicos Controlables o PLC's se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente. La razón principal de tal hecho fué la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores.

Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, MODular Dlgital CONTroler) a un gran fabricante de coches. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente.

El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada se requería una estricta mantención planificada.

Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla.

Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fué el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido.

Los microprocesadores convencionales cedieron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC's.

Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo.

Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973 aproximadamente. El primer sistema fué el bus Modicon (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC's y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban.

También podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

En los 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's.

También fué un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé.

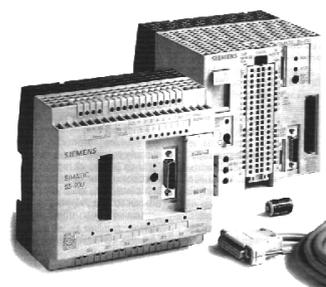
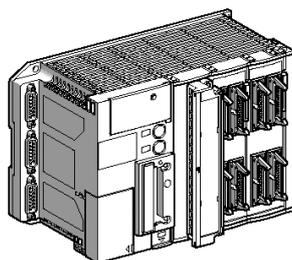


Figura II-6. Forma de uno de los primeros PLC's.

## **2.5.1 PARTES DE UN CONTROLADOR LOGICO CONTROLABLE:**

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

### **2.5.1.1 Fuente de alimentación:**

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220v corriente alterna a baja tensión de corriente continua, normalmente 24 v.

Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el Autómata.

La alimentación a la CPU puede ser de 24 Vcc. tensión muy frecuente en cuadros de distribución o 110/220 Vca.

En cualquier caso es la CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La alimentación a los circuitos de entrada y salida puede realizarse según tipos en alterna a 48/110/220 Vca. o en continua 12/24/48 Vcc.

La fuente de alimentación del autómata puede incorporar una batería tampón, que se utiliza para mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa de usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómata.

### **2.5.1.2 CPU:**

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las ordenes, del operario por medio de la consola de programación y el modulo de entradas.

Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

### 2.5.1.3 Módulo de entradas:

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores,...).

La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los Pasivos y los Activos.

**Los Captadores Pasivos** son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

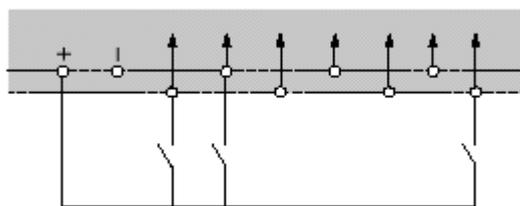


Figura II-7. Captadores Pasivos.

**Los Captadores Activos** son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos).

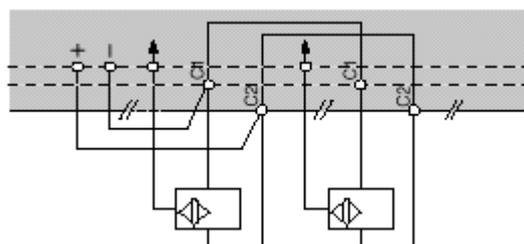


Figura II-8. Captadores Activos.

#### **2.5.1.4 Módulo de salidas:**

Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños,...)

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía a la memoria imagen de salidas, de donde se envía a la interface de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- a) A relés: son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.
- b) A triac: se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas.
- c) A transistores a colector abierto: son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión / desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua.

#### **2.5.1.5 Terminal de programación:**

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema.

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- a) Transferencia y modificación de programas.
- b) Verificación de la programación.
- c) Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómata, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software específicamente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

#### **2.5.1.5 Periféricos:**

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario.

Los más utilizados son:

- a) Grabadoras a cassettes.
- b) Impresoras.
- c) Cartuchos de memoria EPROM.
- d) Visualizadores y paneles de operación OP.
- e) Memorias EEPROM.

### **2.5.2 ESTRUCTURA EXTERNA E INTERNA DE UN PROGRAMADOR LOGICO CONTROLABLE**

#### **2.5.2.1 ESTRUCTURA EXTERNA:**

Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- a) Compacta: en un solo bloque están todos lo elementos.
  
- b) Modular:

- Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Exteriormente nos encontraremos con cajas que contienen una de estas estructuras, las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante.

Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en railes normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

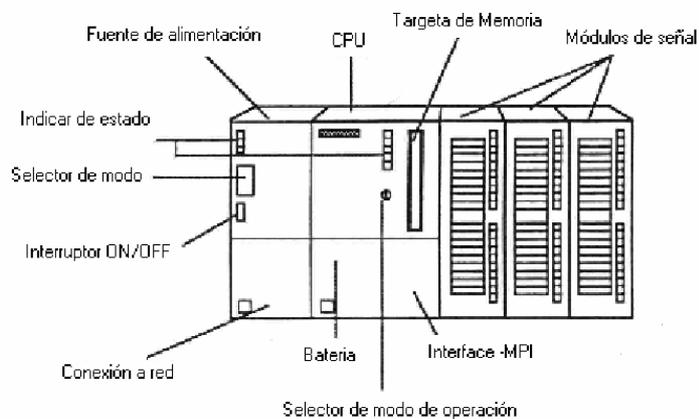


Figura II-9. Estructura modular.

Los micro-autómatas suelen venir sin caja, en formato kit, ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

### 2.5.2.2 ESTRUCTURA INTERNA:

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo, son:

- a) **Sección de entradas:** se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico. En ambos casos tenemos unos rangos

de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante. A estas líneas conectaremos los sensores.

La declaración de una determinada entrada o salida dentro del programa se denomina direccionamiento.

Las entradas y salidas de los PLC's están comprendidas en general, en 8 grupos de entradas y salidas digitales. Estas 8 unidades se denominan Byte. Cada uno de estos grupos contiene un número llamado dirección de Byte.

Para tratar una entrada o una salida dentro de un byte, se ha de descomponer cada byte en ocho Bits individuales. Estos se numeran del Bit 0 al Bit 7. Así se guarda la dirección del Bit.

El PLC que se describe a continuación tiene las entradas byte 0 y 1 así como las salidas byte 4 y 5.

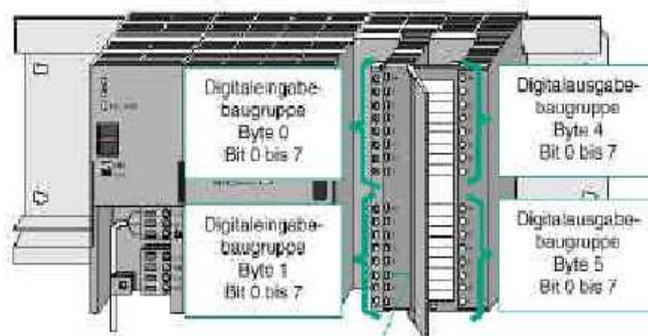
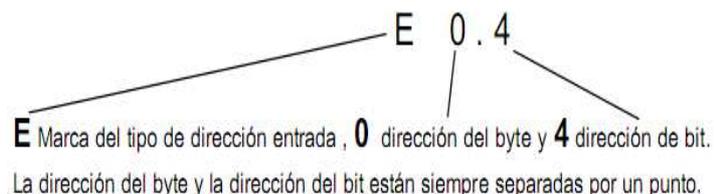


Figura II-10. Descripción de un Slot de entradas en el PLC.

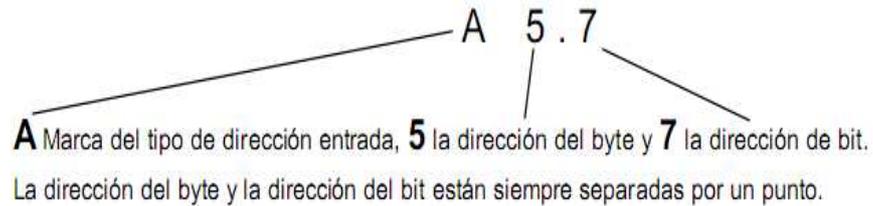
Para el ejemplo, al cual le corresponde la quinta entrada, se da la siguiente dirección:



b) **Sección de salidas:** son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico.

A estas líneas conectaremos los actuadores.

Para el ejemplo, al cual le corresponde la salida más baja, se da la siguiente dirección:

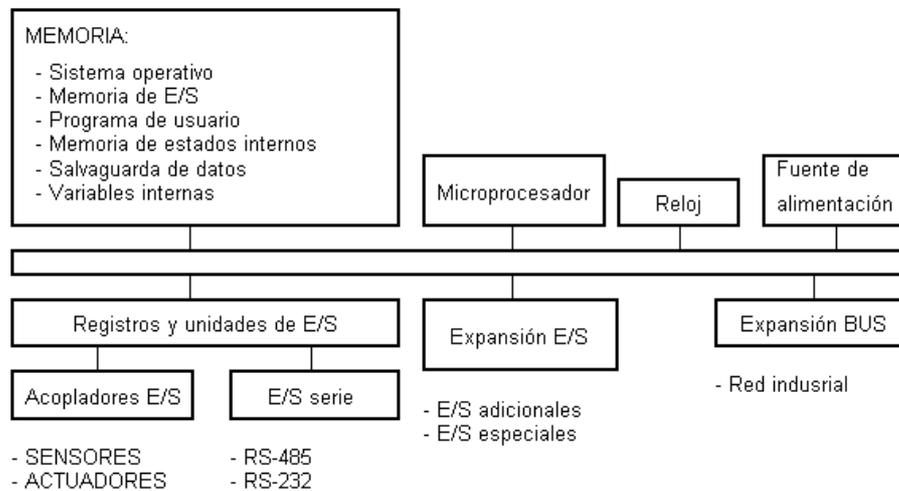


c) **Unidad central de proceso (CPU):** se encarga de procesar el programa de usuario que le introduciremos. Para ello disponemos de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa.

Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómeta que utilicemos.

Normalmente se suelen emplear optoacopladores en las entradas y relés/optoacopladores en las salidas.



### Figura II-11. Estructura Interna de un PLC.

El procesador esta constituido por un microprocesador, el reloj (generador de onda cuadrada) y los chips auxiliares.

El microprocesador es un circuito integrado (chip) que realiza una gran cantidad de operaciones que podemos agruparles en:

Operaciones tipo Lógico.

Operaciones tipo Aritmético.

Operaciones de control de la transferencia de la información dentro del autómata.

Para que el microprocesador pueda realizar todas estas operaciones esta dotado de circuitos internos que son los siguientes:

**Circuito de Unidad Aritmética y Lógica o ALU:** es la parte del microprocesador donde se realizan los cálculos y las decisiones lógicas para controlar el autómata.

**Circuito de la Unidad de Control (UC) o decodificador de instrucciones:** decodifica las instrucciones leídas en memoria y se generan las señales de control.

**Acumulador:** es la encargada de almacenar el resultado de la última operación realizada por la ALU.

**Flags:** Flags o indicadores de resultados, que pueden ser consultados por el programa contador de programa: Encargada de la lectura de las instrucciones de usuario.

**Bus:** no son circuitos en si, sino zonas conductoras en paralelo que transmiten datos, direcciones, instrucciones y señales de control entre las diferentes partes del microprocesador.

- d) Interfaces:** En el control de un proceso automatizado, es imprescindible un dialogo entre operador-máquina junto con una comunicación entre la máquina y el autómata, esta comunicación se establecerán por medio del conjunto de entradas y salidas del elemento citado.

Los autómatas con capaces de manejar tensiones y corrientes de nivel industrial, gracias a que dispone de un bloque de circuitos de interfaz de Entrada/Salida muy potente, que les permite conectarse directamente con los sensores y accionamientos del proceso.

De entre todos los tipos de interfaz que existen, las interfaces específicas permiten la conexión con elementos muy concretos del proceso de automatización.

Se puede distinguir entre ellas tres grupos bien diferenciados:

### **Entradas / Salidas especiales:**

Las interfaces se caracterizan por no influir en las variables de estado del proceso de automatización, únicamente se encargan de adecuar las entradas / salidas para que puedan ser entendibles por la CPU si son entradas, o para que puedan ser interpretadas correctamente por actuadores en el caso de ser salidas.

### **Entradas / Salidas inteligentes:**

Admiten múltiples modos de configuración, por medio de unas combinaciones binarias situadas en la misma tarjeta. De esta forma se descarga la información a la unidad central.

### **Procesadores periféricos inteligentes:**

Son módulos que incluyen su propio procesador, memorias y puntos auxiliares de entrada / salida. Estos procesadores contienen en origen un programa especializado en la ejecución de una tarea concreta, a la que la basta conocer los puntos de consigna y los parámetros de aplicación para ejecutar, de forma autónoma e independiente de la CPU principal, el programa de control.

### **2.5.2.3 MEMORIA:**

Dentro de la CPU vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- a) Memoria del programa de usuario: aquí introduciremos el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.
- b) Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- c) Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el autómata.
- d) Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómata divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

### **2.5.2.4 CPU:**

La CPU es el corazón del programador lógico controlable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema).

La CPU más potente puede tratar 1024 instrucciones binarias en menos de 0,3 ms. Pero como las instrucciones puramente binarias constituyen mas bien la excepción, tenemos que mencionar los tiempos de ejecución de las instrucciones mixtas: 65% de instrucciones con bits y 35% con palabras, el más rápido de los autómatas puede con 1K en solo 0,8ms.

Sus funciones son:

- a) Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo).  
A esta función se le suele denominar Watchdog (perro guardián).
- b) Ejecutar el programa de usuario.
- c) Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- d) Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- e) Chequeo del sistema.

### **2.5.2.5 CICLO DE TRABAJO DE UN CONTROLADOR LOGICO CONTROLABLE**

El programador lógico controlable va a ejecutar nuestro programa de usuario en un tiempo determinado, el cual va a depender sobre todo de la longitud del programa. Esto es debido a que cada instrucción tarda un tiempo determinado en ejecutarse, por lo que en procesos rápidos será un factor crítico.

En un sistema de control mediante autómeta programable tendremos los siguientes tiempos:

1. Retardo de entrada.
2. Vigilancia y exploración de las entradas.
3. Ejecución del programa de usuario.
4. Transmisión de las salidas.
5. Retardo en salidas.

Los puntos 2,3 y 4 sumados dan como total el tiempo de ciclo del PLC. Tras este ciclo es cuando se modifican las salidas, por lo que si varían durante la ejecución del programa tomarán como valor el último que se haya asignado.

El ciclo de trabajo del programa en un PLC realiza el siguiente procedimiento cíclicamente:

1. Después de que el PLC sea conectado, el Procesador pregunta, si las entradas de tensión son activas o no. El estado de las entradas se guarda en la imagen del proceso de las entradas (PAE).

Además se guarda para las entradas de tensión la información 1 o "High" y para las entradas sin tensión la información 0 o "Low".

2. Este procesador empieza a ejecutarse después de guardar el programa en el memoria de programa. Este contiene una lista de uniones y instrucciones lógicas, las cuales se irán ejecutando sucesivamente.

Para esto se necesitan la información de las entradas que se han almacenado en el PAE y los resultados lógicos se escriben en una determinada imagen del proceso de las salidas (PAA).

También sobre otras áreas de memoria como marcas, temporizadores y contadores se extrae información durante la ejecución del programa, eventualmente desde el procesador.

3. En el tercer paso, después de la ejecución del programa de usuario de estado se transfieren las PAA a las salidas y este se conecta o se desconecta. A Continuación se ejecuta de nuevo el punto 1...

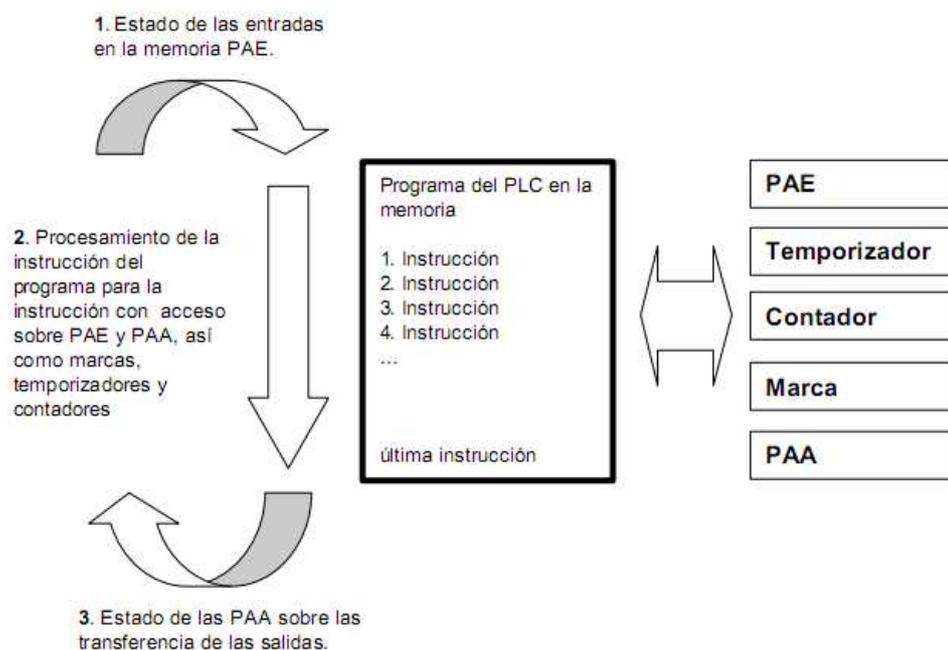


Figura II-12. Ciclo de trabajo para ejecutar un programa en el PLC.

## 2.6 ESPECIFICACIONES DEL PLC (CONTROLADOR LOGICO CONTRALABLE)

Las especificaciones técnicas para el PLC que se va a utilizar en este proyecto son las siguientes:

PLC marca:	SIEMENS
Versión:	S7-300
CPU:	314-1AE04-0AB0
Módulo de Comunicaciones:	IM 365 SEND/RECEIVE
Módulo de entradas digitales:	DI 32xDC 24V SM321-1BL00-0AA0
Módulo de entradas análogas:	AI 8x12Bit SM 331-7KF02-0AB0
Módulo de salidas digitales:	DO 16xRelAC120V SM322-1HH00-0AA0
Alimentación:	220/110 Vca. 50/60 Hz.
Tolerancia de Fuente:	+/- 10%
Modelos de corriente continua:	12Vcc 110/48/24 Vcc.
Tolerancia de Fuente:	+/- 30%
Tiempo de reposición apagado/encendido:	3 a 5 seg.
Microcorte de alimentación:	10ms.
Temperatura de Trabajo:	0 a 60 grados centígrados.

Fuente incluida: 24Vcc no regulada.  
Carga máxima: protección con corte a 300mA.

## 6.1 ARQUITECTURA GENERAL DEL PLC:

La arquitectura del autómata programable se puede describir también en el siguiente esquema:

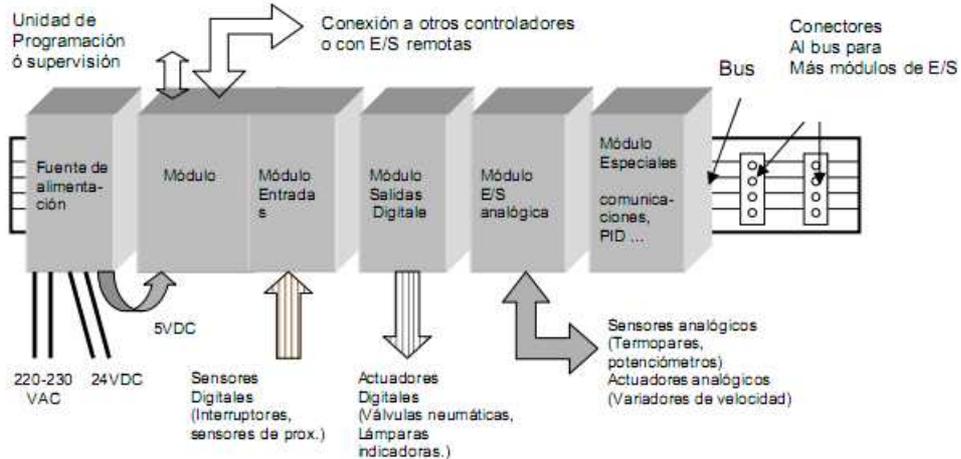


Figura II-13. Arquitectura de un PLC.

## 2.6.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PLC:

### 2.6.2.1 ENTRADAS:

La sección de entradas mediante el interfaz adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores.

Existen dos tipos de entradas:

#### a) Entradas Digitales:

Los módulos de entradas digitales a los autómatas captadores de todo tipo.

Estos módulos trabajan con señales de tensión, es decir que cuando por una vía del módulo de entradas digitales se tiene la presencia de 24

voltios se interpreta como un "1" lógico y cuando llega 0 voltios se interpreta como un "0" lógico.

El proceso de adquisición de la señal consta de varias etapas, como lo es:

La protección contra sobretensiones.

Filtrado.

Puesta en forma de la Onda o Acondicionamiento.

Aislamiento galvánico.

#### **b) Entradas Análogas:**

Los módulos de entrada analógicos permiten que los autómatas programables trabajen con accionadores de mando analógico y lean señales de tipo análogo como son temperatura, presión, nivel, caudal etc.

El funcionamiento de estos módulos es convertir una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómata.

Debido a que el autómata solamente trabaja con señales de tipo digital, lo que realiza este módulo de entradas analógicas es realizar una conversión A/D (análoga / digital).

Esta conversión se la realiza con una precisión o resolución determinada (número de bits) y cada cierto intervalo de tiempo (período de muestreo).

Estos módulos pueden leer tensión o intensidad dependiendo de la configuración con la cual se encuentre el módulo.

De igual forma el proceso de adquisición consta de varias etapas en las que tenemos:

Filtrado.

Conversión A/D.

Memoria.

### **2.6.2.2 SALIDAS:**

De igual forma como se tiene entradas digitales y análogas se tiene salidas digitales y análogas.

#### **a) Salidas digitales:**

Este módulo de salidas digitales permite al autómatas actuar sobre los preaccionadores y accionadores que admiten ordenes de tipo todo o nada.

El valor binario de la salida digital se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómatas en el caso de módulos de salida a relé.

En los módulos estáticos (bornero) los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores o triacs y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salida estáticos al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre los elementos que trabajan a la misma tensión en cambio los módulos de salida electromecánicos al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones diferentes.

El proceso de envío de la señal digital consta de las siguientes etapas:

Puesta en forma (acondicionamiento).

Aislamiento.

Circuito de mando (relé interno).

Protección electrónica.

Tratamiento cortocircuitos.

#### **b) Salidas análogas:**

Estos módulos permiten que el valor de una variable numérica del autómatas se convierta en intensidad o tensión según la necesidad del actuador.

Esta tensión o intensidad puede servir de referencia de mando para actuadores que admitan mando analógico como puede ser los

variadores de velocidad, funciones de control y regulación de procesos continuos, etc.

El proceso de envío de la señal análoga consta de varias etapas:

Aislamiento galvánico.

Conversión D/A.

Circuitos de amplificación y adaptación.

Protección electrónica de salida.

Como se puede observar los módulos de entrada / salida analógicos tiene un gran proceso de adaptación, las funciones de conversión análogo/digital y digital/análogo son esenciales.

Por ello los módulos de entrada/salida análogos se consideran módulos de entrada/salida especiales.

### **2.6.2.3 INTERFACES DE COMUNICACIÓN:**

La interfaz multipunto (MPI) esta integrada a la CPU 314 para el PLC SIEMENS Simatic S7-300 la cual permite la comunicación con otros autómatas, con el terminal de programación o con medios de visualización como lo son paneles de operador.

#### **2.6.2.3.1 MECANISMOS DE COMUNICACIÓN:**

El S7-300 tiene varios mecanismos de comunicación:

Intercambio cíclico del conjunto de datos entre redes de CPU mediante la comunicación global de datos.

Comunicación de resultado transmitido por las redes utilizando bloques de comunicación.

Mediante el servicio de comunicación global de datos, las redes de CPU pueden intercambiar datos cíclicamente con cada una de las otras unidades centrales de procesamiento.

Esto permite a una CPU acceder a la memoria de datos de otra CPU. La comunicación global de datos solo puede ser enviada vía interfaces multipunto.

### **2.6.2.3.2 FUNCIONES DE COMUNICACIÓN:**

El PLC al ser uno de los principales elementos en la automatización y control, que tiene como finalidad aumentar la productividad y disminuir los tiempos en ejecución de procesos de producción. No se lo representa como un simple ejecutador de datos almacenados en su memoria para luego transmitir ordenes a los dispositivos que controla.

Es un elemento que en cualquier momento puede cambiar los procesos de producción que realiza con solo realizar pequeños cambios en su programación.

Esta tarea seria imposible sin contar con dispositivos como paneles de control, o el propio enlace a computadoras con el programa de configuración y control del PLC.

Esto amerita a que el PLC siempre tendrá que estar comunicado, de una manera eficiente para que los cambios realizados tomen efecto en el menor tiempo posible.

En particular el S7-300 viene dotado de 3 interfaces para trabajar en equipo o en red:

#### **a) Interfaz MPI (Interfaz Multipunto):**

Las CPU 312, 313, 314, 315 y 315 2-DP lo incorporan desde fabrica, con este puerto se puede comunicar fácilmente a distancias reducidas sin requerir módulos adicionales, por ejemplo hacia equipos de manejo y visualización, unidades de programación, y otros autómatas S7-300 para probar programas o consultar valores de estado.

Se puede enviar datos a 4 distintos aparatos al mismo tiempo y utilizando siempre el mismo puerto a una velocidad de 187,5Kbaudios.

Para pequeñas redes de comunicación o pequeños volúmenes de datos la CPU ofrece el servicio de datos globales, que permite intercambiar cíclicamente cantidades de datos en paquetes de hasta 22 bytes como máximo.

Distancia máxima entre dos estaciones o nudos de red de MPI adyacentes: 50 metros sin repetidores, 1100 metros con dos repetidores, 9100 metros con más de 10 repetidores en serie, y a distancias mayores a los 500 km. se debe utilizar fibra óptica con módulos de conexiones ópticas.

La capacidad de expansión: los componentes comprobadores de campo son usados para configurar la interfaz multipunto: cables LAN, conectores LAN y repetidores RS-485.

#### **b) Interfaz PPI (Interfaz Punto a Punto):**

Esta interfaz permite la comunicación de nuestro PLC con otros dispositivos tales como: módems, scanner, impresoras, etc. Situados a una cierta distancia del PLC.

En la parte frontal del módulo dependiendo del modelo de CPU viene dotado de conectores DB9 o DB25 para la comunicación serial vía RS232 o RS485.

Los siguientes dispositivos pueden ser conectados: impresoras, robots controladores, controladores programables S7-300 o S5.

#### **c) Interfaz Profibus-DP:**

Esta interfaz de comunicación es usada para gran capacidad de transmisión de datos, llamada SIMATIC net.

El S7-300 mantiene una relación muy estrecha con esta comunicación. Un módulo de comunicación permite conectarlo al SIMATIC net para comunicarse con otros autómatas SIMATIC y dispositivos de campo.

El PLC puede desenvolverse como maestro o esclavo, además se dispone de los prácticos servicios de comunicación llamado Datos Globales.

Para establecer una comunicación se utilizan cables LAN, conectores LAN, repetidores, etc.

## 2.7 LENGUAJE DE PROGRAMACION

Para toda la familia de programadores lógicos controlables de la gama SIEMENS SIMATIC S7-300, los cuales se disponen en este proyecto, se emplea el lenguaje STEP 5 o STEP 7, en sus 3 posibles representaciones:

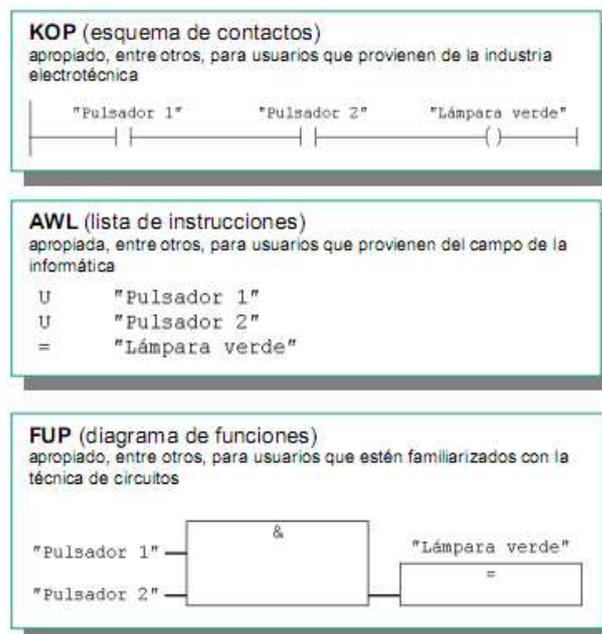


Figura II-14. Tipos de lenguajes de programación.

Internamente el autómata solo trabaja con lista de instrucciones, KOP y FUP es traducido a AWL por Step7.

Las instrucciones son las órdenes lógicas elementales que el sistema debe obedecer.

Suelen ocupar una línea de programa (dos en algunas instrucciones), y no pueden escindirse en instrucciones parciales.

### 2.7.1 LISTA DE INSTRUCCIONES (AWL):

Las instrucciones AWL se dividen en:

- OPERACION: indica la instrucción que se ha de realizar (ej. AND).
- OPERANDO: indica una constante o dirección con la que debe trabajar la operación. Si se trata de una dirección se puede manejar en modo bit, byte o palabra.

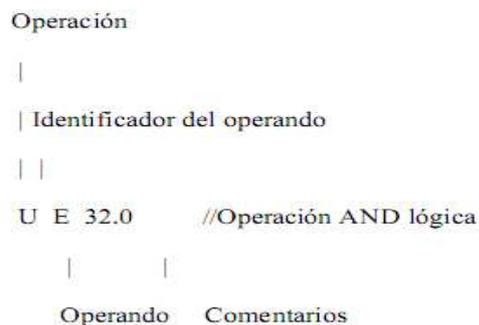


Figura II-15. Lenguaje AWL.

Una instrucción puede no contener operando (ej. NOT).

El operando puede ser sustituido por un nombre simbólico (ej. MOTOR\_ON), el cual debe ser especificado al comienzo del programa para indicar a que entrada o salida equivale.

### 2.7.2 ESQUEMA DE FUNCIONES (FUP):

Se representa gráficamente con símbolos lógicos.

Es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros de álgebra booleana para representar la lógica.

En FUP se utilizan símbolos normalizados para representar las operaciones.

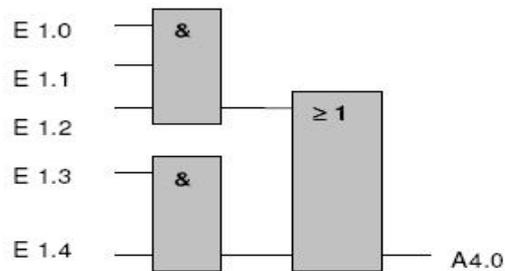


Figura II-16. Lenguaje FUP.

### 2.7.3 ESQUEMA DE CONTACTOS (KOP):

Se representa gráficamente con símbolos eléctricos. Este tipo de representación también es conocida como “Diagrama Escalera” o “Ladder”.

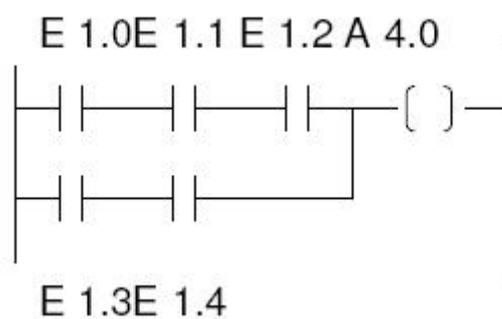


Figura II-17. Lenguaje KOP.

## 2.8 SENSORES Y ACTUADORES

## 2.8.1 SENSORES:

Para que un sistema electrónico de control pueda controlar un proceso o producto es necesario que reciba información de la evolución de determinadas variables físicas del mismo, que en su mayoría no son eléctricas (temperatura, presión, nivel, fuerza, posición, velocidad, desplazamiento , ...).

Los dispositivos que realizan esta función reciben diversos nombres: captador, detector, transductor, transmisor, sonda y sensor.

No existe una única definición de sensor aceptada de manera universal. Se considera, en general, que es todo "dispositivo que tiene algún parámetro que es función del valor de una determinada variable física del medio en el cual está situado".

En general, convierten una señal física no eléctrica en otra eléctrica que, en algunos de sus parámetros (nivel de tensión, nivel de corriente, frecuencia, ...) contiene la información correspondiente a la primera.

Por otra parte, es necesario utilizar circuitos de acondicionamiento con el objeto de que éste genere una señal eléctrica normalizada.

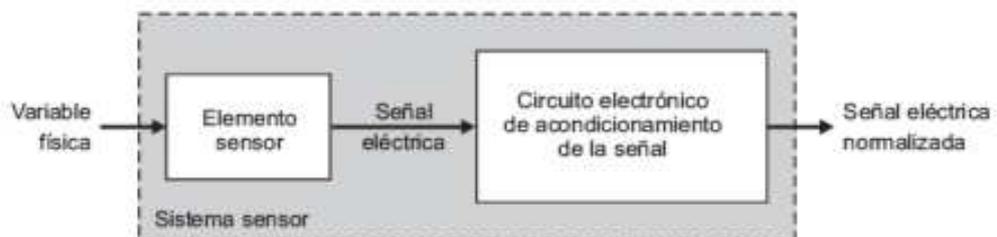


Figura II-18. Esquema de funcionamiento de un sistema sensor.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Entre las características técnicas de un sensor destacan las siguientes:

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- Precisión: es el error de medida máximo esperado.
- Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- Linealidad o correlación lineal.
- Sensibilidad de un sensor: relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

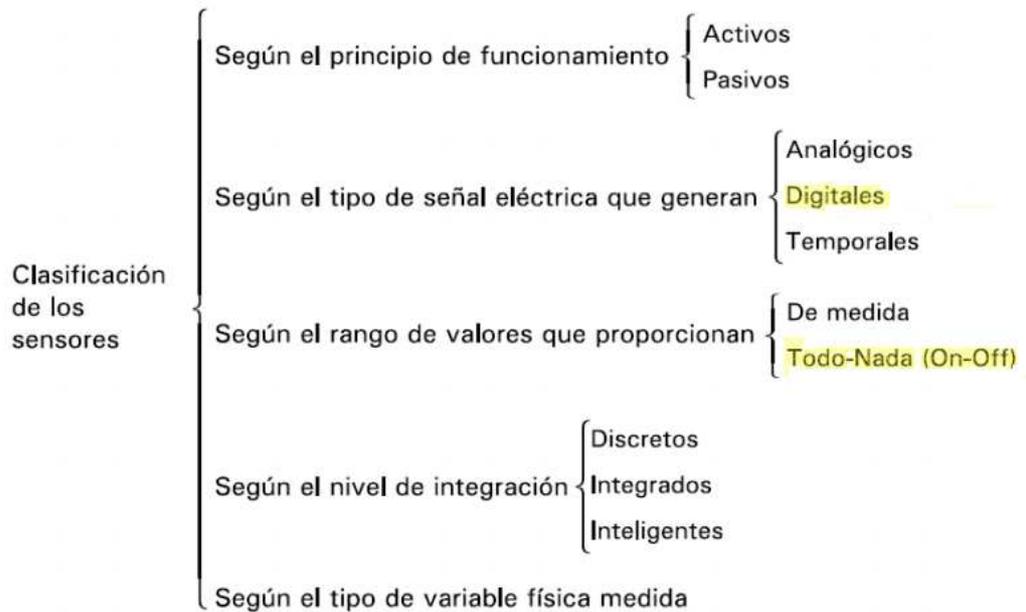
		Variable física medida										
		Posición	Desplazamiento	Velocidad	Aceleración	Tamaño	Nivel	Presión	Fuerza	Proximidad	Temperatura	Radiación luminosa
Principio de funcionamiento	Microrruptores	x				x						
	Finales carrera	x										
	Extensiómetros	x	x	x	x			x	x			
	Termorresistivos										x	
	Magnetorresistivos	x	x	x								
	Capacitivos	x	x		x		x	x	x	x		
	Inductivos	x	x	x	x			x	x	x		
	Optoelectrónicos	x	x	x						x		
	Piezoelectrónicos		x	x	x			x	x			
	Fotovoltaicos											x
	Ultrasónicos	x					x					

Figura II-19. Variables físicas medibles y principio de funcionamiento.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida.

Pueden ser de indicación directa (ej. un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

### 2.8.2 TIPOS DE SENSORES:



#### 2.8.2.1 SEGÚN EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:

**Activos:** Generan una señal eléctrica. La magnitud física a medir proporciona la energía necesaria para la generación de la señal eléctrica de salida. Son ejemplo de este tipo de sensores, los basados en los efectos piezoeléctrico y termoelectrónico.

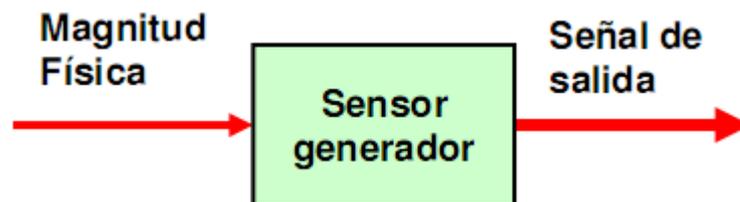


Figura II-20. Tipo de Sensor Activo.

**Pasivos:** Modifican una característica eléctrica (R, C, etc.). La magnitud física a medir modifica alguno de los parámetros eléctricos del sensor como por ejemplo la resistencia, la capacidad, etc.

Los sensores de este tipo se caracterizan por necesitar una tensión de alimentación externa.

Son ejemplo de este tipo de sensores, los basados en las resistencias cuyo valor depende de la temperatura (Termorresistivos) o de la luz (Fotorresistivos).

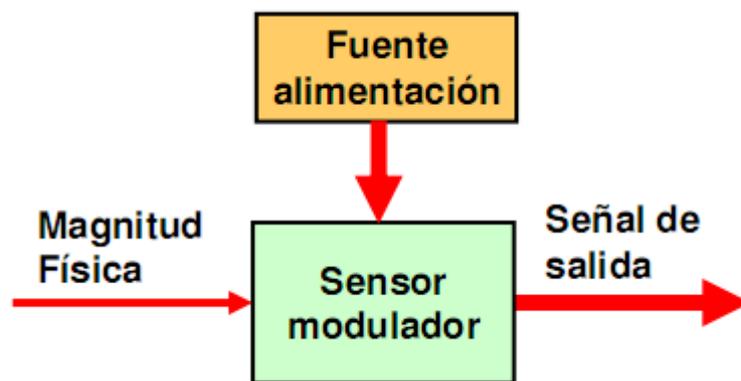


Figura II-21. Tipo de Sensor Pasivo.

### 2.8.2.2 SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL ELECTRICA QUE GENERAN:

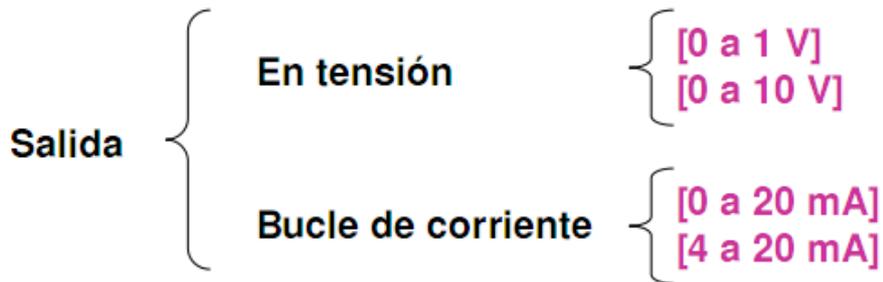
#### **Sensor Analógico:**

El mundo físico es en general analógico y por ello la mayoría de los sensores proporcionan señales analógicas.

Las señales eléctricas generadas por los sensores analógicos adolecen de problemas relacionados con la impedancia de salida, la presencia de ruido, las interferencias electromagnéticas y la distorsión.

Debido a ello es necesario un circuito de acondicionamiento.

Las salidas normalizadas más corrientes en los sensores analógicos de medida son:



### Sensor Digital:

Sensor que genera señales eléctricas digitales que solo tienen un número finito de valores. Las más utilizadas en la práctica son las binarias que solo pueden tener dos valores.

Los sensores digitales pueden presentar la información en dos formatos diferentes:

- Formato serie:

Proporciona una señal digital a través de un procesador de comunicaciones que utiliza un protocolo normalizado como por ejemplo RS.232, RS-422, RS-423, RS-485, un bus de campo (Field bus) o una red industrial que combina la red de área local Ethernet con el protocolo IP para facilitar la comunicación con cualquier sistema de control o informático (Industrial Ethernet).

Se utiliza para enviar la información de un sensor a una distancia elevada.

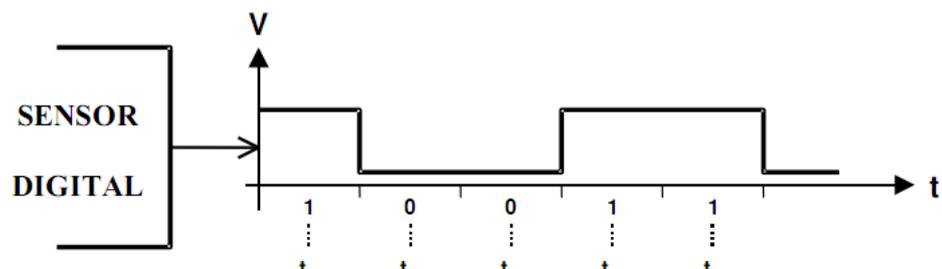


Figura II-22. Señal digital binaria en formato serie.

- Formato paralelo:

Proporciona varias señales digitales simultáneamente. Es un formato que se utiliza solo para distancias cortas no superiores a algunas decenas de centímetros.

No se utiliza para transmitir información a distancia porque necesita muchos canales de comunicación simultáneos.

Es un formato típico de algunos sensores ópticos como los codificadores (Encoders) absolutos de posición que proporcionan el valor de la posición en el código Gray.

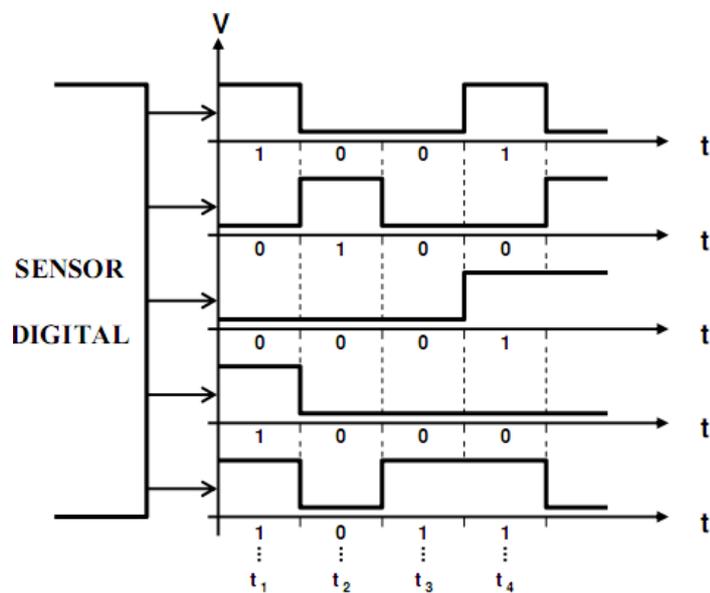


Figura II-23. Señal digital binaria en formato paralelo.

### Sensor Temporal:

Sensores que proporcionan a su salida señales eléctricas en las que la información está asociada al parámetro tiempo.

### Señales temporales senoidales:

Suelen recibir el nombre de señales moduladas.

Se obtienen modificando un parámetro temporal de una señal senoidal generada por un circuito oscilador mediante un circuito electrónico denominado modulador.

### Señales temporales cuadradas:

Tienen una amplitud fija y un parámetro temporal variable que pueden ser:

- a) La frecuencia o su inverso el periodo (Frequency modulation).

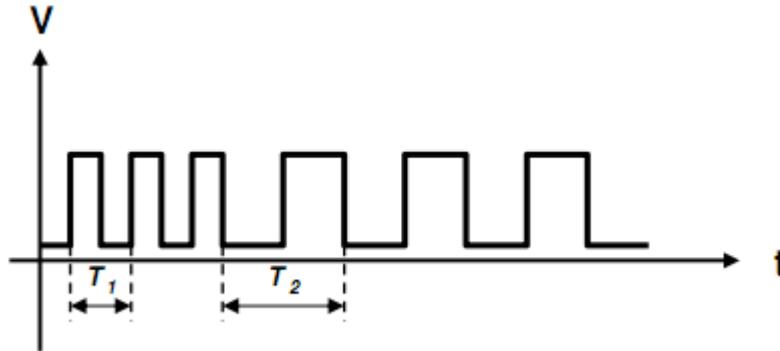


Figura II-24. Señal temporal cuadrada.

- b) La relación entre la duración del uno y del cero (Relación alto/bajo) (On/Off). Posee un periodo constante y la información está contenida en la relación entre el tiempo que está en cada estado (Duty cycle). Se suele decir que está modulada en anchura de impulsos y se la denomina PWM (Pulse Width Modulation).

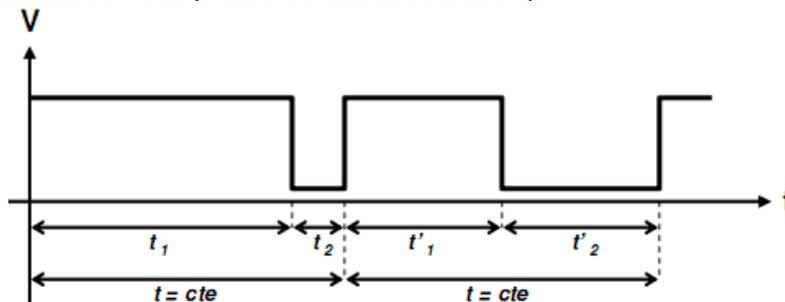


Figura II-25. Relación de duración entre 1 lógico y 0 lógico.

### 2.8.2.3 SEGÚN EL RANGO DE VALORES QUE PROPORCIONAN:

#### Sensor de medida:

Sensor que proporciona a la salida todos los valores posibles correspondientes a cada valor de la variable de entrada dentro de un determinado rango. Puede ser analógico, digital o temporal.

Son ejemplos de sensores de medida un sensor analógico resistivo de temperatura, un sensor digital absoluto de posición y un sensor temporal incremental de posición.

#### Sensor todo-nada:

Solo detecta la presencia o no de la magnitud de entrada o si la magnitud de entrada está por encima o por debajo de un determinado valor.

Proporciona a la salida una señal eléctrica que sólo toma dos valores. Son ejemplos típicos los finales de carrera, los detectores de presencia, las fotocélulas, etc.

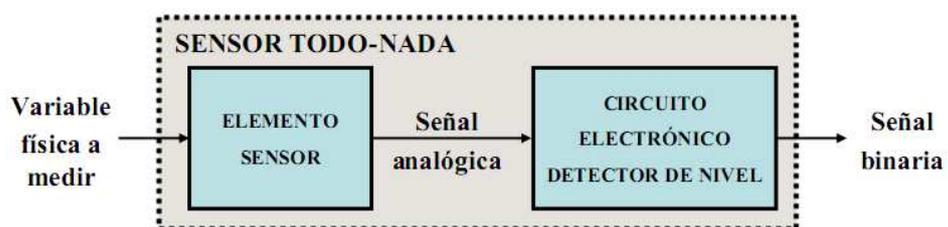


Figura II-26. Esquema del sensor todo o nada.

## 2.8.2.4 SENSORES SEGÚN EL NIVEL DE INTEGRACION:

### Sensor discreto:

Sistema sensor en el que el circuito de acondicionamiento se realiza mediante componentes electrónicos separados interconectados entre sí.

**Discretos e integrados:**  
**Conexiones independientes**

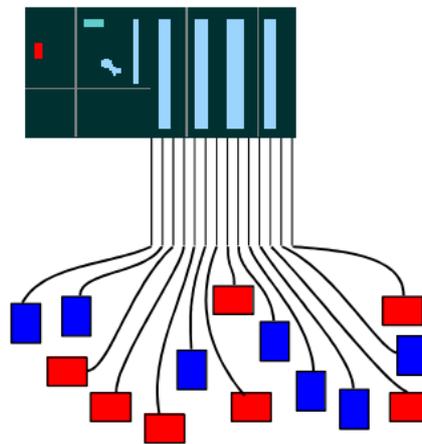


Figura II-27. Sensor Discreto.

### Sensor integrado:

Sensor cuyo elemento sensor y su circuito acondicionador, o al menos este último, están construidos en un único circuito integrado monolítico o híbrido.

Son ejemplos típicos muchos sensores, basados en las características de los semiconductores, que miden temperatura, humedad, presión, etc.

### **Sensor inteligente (Smart or Intelligent sensor):**

No existe consenso generalizado en su definición.

Se suele considerar que un sensor es inteligente si realiza al menos alguna de las siguientes funciones:

- Cálculos numéricos.
- Comunicación en red (No una simple conexión punto a punto).
- Autocalibración y autodiagnóstico.
- Múltiples medidas con identificación del sensor.
- Analógicos: Devuelven una señal de tipo continuo
- Digitales: Devuelven una señal de tipo discreto

**Inteligentes:** Conexión única  
[Bus de campo (Field Bus)]

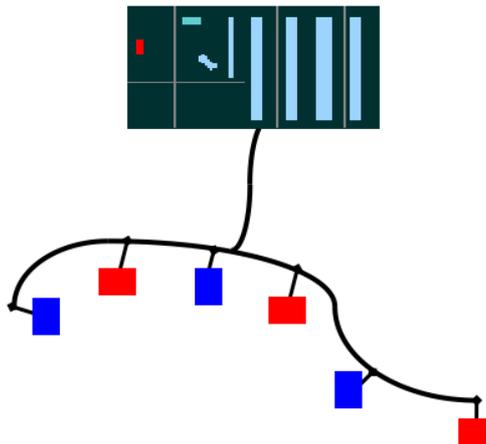


Figura II-28. Sensor Inteligente.

### **2.8.3 ACTUADORES**

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa.

El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen varios tipos de actuadores como son:

### **2.8.3.1 ELECTRONICOS:**

Los actuadores electrónicos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots.

Los servomotores CA sin escobillas se utilizaran en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

### **2.8.3.2 HIDRAULICOS:**

Los actuadores hidráulicos, que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión.

Existen tres grandes grupos:

Cilindro hidráulico:

De acuerdo con su función podemos clasificar a los cilindros hidráulicos en 2 tipos: de Efecto simple y de acción doble.

En el primer tipo se utiliza fuerza hidráulica para empujar y una fuerza externa, diferente, para contraer.

El segundo tipo se emplea la fuerza hidráulica para efectuar ambas acciones.

El control de dirección se lleva a cabo mediante un solenoide.

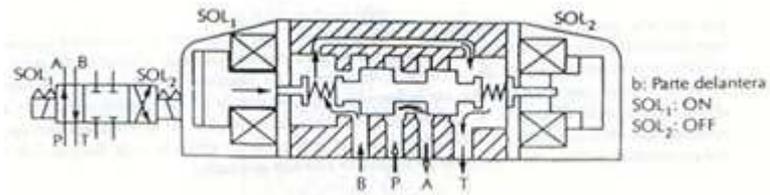


Figura II-29. Cilindro Hidráulico.

En el interior poseen un resorte que cambia su constante elástica con el paso de la corriente. Es decir, si circula corriente por el pistón eléctrico este puede ser extendido fácilmente.

Cilindro de Efecto simple:

La barra esta solo en uno de los extremos del pistón, el cual se contrae mediante resortes o por la misma gravedad. La carga puede colocarse solo en un extremo del cilindro.



Figura II-30. Cilindro Efecto Simple.

Cilindro de Efecto doble:

La carga puede colocarse en cualquiera de los lados del cilindro. Se genera un impulso horizontal debido a la diferencia de presión entre los extremos del pistón.

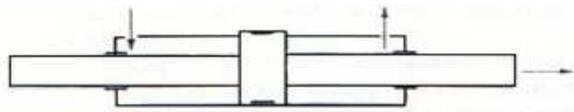


Figura II-31. Cilindro Efecto Doble.

## Motor hidráulico

En los motores hidráulicos el movimiento rotatorio es generado por la presión. Estos motores los podemos clasificar en dos grandes grupos: El primero es uno de tipo rotatorio en el que los engranes son accionados directamente por aceite a presión, y el segundo, de tipo oscilante, el movimiento rotatorio es generado por la acción oscilatoria de un pistón o percutor; este tipo tiene mayor demanda debido a su mayor eficiencia.

## Motor hidráulico de oscilación

Tiene como función, el absorber un determinado volumen de fluido a presión y devolverlo al circuito en el momento que éste lo precise

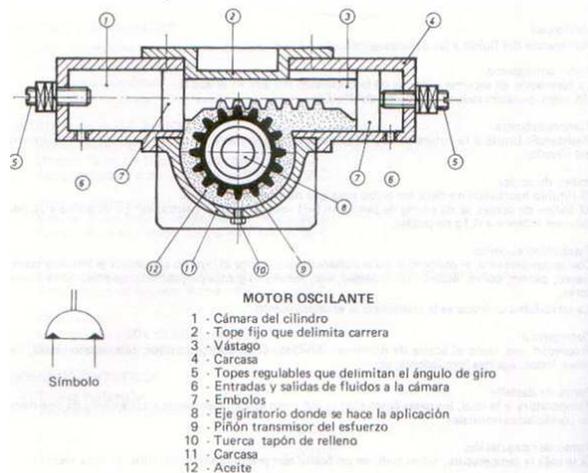


Figura II-32. Cilindro Hidráulico de Oscilación.

## 2.8.3.3 NEUMATICOS

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos.

Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

De efecto simple, Cilindro neumático, Actuador neumático de efecto doble, Con engranaje, Motor neumático con veleta, Con pistón, Con una veleta a la vez, Multiveleta, Motor rotatorio con pistón, De ranura vertical, De émbolo Fuelles, diafragma y músculo artificial.

#### **2.8.3.4 ELECTRICOS**

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

Existe una gran cantidad de modelos y es fácil utilizarlos con motores eléctricos estandarizados según la aplicación. En la mayoría de los casos es necesario utilizar reductores, debido a que los motores son de operación continua.

Utilización de un pistón eléctrico para el accionamiento de una válvula pequeña.

La forma más sencilla para el accionamiento con un pistón, sería la instalación de una palanca solidaria a una bisagra adherida a una superficie paralela al eje del pistón de accionamiento y a las entradas roscadas.

Existen Alambres Musculares, los cuales permiten realizar movimientos silenciosos sin motores. Es la tecnología más innovadora para robótica y automática, como así también para la implementación de pequeños actuadores.

Los actuadores hidráulicos, neumáticos y eléctricos son usados para manejar aparatos mecatrónicos. Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos.

Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

## **2.9 SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION**

A un sistema de control se lo define como un sistema de regulación retroalimentado o no retroalimentado que se encarga de censar variables establecidas denominadas como entradas las cuales hacen referencia a una salida establecida.

Posee la cualidad de leer en tiempo real un conjunto de señales que varían en un rango de tiempo, donde el objetivo es mantener el valor de la salida de un sistema estable a pesar de las perturbaciones que se puedan presentar en la planta.

Estas señales son representadas en una forma entendible de manera que le permita conocer al operario que esta sucediendo con el proceso de control.

El operario observa como se esta desarrollando el proceso y que condiciones se están cumpliendo.

Existe cualquier cantidad de información en un autómata programable, referente al proceso de producción. La supervisión se encarga de mejorar el rendimiento del control al seleccionar ciertos tipos de datos necesarios para el mismo, optimizando así recursos hardware como software.

Además se gestionan cierto tipo de datos para conocer como varían estos en función del tiempo. Y dotarle de un nivel de seguridad al proceso mediante el acceso restringido de personas que puedan realizar dicho control.

Dentro de un proceso de control siempre se requerirá de una supervisión del mismo, tanto como para mantener el correcto funcionamiento como para realizar modificaciones debido a variables del proceso, a la seguridad, y a los equipos que lo integran. De forma que dichos cambios pasen desapercibidos.

## **CAPITULO III**

### **DESCRIPCION Y ANALISIS DEL PROCESO DE CONTROL Y SUPERVISION DE NIVEL DEL EMBALSE EN LA REPRESA AGOYAN**

#### **3.1 INTRODUCCION**

La Central Hidroeléctrica Agoyán es una de las primeras generadoras construidas en el país, esta conformada por la Represa Agoyán y Casa de Máquinas, las dos se encuentran unidas físicamente a través de un túnel de carga que conduce el agua desde la represa hasta la casa de maquinas.

Fue diseñada para generar una potencia de 156 Megavatios la cual es entregada al Sistema Nacional Interconectado.

Esta potencia depende en gran parte del recurso hídrico proveniente del río Pastaza que es embalsado en la represa, y fundamental para obtener un nivel dentro de una histéresis específica diariamente.

La represa se encuentra conformada por 3 Vertederos de excesos de agua, 2 desagües de Fondo para limpieza de sedimentos y vaciado del embalse; un desarenador y un desagüe de fondo de desarenador, y por el túnel de carga.



Figura III-33. Vista Frontal de la Represa Agoyán

Cada uno de los Vertederos esta conformado por 2 compuertas: una compuerta plana y una Clapeta. La figura III-33 muestra la vista frontal de la represa Agoyán.

Por cada Clapeta de los Vertederos se desfoga un caudal máximo de  $60\text{m}^3/\text{s}$  dándonos un caudal total en los tres vertederos de  $180\text{m}^3/\text{s}$ .

Si el caudal total de desfogue de la presa es superior a los  $300\text{m}^3/\text{s}$  se procede a abrir la compuerta plana de cada vertedero en el siguiente orden:

Primero se abrirá la compuerta plana del Vertedero 2 ya que es la que se encuentra en la dirección del cauce normal del río Pastaza y reduce considerablemente el caudal a cada Vertedero.

Segundo se abre la compuerta plana del Vertedero 3 y posteriormente la compuerta plana del Vertedero 1, si fuera el caso que el caudal no redujera su valor.

## 3.2 DESCRIPCION Y ANALISIS DE LA REPRESA AGOYAN

### 3.2.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA REPRESA AGOYÁN:

La Represa Agoyán tiene una longitud aproximada de 2000 metros y con un ancho del orden de 100 metros excepto en el área de la Represa donde se amplía hasta tener un ancho de 300 metros.

Estas características representa un volumen útil de  $750\,000\text{m}^3/\text{s}$  y una variación en el nivel del embalse de unos cuantos centímetros ocasiona que se deje de erogar o a su vez erogar mayor cantidad de agua. Afectando así la capacidad de generación de la Central.

El tipo de la represa es de hormigón a gravedad, su corona esta situada en la cota 1653 m.s.n.m. y esta constituida por dos tramos rectos; el primero con un azimut de  $13^\circ$  y una longitud de 155,25 metros y el segundo con un azimut  $354,2021^\circ$  y una longitud de 147,13 metros. La altura máxima desde la fundación de hasta la corona es de 44 metros.

El cuerpo de la presa esta dividido en 18 bloques, de los cuales 10 corresponden a bloques normales ( del 1 al 4 el 11 y del 14 al 18 ) y tienen una longitud de 16 metros excepto el bloque 1 que tiene 20,21 metros y el 18 que tiene 17,13 metros.

Los bloques restantes son bloques específicos que cumplen funciones especiales tales como:

Los bloques 5,8 y 9 que tienen una longitud de 19 metros albergan los 3 Vertederos, los cuales están compuestos por la compuerta plana y clapeta cada uno. La capacidad de descarga desde la cota 1651 para los 3 Vertederos es de  $3600\text{m}^3/\text{s}$ .

Los bloques 6 y 7 tienen una longitud de 13 metros y constituyen los desagües de fondo del embalse, cada bloque tiene un vano cuadrado de  $9 \times 9\text{m}^2$  provistos de una compuerta radial para operación y una compuerta plana para mantenimiento, la capacidad máxima de descarga para los desagües de fondo es de  $2000\text{m}^3/\text{s}$ .

El bloque 10, con una longitud de 16 metros es el punto de cruce del túnel de carga con la represa y contiene la estructura de la compuerta plana de la toma, aguas debajo de la cual existe un pozo de acceso y aeración al túnel de carga.

El bloque 12 también con una longitud de 16 metros contiene una pequeña compuerta de  $2 \times 2 \text{ m}^2$ , seguida de una rápida que facilita la evacuación de los cuerpos flotantes que se acumulan frente a la toma, además por este bloque se accede a la plataforma de operación del equipo de limpieza de la rejilla de la toma.

El bloque 12 está atravesado por un ducto que proviene del canal de evacuación de basura del sistema de limpiarejas y descarga en la rápida antes mencionada.

El bloque 13 con una longitud de 16 metros sirve como desagüe de fondo del desarenador, tiene un vano de 4 metros de ancho por 5 metros de altura, provisto de una compuerta radial para operación y una compuerta plana para mantenimiento, la capacidad de descarga es de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La ataguía sumergida, ubicada 150 metros aguas arriba de la represa está conformada por un muro de hormigón a gravedad y por un muro de hormigón en arco. Esta ataguía limita el estanque desarenador que tiene 150 metros de largo y 90 metros de ancho y cuyo objeto es favorecer la sedimentación de partículas finas de las aguas a ser turbinadas.

La Central Hidroeléctrica Agoyán tiene una capacidad de generación de 156 MW y requiere una demanda de agua en el túnel de carga de  $120 \text{ m}^3/\text{s}$ , es decir  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  por cada turbina. Dicha demanda se le suministra y controla mediante la Represa.

Para que la Central Hidroeléctrica se encuentre operando el embalse debe tener un nivel mínimo de 1646 m.s.n.m. y máximo de 1651 m.s.n.m. A su vez el caudal de agua mínimo que deba atravesar el túnel de carga debe ser de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  con el cual se produce una potencia mínima de 30 MW y máxima de  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  para producir 156 MW.

Por ultimo, conviene mencionar que para incrementar en algo el caudal afluente del embalse, se han derivado hacia el mismo las aguas de dos quebradas llamadas Santa Rosa y Chaguaryacu las cuales aportan con un caudal de 1,00 y 0,35  $m^3/s$  respectivamente.

### **3.2.2 COMPONENTES DE LA REPRESA AGOYÁN:**

#### **3.2.2.1 VERTEDEROS**

El sistema de Vertederos esta destinado a regular el nivel del embalse y evacuar la crecida milenaria de 6000  $m^3/s$ .

Para erogar pequeños y medianos caudales y sobre todo lograr una regulación fina del embalse se inclina la clapeta, vertiéndose agua por encima de ella; para lograr erogar grandes caudales se iza la compuerta plana, logrando escurrir agua por debajo de ella.

El escurrimiento de agua por el Vertedero esta controlado por tres compuertas planas con clapeta que cubren cada una de ellas un distancia libre de 15 metros de ancho por 12 metros de alto, tanto las compuertas planas como las clapetas funcionan con agua fluyente.

##### **3.2.2.1.1 COMPUERTA PLANA**

La compuerta plana del Vertedero lo constituye una estructura soldada de acero tipo TTSTE 36, que descansan sobre un umbral a la cota 1639,00 m.s.n.m. y cuyas dimensiones son 15.8 x 12.5 x 2.472 metros tal como se indica en la figura III-34.

Dispone de un sellado principal que esta del lado aguas arriba de la compuerta con el fin de evitar fugas, toda la estructura tiene un peso de 95 toneladas.



Figura III-34. Compuerta Plana del Vertedero 1.

La compuerta posee ruedas laterales que le permiten ascender o descender sobre pistas de acero inoxidable empotradas en la presa garantizando así la acción de izaje de las compuertas planas.

### 3.2.2.1.2 SISTEMA DE IZAJE

Cada compuerta plana posee un malacate ubicado en el nivel 1667,50 m.s.n.m. mediante el cual se realizan las operaciones de ascenso o descenso. Tal como se indica en la figura III-35.



### Figura 35. Sistema de Izaje del Vertedero

Cada una esta compuesto por un bastidor que sirve de sostén a los mecanismos componentes del malacate, 24 cables guiados por un motor eléctrico, un freno electromagnético, caja reductora de una tapa, caja reductora de tres tapas, dos ejes flotantes, dos tambores y 2 polipastos multiplicadores de fuerzas, que a su vez están compuestas por:

- Seis poleas móviles sobre un eje común unido a la compuerta mediante orejas

- Cuatro poleas fijas que giran sobre un eje común apoyado en el bastidor del malacate y forman el "block superior"

- Una polea ecualizadora montada sobre un pin que se apoya en el medio de una palanca denominada bastidor móvil. Esta palanca pivotea en uno de sus extremos y con el otro comprime 2 resortes.

Estos elementos están en una caja que oscila alrededor de un eje, de tal forma que la polea tome la dirección de los cables que bajan hacia la compuerta. La polea ecualizadora, el bastidor móvil y la caja oscilante forman un conjunto que se denomina polea compensadora con limitador de esfuerzo.

Dicha polea tiene las siguientes funciones:

- Detectar sobre esfuerzos en el sistema de izaje cuando los resortes se compriman excesivamente y accionan un microswitch de parada de motor.

- Detectar cable flojo cuando los resortes se descomprimen excesivamente.

- Equilibrar la tensión de los cables que llegan a ella mediante pequeños giros de la polea.

- Al pivotar al conjunto sigue la dirección de los cables que llegan a la polea.

- Evitar cargas de impacto en los elementos de izaje, al comprimir los resortes.

Los polipastos por la distribución de sus elementos, multiplican la tensión de un cable que sale de un tambor por 6 veces, es decir para obtener el tiro total sobre la compuerta se multiplica la tensión de un cable por 24 (2 cables por cada tambor por 2 tambores y por el factor de 6).

La figura III-36 muestra un extremo del conjunto compuerta plana con clapeta en el cual se observa los cables conectados a dicho conjunto para su levantamiento o descenso.



Figura III-36. Cables guiados hacia un extremo del Vertedero

Con todo esto se obtiene un tiro especial de 162 toneladas con una velocidad de izaje de 0,5 m/min para elevar la compuerta una altura de 15m.

Según el sentido de giro del motor, se produce un enrollamiento de los cables en sus tambores respectivos, lo cual corresponde al izaje de la compuerta o el desenrollamiento del cable con lo que se produce el descenso de la compuerta.

### 3.2.2.1.3 CLAPETA

La clapeta es una estructura de acero TTSTE 36 similar a la compuerta, pero esta tiene un espesor variable de 1 a 6,5 centímetros. Con dimensiones de 11,97 metros de largo y 2,522 metros de ancho.

El radio interno de maniobra es de 2,89 metros con lo cual otorga la inclinación de la clapeta. Su peso aproximado es de 6,26 toneladas.



Figura III-37. Clapeta con cilindro hidráulico.

La inclinación de las clapetas se logra mediante un sistema oleohidráulico que mediante un cilindro hidráulico instalado en el centro de la propia compuerta tal como se indica en la figura III-37, el cual modifica un ángulo de giro de la clapeta comprendido entre  $-3.5$  a  $67.5$  grados a una velocidad de  $0,3$  m/min.

### 3.2.2.1.4 EQUIPO OLEOHIDRAULICO

Esta compuesto por un deposito de aceite de aproximadamente 600 litros de capacidad, sobre este actúan 2 electromotores de eje vertical con una potencia nominal de  $8.6$  KV a  $1158$  r.p.m. accionando las bombas de pistones axiales que se encuentran sumergidos en aceite.



### Figura III-38. Equipo Oleohidráulico.

El caudal de cada una de las bombas permite accionar las tres clapetas simultáneamente con una velocidad de los vástagos de 0,3 m/min.

Además existen las cañerías de vinculación (tres) para cada cilindro de la clapeta accionadas por la presión del aceite proveniente de una de las 3 fuentes:

- a) Pulmones
- b) Bombas
- c) Central de Emergencia

Una vez que la posición deseada de cierre o apertura de la clapeta es obtenida se para el suministro de aceite, mediante el corte de la válvula direccional, permaneciendo así la presión en la cámara inferior del cilindro.

#### **3.2.2.2 DESAGUE DE FONDO**

Este sistema esta destinado a producir limpiezas periódicas del embalse, a fin de mantener el mismo dentro de los niveles de operación fijados.

Cumple adicionalmente con funciones de emergencia en el control del nivel del embalse cuando el vertedero resulta insuficiente.

#### **3.2.2.2.1 COMPUERTA PLANA**

Esta compuerta sirve para el mantenimiento de la compuerta radial o dicho sea el caso mantenimiento general de la represa.

Posee un sistema de detección de presión equilibrada (mide presiones aguas arriba y aguas debajo de la compuerta) que permiten la apertura

de la compuerta plana reduciendo esfuerzos de la misma al intentar abrir con carga.

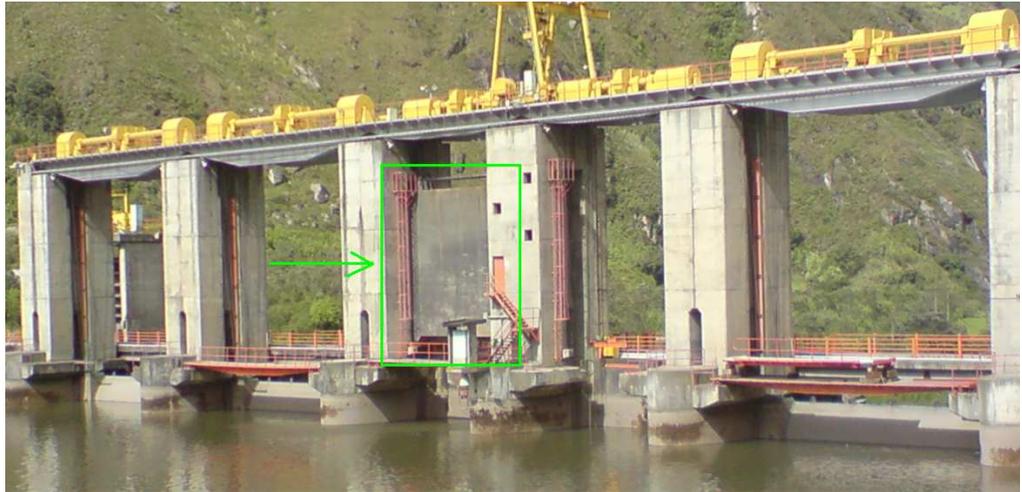


Figura III-39. Compuerta plana del desagüe fondo.

Mientras que al bajar la compuerta plana no se presenta problemas en cuanto a la diferencia de presión que esta soportaría.

Dependiendo del tipo de operación que se requiera realizar se procede a abrir la plana una vez que se haya cerrado la radial, y mediante una válvula bypass se igualan presiones a los dos lados de la compuerta y solo cuando se equilibran presiones se inicia el izaje de la compuerta plana.

La figura 7 muestra la compuerta plana del desagüe de fondo 2 totalmente alzada.

El sistema de izaje de la compuerta plana del desagüe de fondo se encuentra en el nivel 1667,50 m.s.n.m.

### 3.2.2.2 COMPUERTA RADIAL

La compuerta radial es la que realiza el sellado del desagüe de fondo permaneciendo la compuerta plana abierta, el movimiento de dicha compuerta se lo realiza mediante dos cilindros hidráulicos basculantes ubicados en la cota 1644,058 m.s.n.m. y dos cilindros auxiliares para dar mayor tiro de arranque en caso de ser necesario.

Estos dos cilindros (principales y auxiliares) son accionados hidráulicamente desde una central de potencia ubicada en la pila común a los desagües de fondo al nivel 1637,22 m.s.n.m. y se lo comanda desde un tablero local ubicado junto a la central de potencia.

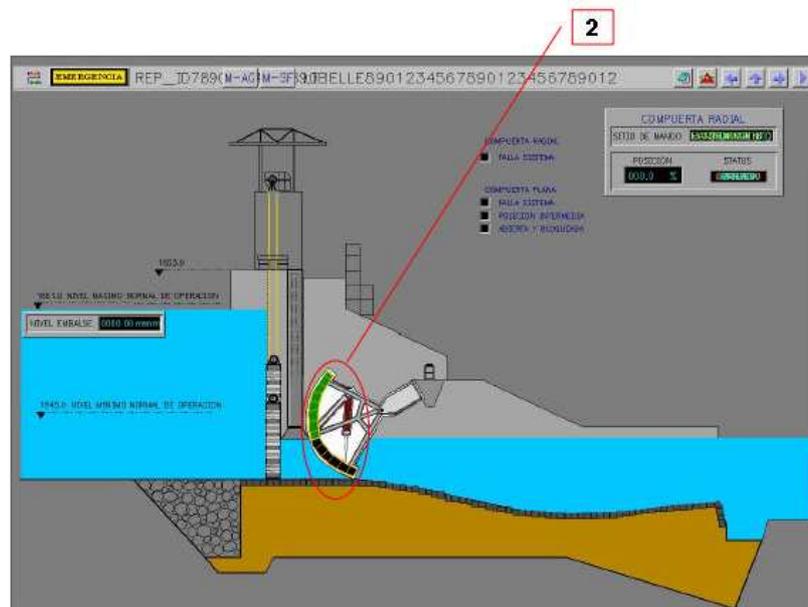


Figura III-40. Compuerta Radial (2) del Desagüe de Fondo.

### 3.2.2.3 COMPUERTA DE CUERPOS FLOTANTES

Esta compuerta tiene la finalidad de evacuar los cuerpos flotantes que llegan al embalse de la represa y están ubicadas a un costado de la obra de toma.

Esta conformada por una compuerta plana tipo deslizante operada por un sistema de izaje, accionada por un motor reductor o en caso de emergencia de forma manual.

Este sistema de izaje comprende un gato mecánico, el cual conforma un vástago roscado y un sinfín con una relación de 1/8, el vástago se une a la compuerta con una cabeza de articulación libre de mantenimiento, enganchada con un perno "cáncamo izaje".

Para cortar la energía cuando la compuerta a realizado su recorrido se dispone de fines de carrera tanto en su limite inferior como superior.

### 3.2.2.4 DESAGUE DE FONDO DEL DESARENADOR

De igual forma que el desagüe de fondo de la represa, este sistema esta dedicado para la evacuación de los sedimentos (Figura III-41) que se acumulan en el tanque desarenador definido por el muro ataguía, cuya función es evitar el paso de impurezas mayores hacia lo que constituye la obra de toma.



Figura III-41. Corte lateral del Desagüe de fondo del Desarenador

El desarenador lo conforman una compuerta plana y una radial al igual que el desagüe de fondo de la represa.

La compuerta radial (1) se lo utiliza de la misma manera, realiza un sellado del desagüe de fondo del desarenador cuando la compuerta plana se encuentra abierta en su totalidad, y cuando se procede a realizarse mantenimiento o alguna operación especial con el desarenador se descende la compuerta plana y se abre la compuerta radial.

### 3.2.2.5 OBRA DE TOMA

La obra de toma permite captar los  $120 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura 10) con los que opera la Central hidroeléctrica Agoyán entre el nivel máximo (1651 m.s.n.m.) y el nivel mínimo (1645 m.s.n.m.).

Esta captación de agua es conducida desde la Represa hacia Casa de Maquinas por un tubo de acero tal como se muestra en la figura.III-42



Figura III-42. Obra de Toma.

Esta compuesta por los siguientes elementos:

- rejillas
- sistema limpiarejas
- sistema de evacuación de materiales recogidos por el limpiarejas
- compuerta de toma con su respectivo sistema de izaje
- sistema de detección de obstrucción de las rejillas y del sobreflujo
- sistema de mando de los equipos

### 3.2.2.6. REJILLAS:

Son rejillas metálicas cuyo objetivo es la retención de cuerpos sólidos grandes los cuales podrían entrar al sistema hidráulico y causar obstrucciones o averías en los equipos.

Las rejillas están formadas por pletinas inclinadas  $74,05^\circ$  sobre la horizontal, de  $50 \times 20 \text{ mm}^2$  de sección transversal. Estas se encuentran espaciadas  $98,9 \text{ mm}$  entre ejes (formando paneles de  $1.920 \times 3130 \text{ m}^2$ ).

### 3.2.2.7 SISTEMA LIMPIARREJAS:

La función de este sistema limpiarrejas es la de realizar una limpieza de las mismas, llevando la basura recogida al canal de limpieza.

Este sistema se compone de:

- Estructura tipo pórtico
- Sistema de traslación
- Rampa móvil
- Carro Limpiarrejas
- Sistema de Izaje principal y secundario
- Sistema Neumático con 3 cilindros
- Cabina de comando, lámparas reflectoras

#### ESTRUCTURA TIPO PORTICO:

Esta conformado por 2 vigas inferiores sobre las cuales se apoyan 2 patas unidas por una viga superior. Sobre la viga superior se apoya una plataforma sobre la cual descansa el sistema de izaje.

#### SISTEMA DE TRASLACION:

En cada viga inferior del pórtico se ubican 2 ruedas (una de ellas motriz con su respectiva caja reductora vertical y motor eléctrico), en los

extremos de las vigas existen topes de caucho para amortiguar los golpes.

El pórtico se traslada impulsado por el motor eléctrico que producen el giro de las ruedas motrices sobre rieles ubicados en la losa de la obra de toma al nivel 1653 m.s.n.m.

#### RAMPA MOVIL:

La rampa móvil sirve para portar el carro limpiarrejas, guiarlo en los rieles fijos y al plegarse al pórtico dejar caer la basura del carro limpiarrejas en el canal de limpieza.

#### CARRO LIMPIARREJAS:

Es el encargado de recoger toda la basura adherida en los paneles en su recorrido a lo largo de las rejillas, descargándolas luego al canal de limpieza. Esta compuesto de un bastidor y un panel de uñas.

#### SISTEMA DE IZAJE PRINCIPAL Y SECUNDARIO:

Para el movimiento del carro limpiarrejas existe un sistema de izaje principal y para el panel de uñas se utiliza el sistema de izaje secundario.

Cada sistema de izaje esta compuesto por su respectivo motor eléctrico.

#### SISTEMA NEUMATICO CON 3 CILINDROS:

Este sistema acciona 3 cilindros: 2 gemelos que controlan el giro de la rampa móvil y otro que acciona la traba vertical que inmoviliza el pórtico.

#### CABINA DE COMANDO:

A un costado del pórtico se ubica una cabina con mirada hacia el embalse, de cuyo pupitre se puede comandar en forma manual y semi-automática la limpieza de basuras.

Además el pórtico posee lámparas reflectoras para iluminar la zona de trabajo. Todo este sistema limpiarejas se muestra en la figura III-43.



Figura III-43. Sistema Limpiarejas

### 3.2.2.8 PORTICO DE MANTENIMIENTO

El pórtico de mantenimiento es la estructura metálica que se encuentra en la cota 1667 m.s.n.m. (Figura III-44).

Se ubica sobre la corona de la represa junto a los malacates de los vertederos y desagües de fondo y posee un gancho grúa para poder transportar elementos grandes a los alrededores de la represa, ya sea equipos o materiales de mantenimiento o reparación grandes.



Figura III-44. Pórtico de Mantenimiento.

### 3.3 DESCRIPCION Y ANALISIS DEL CONTROL Y SUPERVISION DE NIVEL DE LA REPRESA AGOYAN

#### 3.3.1 GENERALIDADES:

Para el control y supervisión de nivel del agua del embalse y del desarenador se cuenta con detectores de nivel ubicados en la pila de los bloques 6-7 y del bloque 13. Adicionalmente las clapetas de los vertederos disponen de un dispositivo de apertura de emergencia que opera sin corriente eléctrica.



Figura III-45. Detectores de nivel del bloque 6-7

Los detectores de nivel de la pila 6-7 poseen 2 pozos (Figura III-45): captación de 40 cm de diámetro y flotador de 60cm de diámetro. El pozo de captación esta en comunicación con el embalse mediante 7 ductos distribuidos entre las cotas 1630 y 1651.54 msnm.

El pozo de captación se conecta con el pozo de flotador mediante un tanque desarenador ubicado en la galería de drenaje al nivel 1620.3 msnm. El objeto de este tanque desarenador es evitar la entrada de sedimentos en el pozo de flotador.

El pozo de flotador posee un flotador actuando sobre un registrador gráfico de nivel y sobre un transmisor de posición tipo 4-20 mA.

La corriente transmitida es proporcional al nivel del embalse con valores limites comprendidos entre 1629.5 (4 mA) y 1653.5 (20 mA) se indican en la tabla 1.

Esta tabla es obtenida por un mecanismo de flotador ubicado dentro de un pozo y un transductor que entrega una señal de salida normalizada de 4 a 20 mA correspondiente a los niveles 1649,25 a 1651,8 msnm.

A cada variación de 1 cm. de nivel del embalse corresponde una variación de 0,0625 mA. o una variación de 0,039 voltios.

Para obtener la señal de nivel del embalse se muestran los valores que entrega el transductor de tal manera que la tabla es:

<b>NIVEL DEL EMBALSE(msnm)</b>	<b>CORRIENTE(Amperios)</b>	<b>VOLTAJE(Voltios)</b>
1649,25	4	0
1649,26	4,063	0,02
1649,27	4,125	0,039
1649,28	4,188	0,059
.	.	.
.	.	.
.	.	.
1651,76	19,749	4,922
1651,77	19,812	4,941
1651,78	19,875	4,961
1651,79	19,937	4,98
1651,8	20	5

Tabla 1. Nivel que entrega el transductor del pozo de nivel.

Este transmisor alimenta los indicadores digitales ubicados en los siguientes sitios:

- Galería de inspección de la presa
- Pupitre de control de la caseta de control
- Pupitre de la presa del edificio de control

En estos 3 lugares se conoce el nivel del embalse.

Además se debe conocer que el pozo de captación contiene 3 detectores de nivel tipo pera sumergida:

- 1651.60 msnm: cuando se sobrepasa este nivel se envía una alarma de “muy alto nivel 1651.60” a la caseta de control y al edificio de control y suena una sirena ubicada en las cercanías de la presa. Además se da una orden de apertura de las compuertas planas de cada vertedero.
- 1651.20 msnm: cuando se sobrepasa este nivel una alarma de “alto nivel 1651.20” se envía a la caseta y al edificio de control sonando la sirena mencionada anteriormente.
- 1639.50 msnm: cuando el nivel del embalse se encuentra bajo esta cota y que la compuerta radial del desarenador no esta totalmente abierta, aparece una alarma “nivel del desarenador sobrepasa nivel del embalse” en la caseta y edificio de control.

Como en el caso anterior en la pila izquierda del bloque 13 existe un pozo de captación de 40 cm de diámetro y un pozo de flotador de 60 cm de diámetro.

En el tubo de 60 cm de diámetro se encuentra un flotador para el mando automático de las clapetas y compuertas de los vertederos. Este flotador esta conectado con un transmisor tipo 4-20 mA. La corriente transmitida al modulo A-2 del sistema automático ubicado arriba de la pila 6-7 es proporcional al nivel del embalse con valores limites comprendidos entre 1649.25 msnm (4mA) y 1651.80 msnm (20mA).

En el tubo de 40 cm de diámetro existen 2 detectores de nivel tipo pera sumergida que indica los siguientes niveles:

- 1645.50 msnm: cuando el nivel del desarenador desciende debajo de esta cota se envía una alarma a la caseta y al edificio de control. El objeto de esta alarma es advertir que la cota del agua se acerca al nivel mínimo de operación normal y se debe disminuir el caudal turbinado.
- 1644.50 msnm: cuando el nivel en el desarenador desciende debajo de esta cota, se envía una alarma a los sitios descritos anteriormente y se produce la parada automática de la máquina.

El dispositivo de apertura en emergencia de las clapetas, funciona sin fuente de energía y se acciona cuando el nivel del embalse sobrepasa la cota 1651.30 msnm permitiendo así la apertura de las clapetas.

Este dispositivo consiste en un flotador fijado a cada compuerta del vertedero, que actúa sobre una válvula que establece un cortocircuito entre la parte inferior y superior del vástago de la clapeta, a través de un regulador de flujo. Cuando se produce este cortocircuito la apertura de la clapeta se hace por peso propio y por el empuje del agua.

Cuando se produce esta apertura una alarma alimentada por la batería de 48 voltios de la caseta de control aparece en el pupitre de la misma y se transmite también hacia el edificio de control.

Una vez que la válvula que establece el cortocircuito esta abierta queda en esta posición aun cuando el nivel del embalse baja. Las clapetas quedan abiertas y para cerrarlas se debe rearmar el sistema en forma manual, en el sitio.

### **3.3.2 MÓDULOS A-10 y A-2:**

El módulo A-10 es un sistema utilizado para reemplazar la lógica de relés y cableado físico por otro de estado sólido, microprocesador y programable con funciones diversas.

Posee unidades de entrada que están diseñadas para detectar y adaptar las señales provenientes de los pulsadores, interruptores, finales de carrera, sensores, etc. que luego son procesadas por la CPU,

que se encarga de ejecutar una lógica de control de relés, electroválvulas, solenoides, etc.

El PLC instalado es Siemens Simatic S7-300 con CPU 314, que se encuentra funcionando de una manera confiable, eficiente y robusta frente a la humedad existente en el lugar.

El modulo A-2 es el encargado de realizar el control automático del nivel del embalse, en este se encuentran la secuencias lógicas del control que permite abrir, parar o cerrar tanto compuertas como clapetas. Las clapetas son utilizadas para el control fino del nivel del embalse y por condiciones constructivas se ha establecido una secuencia de apertura y de cierre. Mientras que la regulación gruesa lo realizan las compuertas planas de cada vertedero y de la misma forma con una secuencia tanto para la apertura como para el cierre.

Si se sobrepasaran niveles permitidos se tiene previsto un sistema de alarmas que permitirá advertir y operar otros módulos de la presa.

El programa que revisa y analiza las condiciones para ejecutar cualquier acción se encuentra en el módulo A-10 y utiliza las señales emitidas del módulo A-2.

Estos dos módulos se comunican por medio de las salidas del uno hacia las entradas del otro respectivamente mas no por un protocolo de comunicación existente para autómatas programables.

### **3.3.3 UNIDAD DE ADQUISICIÓN Y CONTROL (UAC):**

La UAC es la que se encarga de recibir las señales de control y supervisión de cada unidad generadora para ponerlas dentro del Sistema Digital de Supervisión y Control (SDSC).

Es decir que existe dos UAC's dentro de la Central Agoyán.

Existe una UAC ubicada en la represa, la cual se encarga de recibir señales provenientes de los equipos existentes en la represa y enviarlas hacia al SDSC.

De igual forma una vez que el SDSC muestre por medio de las UAC's en las estaciones de mando de la Central se enviara órdenes adecuadas para cada equipo que requiera operación.

Existe dos UAC's en casa de máquinas, una para cada unidad de generación eléctrica, y una UAC en sala de control.

Las UAC's están conformadas por PLC's marca Mitsubishi los cuales integran una sola red a 100 Mbps con cada UAC's ubicada en las 3 partes de la Central (Figura III-46), y permiten la visualización de datos y variables en cualquiera de las estaciones de mando.

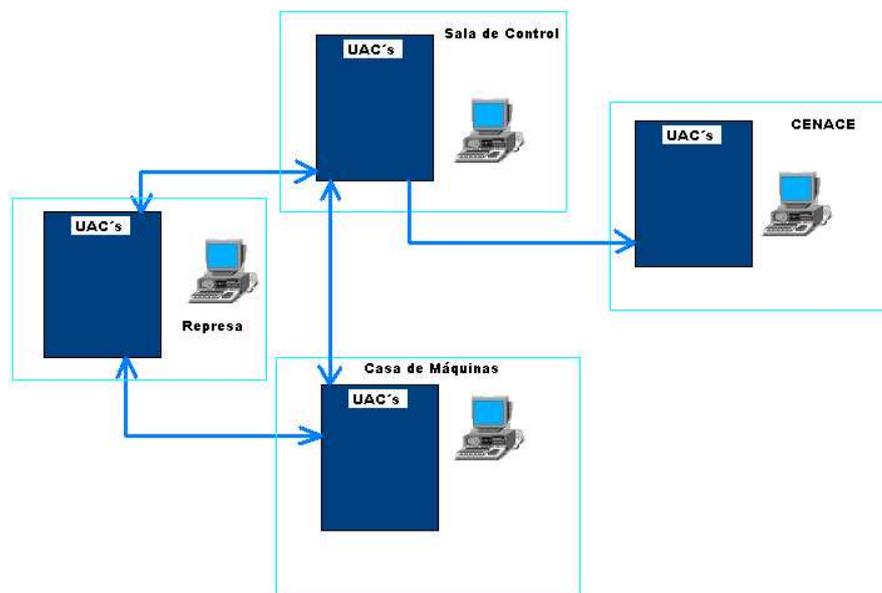


Figura III-46. Esquema de las UAC's dentro de la Central Agoyán.

Esta red de comunicación interna esta conformada con fibra óptica. Mientras que para la salida desde Sala de Control hacia el CENACE se lo hace mediante un radio enlace.

La figura III-46 muestra como se encuentran ubicadas las UAC's dentro de la Central Agoyán.

### 3.3.4 VARIABLES PARA EL CONTROL Y SUPERVISION:

- Variables existentes que ingresan al módulo A-2:

Dentro del Control y Supervisión del nivel del embalse, se posee una señal analógica del nivel del embalse, esta señal se encuentra en un lazo de 4-20 mA recorriendo desde la presa hasta la caseta de control.

También se cuenta con 6 señales digitales que corresponden a los fines de carrera de cada una de las clapetas, para cada clapeta existe un fin superior e inferior respectivamente.

De igual forma con 6 señales digitales que corresponden a los fines de carrera de cada compuerta plana de los vertederos, para cada compuerta plana se tiene un fin de carrera superior e inferior.

- Variables existentes que salen del módulo A-2:

Las señales que se dirigen hacia el módulo A-10 son las que se originan del control automático luego de procesar la información del estado tanto del nivel del embalse como de los fines de carrera de compuertas y clapetas.

Estas señales son las de: abrir, parar y cerrar para cada compuerta plana y clapeta de cada uno de los vertederos dando un total de 18 señales digitales.

- Variables existentes que ingresan al módulo A-10:

Como se da a conocer anteriormente, se ingresan 18 señales digitales de las cuales 9 señales corresponden a las clapetas y 9 a las compuertas planas, todas estas provenientes del módulo A-2.

Desde la cota 1653 msnm se ingresan 9 señales digitales que corresponden a las órdenes de: abrir, parar o cerrar para cada clapeta del vertedero.

Desde la cota 1654.25 msnm se ingresan 9 señales digitales que corresponden a las órdenes de: abrir, parar o cerrar para cada clapeta igualmente.

- Variables existentes que salen del módulo A-10:

Este módulo es el que se encarga de todo lo concerniente a la operación de compuertas y clapetas inicialmente por ser el encargado de la habilitación de los distintos comandos (abrir, cerrar y parar para

cada compuerta del vertedero) provenientes del A-2 (automático) y los generados dentro del A-10 (manual-remoto).

Habilita las señalizaciones en las cotas 1664,25, 1653 y 1657 msnm de los mismos comandos descritos anteriormente así como la señalización para saber si se encuentra en mantenimiento también la señalización si existe falla del sistema de izaje y del estado de cada clapeta (con o sin clapeta).

Envía hacia el módulo A-2 el estado (abierto o cerrado) de cada compuerta del vertedero solamente cuando el selector de la caseta de control se encuentra en "automático".

A continuación se muestra la conexión que poseen los dos módulos entre si y hacia los relés:

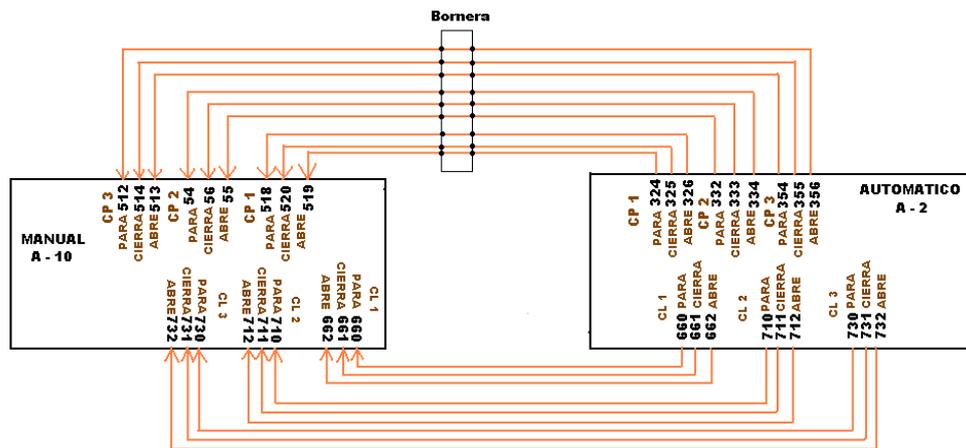


Figura III-47. Señales que salen del módulo A – 2.

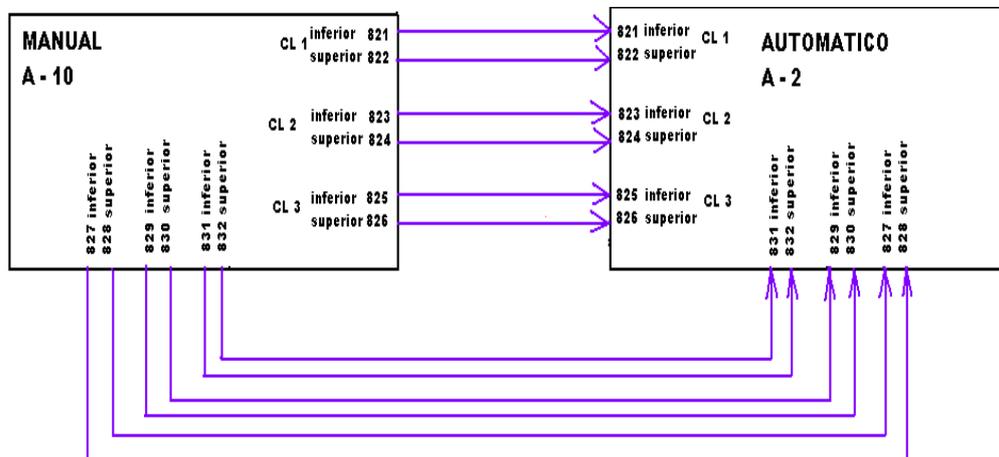


Figura III-48. Señales que ingresan al módulo A – 2.

### 3.3.5 PULSADORES E INDICADORES PARA EL VERTEDERO 1:

Para la operación del Vertedero 1 se tiene los siguientes pulsadores e indicadores organizados de la siguiente forma:

Pulsadores para la Clapeta 1:

- Para elegir lugar de operación local, primero selecciona el operador en la caseta de control el modo local; dando como primera opción la operación desde el nivel 1664,25 m.s.n.m. sin necesidad de realizar alguna otra selección; pero si solamente se va a operar desde la cota 1653 m.s.n.m. ahí se encuentra un pulsador (**1S105**) que toma el mando de operación desde ese nivel:

	<b>0</b>	<b>1</b>
<b>1S105</b>	1664,25	1653

- Para la operación desde las cotas:

	<b>1664,25 m.s.n.m.</b>	<b>1653 m.s.n.m.</b>
<b>ABRIR</b>	1S15	1S25
<b>PARAR</b>	1S14	1S24
<b>CERRAR</b>	1S16	1S26

Indicadores para la Clapeta 1 en la cota 1664,25 m.s.n.m.:

	<b># DE LUZ INDICADORA</b>
<b>FALLA SISTEMA</b>	21
<b>CONTROL EN 1664,25</b>	H105
<b>CONTROL EN 1653</b>	205
<b>MANTENIMIENTO</b>	H107
<b>ABIERTA</b>	1H15
<b>CERRADA</b>	16
<b>CON VASTAGO</b>	H106
<b>SIN VASTAGO</b>	H206

Pulsadores para la compuerta plana 1:

La compuerta plana 1 en modo de operación local presenta sus pulsadores en la cota 1667 m.s.n.m. solo desde ahí se puede gobernar la compuerta plana 1 de manera local.

	<b>PULSADOR</b>
<b>ABRIR</b>	S115
<b>CERRAR</b>	S116
<b>PARAR</b>	S114
<b>PRUEBA DE LAMPARAS</b>	S10
<b>CANCELAR ALARMAS</b>	S8
<b>MANTENIMIENTO COMPUERTA</b>	S207

Indicadores para la compuerta plana 1:

De igual forma los indicadores se encuentran en la misma cota de operación (1667 m.s.n.m.):

	<b># LUZ INDICADORA</b>
<b>ABIERTA</b>	H15
<b>CERRADA</b>	H16
<b>MANTENIMIENTO COMPUERTA</b>	H207
<b>CONTROL LOCAL</b>	H105
<b>MANTENIMIENTO CLAPETA</b>	H307
<b>FALLA SISTEMA DE IZAJE</b>	H7
<b>SOBRECARGA EN MOTOR</b>	H6

### **3.3.6 CONDICIONES PREVIAS:**

Las condiciones necesarias en modo local que debe verificar el modulo A-10 en cada ciclo de ejecución del programa son:

#### **3.3.6.1 Compuerta Plana 1:**

Para ABRIR:

- Debe estar en modo local

- El botón PARAR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- El fin de carrera superior de la compuerta no debe estar accionado
- El botón de CERRAR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- La compuerta no debe estar en mantenimiento
- La apertura de emergencia no debe estar accionada
- No debe existir falla en el sistema de izaje

Para CERRAR:

- Debe estar en modo local
- El botón PARAR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- El fin de carrera inferior de la compuerta no debe estar accionado
- El botón ABRIR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- La compuerta no debe estar en mantenimiento
- No debe existir falla en el sistema de izaje
- La apertura de emergencia no debe estar accionada

### **3.3.6.2 CLAPETA 1:**

Para ABRIR (1664,25 y 1653 m.s.n.m.):

- La apertura de emergencia no debe estar accionada
- El botón de CERRAR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- El nivel de aceite en el tanque no debe ser bajo
- El botón de PARAR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- El fin de carrera inferior de la clapeta no debe estar accionado
- Debe estar en modo local
- No debe estar en mantenimiento
- Debe estar con el Vástago (para ambos niveles)
- Debe estar con la clapeta (solo para operar desde 1664,25 m.s.n.m.)

Para CERRAR (1664,25 y 1653 m.s.n.m.):

- La apertura de emergencia no debe estar accionada
- El botón de ABRIR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)

- El nivel de aceite en el tanque no debe ser bajo
- El botón de PARAR no debe estar accionado (LOCAL o REMOTO)
- El fin de carrera superior de la clapeta no debe estar accionado
- Debe estar en modo local
- No debe estar en mantenimiento
- Debe estar con el Vástago (para ambos niveles)
- Debe estar con la clapeta (solo para operar desde 1664,25 m.s.n.m.)

### **3.3.7 ELECTROVÁLVULAS y RELÉS DE HABILITACIÓN DE COMANDOS:**

Las compuertas que conforman un vertedero están sujetas a operaciones gobernadas desde la caseta de control de la presa, la sala de control en casa de maquinas, el modo automático y desde las cotas 1653, 1664 y 1667 m.s.n.m.

Dentro de lo que concierne a la operación de la compuerta plana se energiza las bobinas de un relé marca TELEMECANIQUE de 120 Vac y 60 Hz.

Mientras que para la apertura y cierre de la clapeta se lo hace por medio de dos electroválvulas marca REXROTH MOD M-3 SE 10 C00-315 G.

#### **3.3.7.1 APERTURA, PARADA y CIERRE DE LA COMPUERTA PLANA 1:**

##### **Señales de Entrada**

Para la apertura de la compuerta plana se energiza una de las bobinas del relé **1KM2** esta señal ingresa directamente al slot de entradas digitales del modulo A-10 y realiza un enclavamiento en programación para que se proceda a abrir la compuerta plana con solo pulsar una vez el botón de abrir.

Dentro de esta línea de programación, el enclavamiento se desactivara si se deja de cumplir cualquier condición previa para la apertura de la compuerta plana.

Para la opción de parada de la compuerta plana se tiene una arreglo en serie entre las bobinas de los relés de apertura y cierre (**1KM2 y 1KM3**) existiendo dos opciones:

- Cuando se este realizando la apertura de la compuerta plana, si se presiona el botón de parada se desactiva el enclavamiento de los relés y se envía por una de las bobinas la señal hacia el slot de entradas digitales del modulo A-10.
- Cuando se este realizando el cierre de la compuerta plana, si se presiona el botón de parada se desactiva el enclavamiento de los relés y se envía por una de las bobinas la señal hacia el slot de entradas digitales del modulo A-10.

Para el cierre de la compuerta se energiza de igual forma una bobina en el relé **1KM3** que ingresa directamente al slot de entradas del modulo A-10 y realiza un enclavamiento en programación para que se proceda a cerrar la compuerta plana con solo pulsar una vez el botón de cerrar.

Internamente el modulo A-10 posee un enclavamiento lógico, tanto para la apertura como para el cierre de la compuerta plana.

Este enclavamiento lógico permite que se obtengan solo dos salidas para dicha compuerta, es decir o bien realiza la apertura o bien el cierre, y adicionalmente que se comprueben las condiciones previas (en cada ciclo del PLC) para realizar una operación, evitando así que se ejecute la operación de apertura y cierre al mismo tiempo.

### **Señales de Salida**

El modulo A-10 luego de procesar las señales para establecer una apertura o cierre de la compuerta plana, envía una señal de 24 Voltios (corriente continua).

En el slot de entradas corresponden a los cables 323 (abrir) 322 (cerrar) y 321 (parar) y en el slot de salidas del mismo modulo A-10 corresponden a los cables 434 (abrir) cuya señal alimenta al relé de abrir compuerta **1KA2** y el cable 435 (cerrar) que alimenta al relé de cerrar compuerta **1KA3** comprobando así que no existe salida para el botón de parar sino que se procesa física y lógicamente esa opción.

Se muestra la configuración de los slots de entrada-salida del modulo A-10 en los Anexos 1 y 2.

### **3.3.7.2 APERTURA, PARADA y CIERRE DE LA CLAPETA 1:**

#### **Señales de Entrada**

Para la apertura de la clapeta se acciona el pulsador **S15** (1664,25 m.s.n.m.) o **S25** (1653 m.s.n.m.) permitiendo el paso de 24 Voltios (corriente continua) hacia el slot de entradas digitales del modulo A-10.

Para el cierre se acciona el pulsador **S16** (1664,25 m.s.n.m.) o **S26** (1653 m.s.n.m.) permitiendo el paso de 24 Voltios (corriente continua) hacia el slot de entradas digitales hacia el mismo modulo.

Para la parada se acciona el pulsador **S14** (1664,25 m.s.n.m.) o **S24** (1653 m.s.n.m.) permitiendo el paso de 24 Voltios (corriente continua) hacia el slot de entradas digitales hacia el mismo modulo.

De la igual forma que en la compuerta plana, el modulo A-10 posee internamente enclavamientos para la apertura y cierre de la clapeta.

Estos enclavamientos ayudan a que se verifique en cada ciclo del PLC las condiciones previas para realizar cualquier operación.

#### **Señales de Salida**

En el caso de la compuerta clapeta una vez que el modulo A-10 internamente ejecuto la lógica de control, envía una señal de 24 Voltios (corriente continua) hacia 2 puntos:

1. Hacia una bornera de interconexión con los equipos IMPSA y hacia las electroválvulas de apertura y cierre.  
En el caso de las electroválvulas la señal de abrir sale por el cable número 755 hacia la electroválvula **1Y16** en el plano de la fig.  
La señal de cerrar sale por el cable número 754 hacia la electroválvula **1Y15** en el mismo plano y en el caso de apertura sin vástago la señal es enviada por el cable número 756 hacia la electroválvula **1Y161**.
2. Hacia los relés de repetición de señal, en el caso de apertura de clapeta es el relé **1KA100** y en el caso de cierre es el relé **1KA110**.  
Estas señales salen del modulo A-10 por los cables 801 (abrir) y 802 (cerrar) respectivamente.

Se muestra la configuración de los slots de entrada-salida del modulo A-10 en los anexos.

### **3.3.7.3 MANTENIMIENTO:**

**CLAPETA 1:** Cuando es necesario realizar un mantenimiento de la clapeta se procede a seleccionar la opción de mantenimiento en el selector **1S107** ubicado en el nivel 1664,25 m.s.n.m. con lo cual se envía una señal de 24 Voltios (corriente continua) por el cable numero 665, al slot de entradas del modulo A-10.

El modulo A-10 una vez procesado dicha información enviará por el cable numero 866 del slot de salidas digitales una señal de 24 voltios (corriente continua) la cual energizará el indicador H107.

**COMPUERTA PLANA 1:** El tablero de control local para la compuerta plana 1 se encuentra en la cota 1667 m.s.n.m. en ese lugar se encuentra el selector **1S207** el cual envía una señal de 24 voltios (corriente continua) hacia el slot de entradas digitales por el cable numero 314.

Luego el modulo A-10 procesa la información y envía una señal, de las mismas características que la de entrada, por el cable numero 764 hacia el indicador H307.



## **CAPITULO IV**

### **IMPLEMENTACION Y DESARROLLO EN EL MÓDULO A-10**

#### **4.1 CONEXIÓN E INSTALACION DEL MODULO A-10**

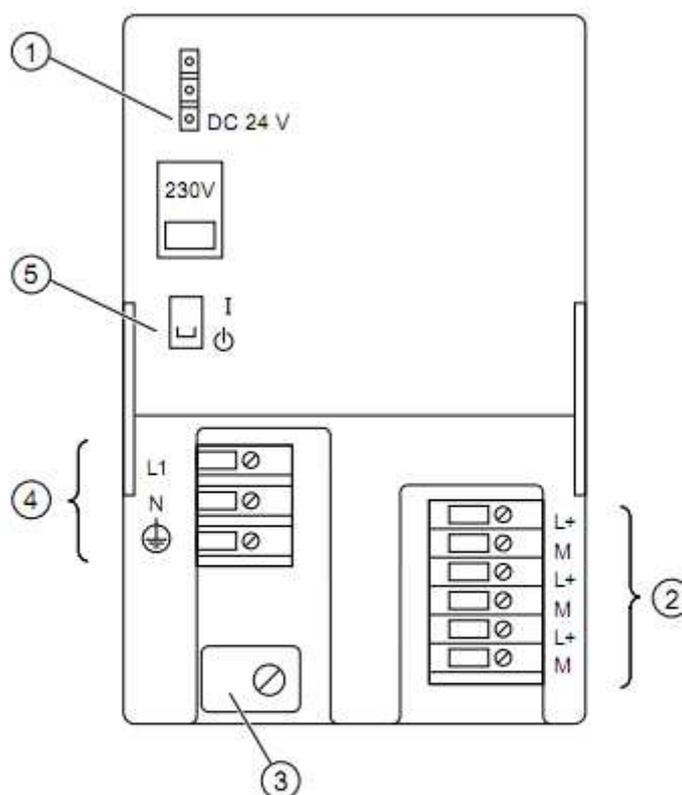
En este capitulo se describe la conexión eléctrica de las diferentes partes del módulo A-10 o conocido como módulo manual dentro de la lógica de control de vertederos de la represa Agoyán.

#### **4.2 CABLEADO DE LA FUENTE DE ALIMENTACION Y DEL CPU**

Para alimentar el S7-300 y los sensores/actuadores con 24 V c.c. se dispone dentro del sistema S7-300 de la fuente de alimentación PS 307 1EA00-0AA0.

La fuente de alimentación PS 307; 5 A tiene las siguientes propiedades:

- Intensidad de salida 5 A
- Tensión nominal de salida 24 V DC, estabilizada, a prueba de cortocircuitos marcha en vacío
- Acometida monofásica (tensión nominal de entrada 120/230 V AC, 50/60 Hz)
- Separación eléctrica segura según NE 60 950
- Puede utilizarse como fuente de alimentación de carga



- ① Indicador de "Tensión de salida 24 V DC aplicada"
- ② Bornes para tensión de salida 24 V DC
- ③ Alivio de tracción
- ④ Bornes para tensión de red y conductor de protección
- ⑤ Interruptor On/Off para 24 V DC
- ⑥ Selector de tensión de red

Figura IV-49. Cableado de la Fuente de Alimentación y del CPU.



Figura IV-50. Cableado de la Fuente de Alimentación y del CPU.

La fuente de alimentación de la CPU puede incorporar una batería tipo tampón, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa de usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómata.

El cableado se lo realiza de la siguiente forma:

Nº	Gráfico	Descripción
1		Abrir las tapas frontales de la fuente de alimentación y la CPU.
2		Soltar la abrazadera de protección contra los tirones en el cable de la fuente de alimentación.
3		Pele el cable de red, dado el caso, enganchar las punteras (en caso de cable multifilar) y conecte en la fuente de alimentación.
4		Apretar las abrazaderas anti tirones para el cable.
5		Insertar dentro de la fuente de alimentación y la CPU dos cables y atomillar.
6		Controlar si el selector de la tensión de red esta en la posición correcta para el caso de aplicación. La fuente de alimentación viene ajustada desde la fábrica con una tensión de red de 230 V AC para cambiar se procede de la siguiente forma: levantar la tapa de protección usando un destornillador ajustar el selector a la tensión de la red presente y vuelva a insertar la tapa de protección.

Figura IV-51. Conexión del cableado paso a paso.

### 4.3 CONEXIÓN Y CABLEADO DEL MÓDULO

Las señales que se presentan en el módulo pueden ser análogas o digitales, el autómata trata las señales a medida que estas se van presentando.

### **Módulo de Entradas Digitales:**

Los módulos de entradas digitales convierten las señales digitales externas del proceso al nivel interno del autómata.

Por ejemplo, se van a utilizar fines de carrera con una tensión de 24 Vdc. se debe elegir el módulo de entrada de 24 Voltios que le ofrece 16 o 32 entradas y conecta los sensores con separación galvánica y en grupos de 8 entradas con contacto común.

Para las señales de corriente alterna de 120 o de 220 Voltios existe un módulo de 8 canales que se encarga de traducir las señales para que el autómata las pueda leer.

### **Módulo de Salidas Digitales:**

Los módulos de salidas digitales convierten las señales internas del S7-300 en señales externas adaptadas al proceso.

Por ejemplo en el caso de conectar electroválvulas, contactores, motores, lámparas, etc. se requerirá de uno de estos módulos.

Si es el caso de actuadores de 24 Vdc. para actuadores, electroválvulas, etc. el autómata ofrece varias alternativas desde módulos de 16 a 32 canales y 0,5 A. con separación galvánica hasta módulos de relé de 8 a 16 canales.

### **Módulo de Entradas Análogas:**

Este módulo convierte las señales analógicas en señales digitales, las cuales el autómata requiere para procesar internamente. Se puede conectar sensores y emisores de señal de tipo tensión o intensidad, resistencia, así como termopares o termoresistencias, y se puede elegir módulos que van desde los 2 a 8 canales.

### **Módulo de Salidas Analógicas:**

Este módulo convierte las señales internas del S7-300 en señales analógicas para el proceso, es una herramienta esencial y especial para convertidores de frecuencia, regulaciones, etc.

Dispone de 2 o 4 canales y tiene una resolución de 4 bits, con posibilidad de configuración para señales tipo tensión o corriente.

### **Módulo de Interconexión o Interface:**

Estos módulos permiten la comunicación entre los distintos Racks, se encuentran IM 360, IM 361, IM 365.

a) El módulo de interfaz IM 360 presenta las propiedades siguientes:

- Interfaz para el bastidor 0 del S7-300
- Intercambio de datos entre el IM 360 y el IM 361 vía cable de conexión 368
- Distancia entre el IM 360 y el IM 361: máx. 10 m

b) El módulo de interfaz IM 361 presenta las propiedades siguientes:

- Tensión de alimentación 24 V c.c.
- Interfaz para los bastidores 1 a 3 del S7-300
- Corriente suministrada a través del bus posterior del S7-300: máx. 0,8 A
- Intercambio de datos entre IM 360 e IM 361 ó entre dos IM 361 vía cable de conexión 368
- Distancia entre el IM 360 y el IM 361: máx. 10 m
- Distancia máxima entre dos IM 361: 10 m

c) El módulo de interfaz IM 365 presenta las propiedades siguientes:

- Pareja de módulos pre equipados para los bastidores 0 y 1
- Alimentación de 1,2 A en total, de ellos cada bastidor puede utilizar un máximo de 0,8 A
- Cable de conexión de 1 m ya fijo
- En el bastidor 1 sólo pueden montarse módulos de señales
- El IM 365 no conduce el bus de comunicación hacia el bastidor 1, es decir los FMs con función de bus de comunicación no se pueden enchufar en el bastidor 1.

### 4.3.1 CABLEADO DEL MÓDULO ANALÓGICO

El cableado de un transductor de valor analógico depende de su tipo y no del módulo SM331.

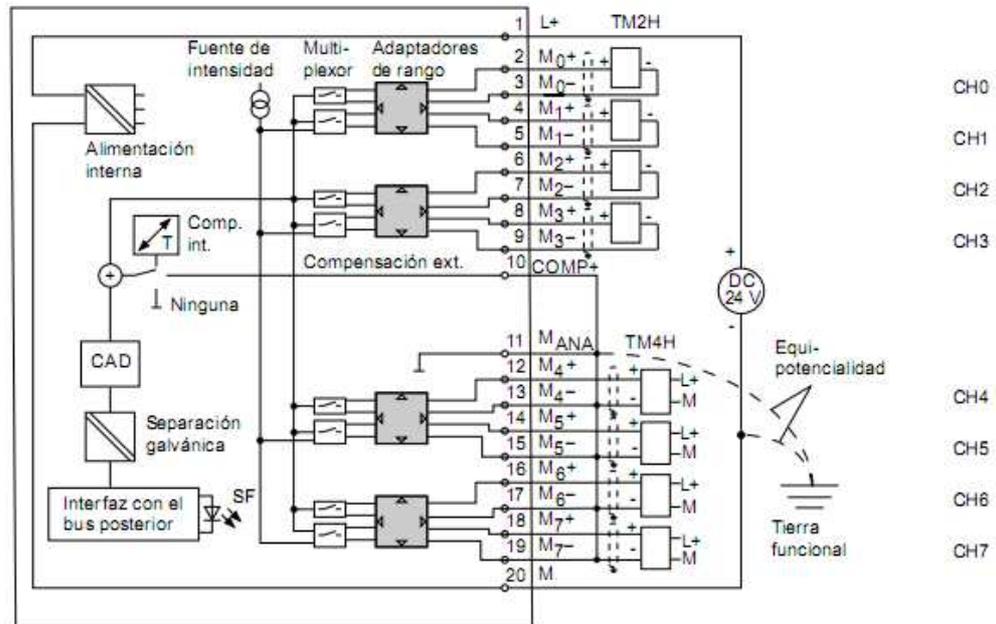


Figura IV-52. Esquema de conexiones para transductores de Intensidad a 2 Hilos y a 4 Hilos.

Se debe conectar primeramente la fuente de alimentación, luego conectar los transductores ya sea de 2 hilos o de 4 hilos hacia cada canal del módulo.

Se debe conectar los canales no utilizados con resistencias o a su vez cortocircuitar los canales no utilizados hacia masa.

### **4.3.2 ENCENDER LA ALIMENTACION**

Para comprobar el cableado se debe encender la alimentación del PLC, el cableado debe ser realizado con la CPU en modo STOP.

Si es el caso en que un led indicador del PLC se encienda en color rojo existe un error de cableado,

### **4.3.3 PRINCIPIO DE CABLEADO DE TRANSDUCTORES DE INTENSIDAD**

Dependiendo del transductor de medida que se utilice, hay que adaptar el cableado de la fuente de alimentación. Se distingue entre el cableado de un transductor de medida de intensidad a 2 hilos y el cableado de un transductor de medida de intensidad a 4 hilos.

#### **4.3.3.1 PRINCIPIO DE CABLEADO DE UN TRANSDUCTOR DE INTENSIDAD A 2 HILOS**

Este tipo de transductor de medida recibe corriente del propio módulo de entradas analógicas.

Esto se debe gracias a la alimentación que tiene el SM331 desde la Power Supply (PS) del PLC S7-300.

Una vez seteado la configuración a 2 hilos el PLC la reconoce y procede a alimentar a dicho canal del Slot de entradas análogas.

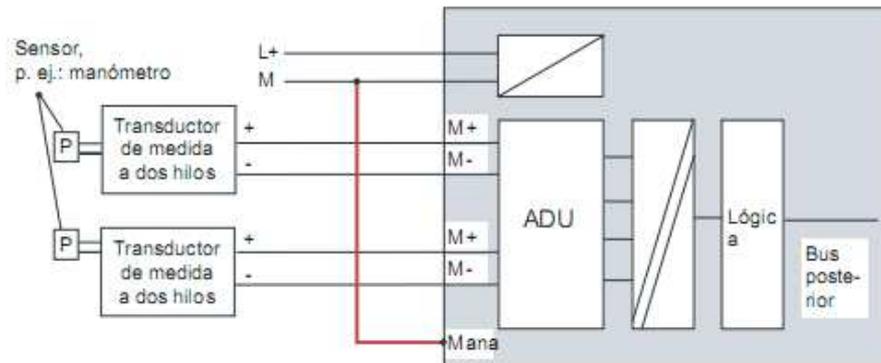


Figura IV-53. Esquema de conexión para transductor de intensidad a 2 hilos.

#### 4.3.3.2 PRINCIPIO DE CABLEADO DE UN TRANSDUCTOR DE INTENSIDAD A 4 HILOS

A diferencia de la variante a 2 hilos, este tipo de transductor de medida dispone de una fuente de alimentación propia.

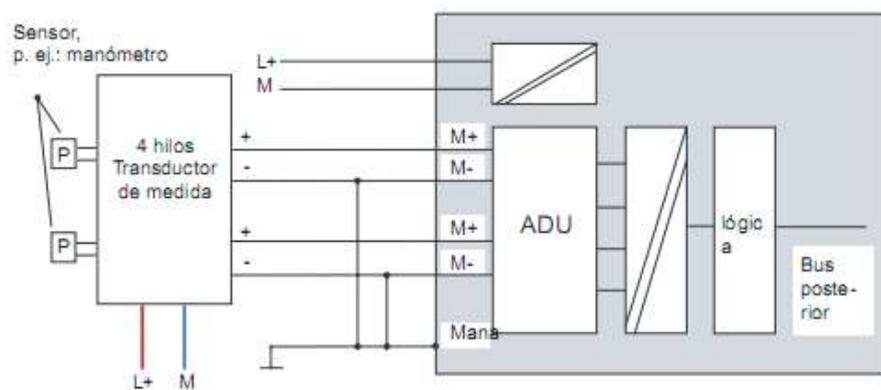


Figura IV-54. Esquema de conexión para transductor de intensidad a 4 hilos.

Antes de proceder al montaje del SM331, se monta el conector frontal en el módulo y se ajusta el tipo de medición deseado de las entradas.

Un módulo analógico que funcione correctamente se compone de los siguientes componentes:

- Módulo SM331 (en nuestro ejemplo un 6ES7331-7KF02-0AB0)
- Conector frontal de 20 pines. El conector frontal está disponible en 2 variantes:
  - Con contactos de tornillo (referencia 6ES7392-1AJ00-0AA0)



Figura IV-55. Módulo SM 331 con sus componentes.

#### 4.3.4 ADAPTADORES DE MARGEN DE MEDIDA

El módulo SM331 posee 4 adaptadores del margen de medida (uno por grupo de canales).

El adaptador del margen de medida se puede colocar en 4 posiciones distintas

(A, B, C o D).

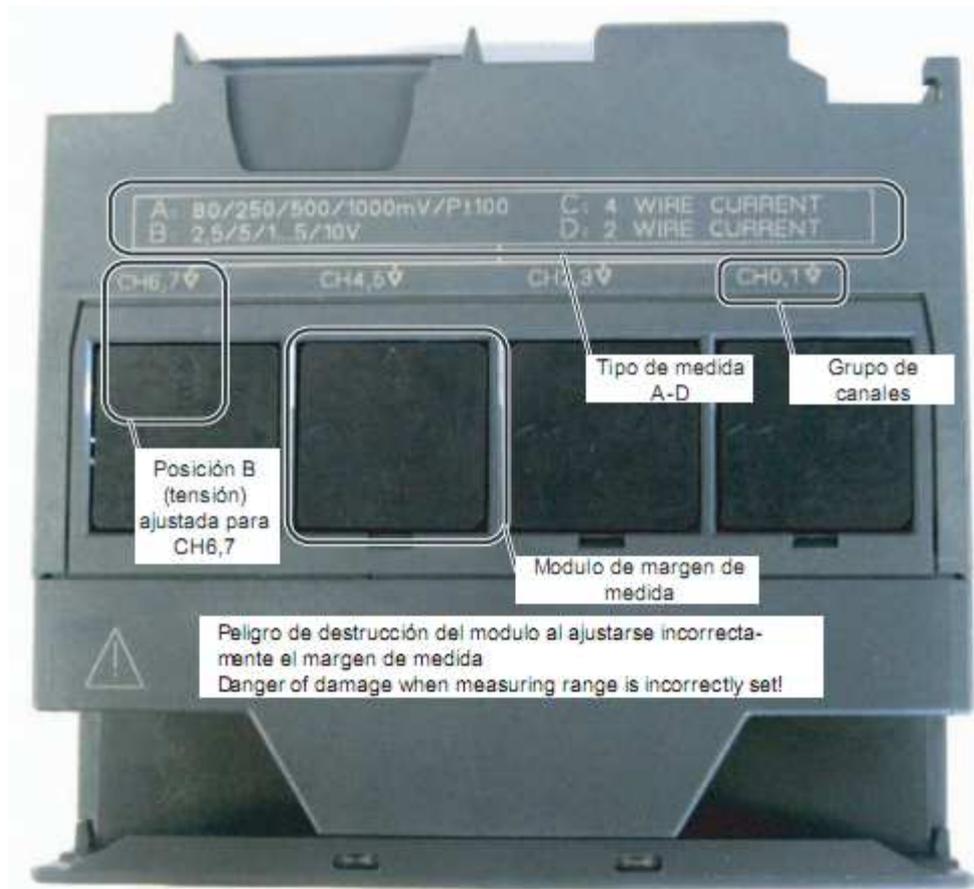


Figura IV-56. Adaptadores de margen de medida.

Con la posición se establece qué transductor de medida se conectará al respectivo grupo de canales.

Posición	Tipo de medida
A	Termopar / medida de resistencia
B	Tensión (ajuste de fábrica)
C	Intensidad (transductor de medida a 4 hilos)
D	Intensidad (transductor de medida a 2 hilos)

### Posicionamiento de los Captadores de Medida:

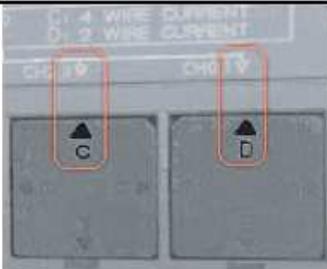
Paso	Gráfico	Descripción
1		Extraiga los dos adaptadores del margen de medida con un destornillador
2		Gire los adaptadores a la posición deseada:
3		Vuelva a colocar los adaptadores del margen de medida en el módulo

Figura IV-57. Procedimiento para cambiar los adaptadores de margen de medida.

### 4.4 MONTAJE DEL MÓDULO ANALÓGICO

Una vez preparado los componentes del SM331 se procede a montarlo sobre el perfil soporte:

Paso	Gráfico	Descripción
1		Montaje del SM331: <ul style="list-style-type: none"><li>• Cuelgue el SM331 del perfil soporte</li><li>• Desplácelo hacia la izquierda hasta la CPU</li><li>• Abátalo hacia abajo</li><li>• y atorníllelo por abajo al perfil soporte</li></ul>
2		Montaje del conector frontal: <ul style="list-style-type: none"><li>• Pulse sobre el botón superior del conector frontal</li><li>• Desplace el conector hacia el módulo hasta que el botón del conector quede enclavado en la posición superior.</li></ul>

Figura IV-58. Descripción para el montaje del SM 331.

Desde el punto de vista mecánico, la instalación del ejemplo está completamente montada.

El diseño simple del S7-300 permite que sea flexible fácil de usar, es así que para el montaje de la CPU como de sus módulos de entradas, salidas y funciones de comunicación posee rieles de montaje DIN.

Estos rieles de montaje DIN permiten a cada módulo ser enganchados en la parte superior del riel y luego abanicarla hacia abajo, para posteriormente atornillarlo tanto en la parte superior como inferior.

En cuanto a la interconexión de módulos, estos llevan incorporados el bus posterior, lo cual se necesita simplemente enchufar los conectores de bus suministrados en la parte posterior del módulo y así poder conectar módulos consecutivamente.

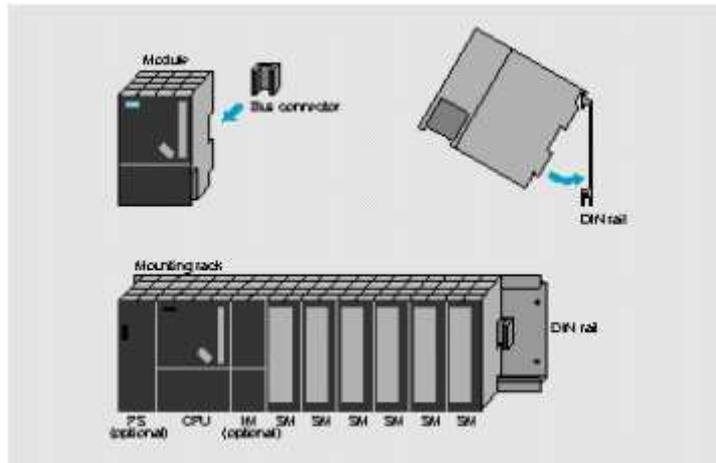


Figura IV-59. Esquemático del montaje del SM 331.

Las prestaciones de la CPU 314, permite conectar hasta 32 módulos repartidos en 4 racks, para interconectar los racks es necesario los módulos IM o módulos de interface.

Estos módulos de interface se encargan por si solos de comunicar las demás filas.

Los módulos de interconexión son dos: el IM 360 y el IM361.

El IM 360, se sitúa en la fila o rack central y por cada rack o fila adicional se coloca un IM 361.

Si es el caso de que solamente se necesite una pareja de módulos se coloca en su lugar un IM 365 en ambas filas o racks.

Un total de 32 módulos pueden ser conectados en 4 racks, de los cuales 3 racks de expansión pueden ser conectados al rack central.

Cada rack contiene su propio módulo de interface, y este es siempre conectado a la ranura adyacente a la de la CPU.

La distancia máxima entre racks es de 10 metros, y adicionalmente los racks pueden ser instalados horizontal o verticalmente dependiendo de la necesidad y optimización del espacio físico del armario de conexiones.

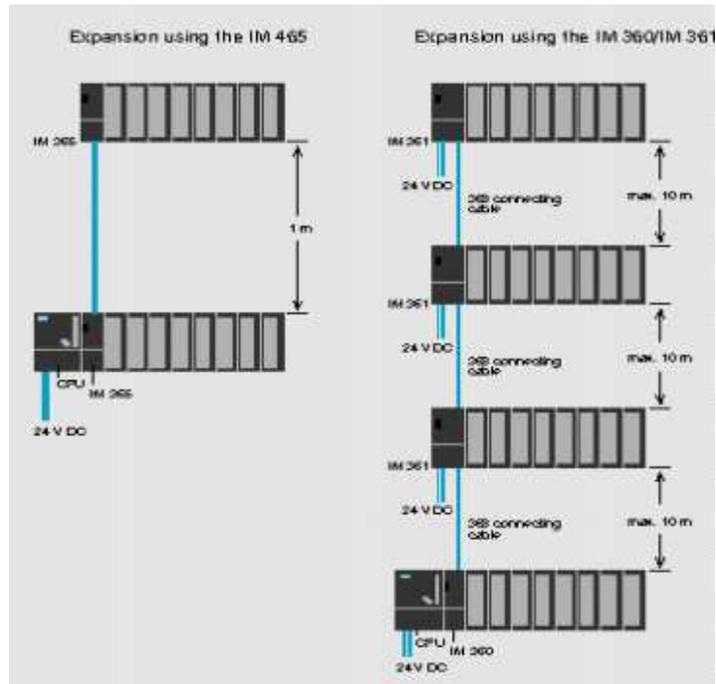


Figura IV-60. Posibilidades de expansión del PLC S7-300.

#### 4.5 PROPIEDADES DEL MÓDULO ANALÓGICO

El módulo es un módulo analógico universal construido para los casos de aplicación más usuales.

El tipo de medición deseado debe ajustarse directamente en el módulo con los adaptadores del margen de medida.

- 8 entradas en 4 grupos de canales (dos entradas del mismo tipo por cada grupo)
- Resolución del valor medido configurable por cada grupo de canales
- Cualquier elección del margen de medida por cada grupo de canales:
  - Tensión
  - Intensidad
  - Resistencia

– Temperatura

- Alarma de diagnóstico parametrizable
- Dos canales con alarmas de valor límite (parametrizables únicamente canal 0 y canal 2)
- Con aislamiento galvánico con respecto a la interface del bus posterior
- Con aislamiento galvánico con respecto a la tensión de carga (excepción: Como mínimo un adaptador del margen de medida se encuentra en la posición D)

#### **4.6 CONEXIÓN A UNA PC**

La programación del PLC es realizada en un PC (Personal Computer) y el programa que a sido instalado previamente en la PC permite la descarga al controlador del programa que ejecute el control y supervisión de los vertederos de la represa Agoyán.

El programa es el STEP 7, propio de SIEMENS, y permite la configuración Hardware como Software necesarias para el funcionamiento de un PLC.

#### **4.7 PROGRAMA DE USUARIO STEP 7**

Para la elaboración del programa que permita controlar y supervisar las compuertas del Vertedero 1 se hace uso de un Software propio de Siemens llamado Simatic STEP 7.

- a) Como requisitos Hardware para la correcta instalación del STEP 7 es necesario que para el sistema operativo Windows XP Professional se disponga de al menos 512MB de memoria RAM, y un procesador de al menos 600 MHz.

En Windows Server 2003 su PC precisa de al menos 1 GB de RAM y un procesador de al menos 2.4 GHz.

En Windows 7 su PC precisa de al menos 1 GB de RAM y un procesador de al menos 1 GHz (ampliación de memoria recomendada de 2 GB).

- b) Como requisitos Software STEP 7 versión V5.5 se ha liberado para los siguientes sistemas operativos:

MS Windows 7 32 Bit Ultimate, Professional y Enterprise (instalación Standard).

MS Windows XP Professional SP2 o SP3.

MS Windows Server 2003 SP2 / R2 SP2 standard edition como estación de trabajo.

El software STEP 7 se ha liberado para Windows XP Professional 32 bits.

No es posible la instalación en Windows XP Professional X64 (edición de 64 bits).

#### **4.7.1 CREAR UN NUEVO PROYECTO**

Para configurar la nueva CPU 314 se utiliza el Administrador SIMATIC con STEP 7 V5.4.

Al iniciar el Administrador SIMATIC con el icono "SIMATIC Manager" que se encontrará en el escritorio de Windows se empieza a cargar el STEP 7 con lo cual se visualiza el asistente del STEP 7 el cual nos permitirá crear un Nuevo proyecto.

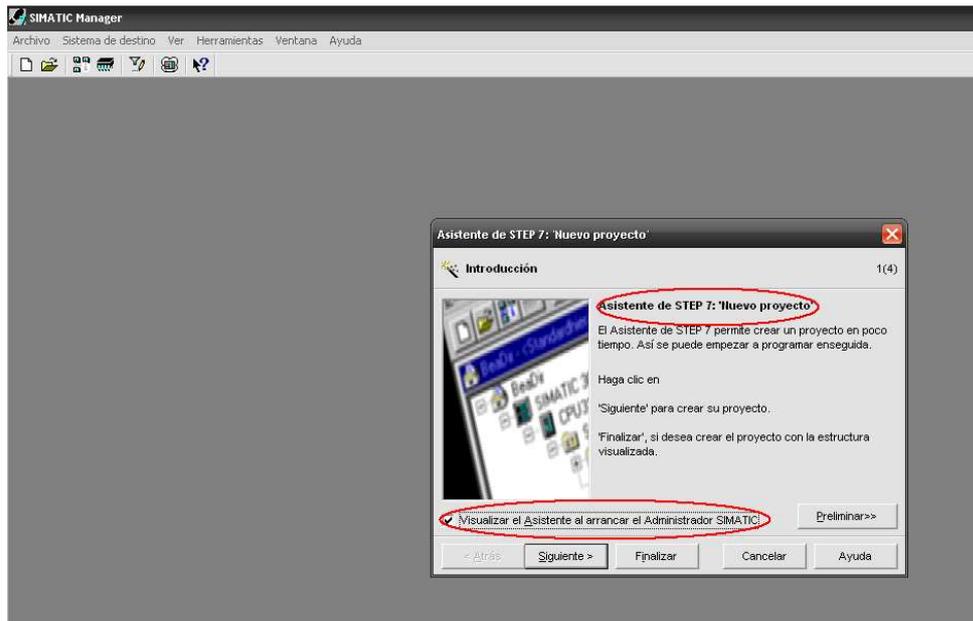


Figura IV-61. Pantalla de inicio del STEP 7.

Durante la creación del nuevo proyecto se debe definir obligatoriamente el tipo de CPU, la dirección MPI, el bloque OB1 de usuario y el nombre del proyecto.

#### 4.7.2 SELECCIÓN DE CPU

Luego de que aparece el asistente del STEP 7 y se da click en siguiente, se procede a seleccionar el tipo de CPU para el PLC Siemens S7-300:

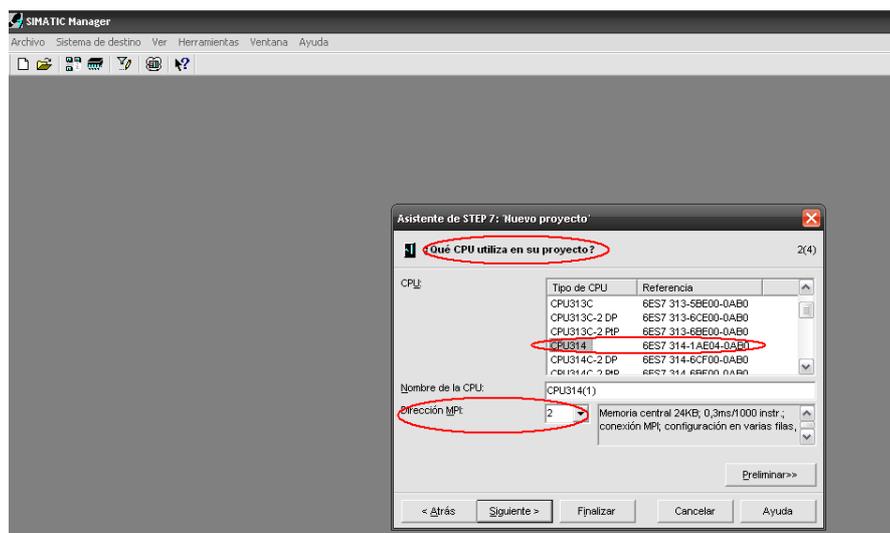


Figura IV-62. Selección de la CPU.

### 4.7.3 DEFINIR EL PROGRAMA BÁSICO DE USUARIO

Elegir el lenguaje de programación y seleccionar el bloque de organización (OB1), durante el desarrollo del proyecto en el STEP 7 si la necesidad fuera añadir un bloque de usuario específico se lo puede realizar en ese instante sin ninguna dificultad.

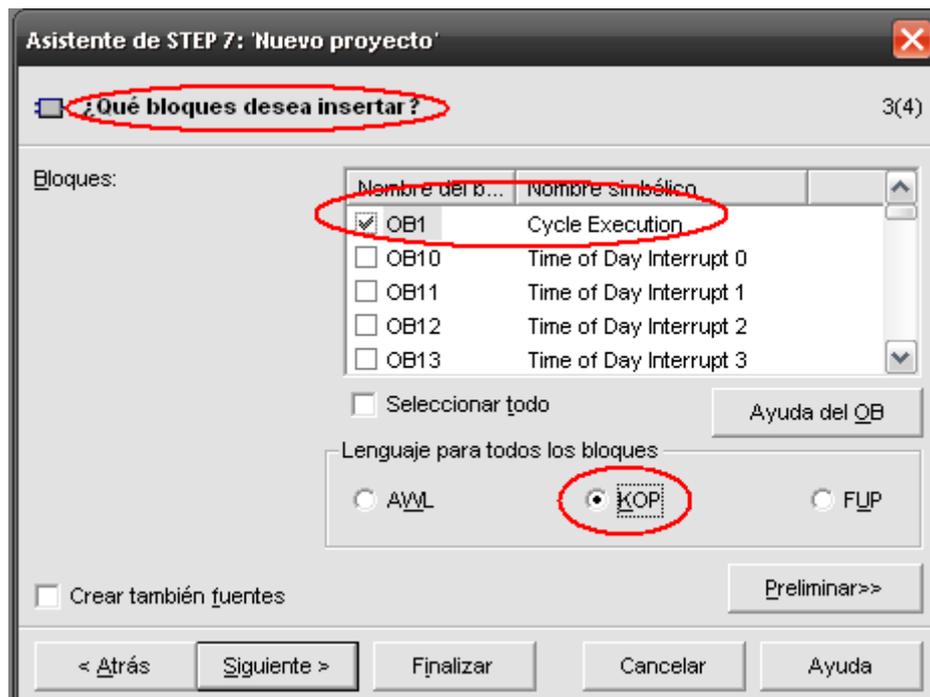


Figura IV-63. Selección del lenguaje a utilizar.

### 4.7.4 ASIGNACION DE NOMBRE DE PROYECTO

Una vez colocado el nombre de nuestro proyecto se da click en finalizar y posteriormente se creará automáticamente el proyecto S7.

Automáticamente se abrirá el nuevo proyecto creado, con el hardware especificado; solamente el CPU, las entradas y salidas tanto digitales como análogas hay que añadirlas.

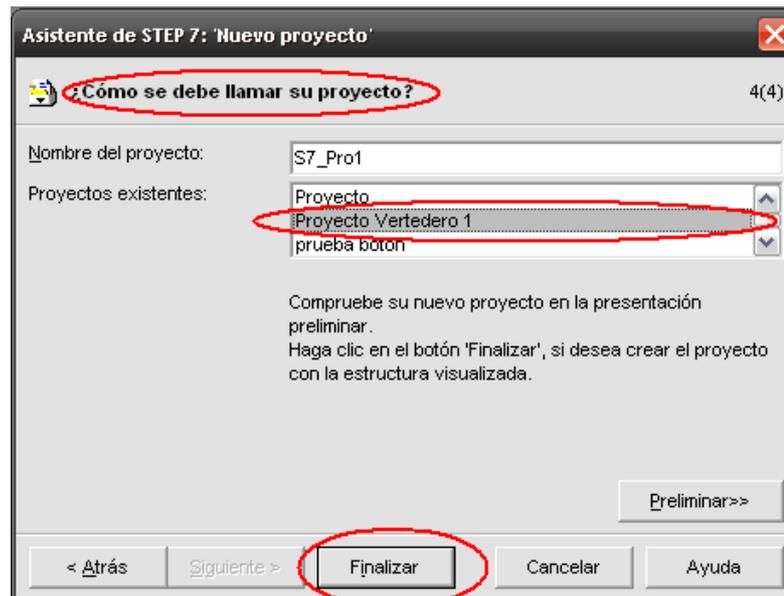


Figura IV-64. Nombre del Proyecto creado.

#### 4.7.5 PROYECTO S7 RESULTANTE

El asistente ha creado el proyecto "Proyecto Vertedero 1". En la ventana derecha se ve el bloque de organización.

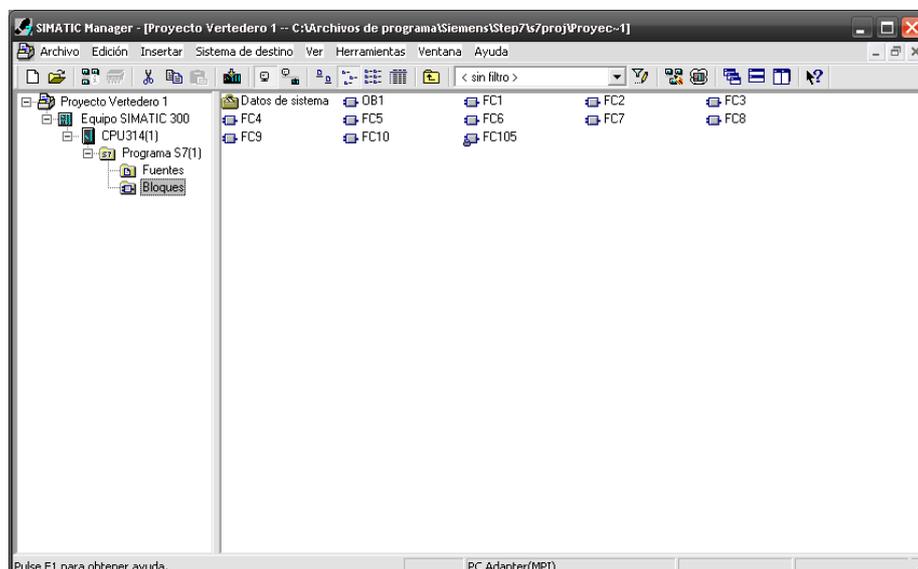


Figura IV-65. Ventana Resultante del proyecto creado.

## 4.8 CREAR LA CONFIGURACION HARDWARE

El asistente STEP7 ha creado un proyecto S7. Además se requiere una configuración hardware completa para poder generar los datos de sistema para la CPU.

La configuración hardware de la instalación del ejemplo se crea con ayuda del Administrador SIMATIC.

Para ello seleccione en la ventana izquierda la carpeta "Equipo SIMATIC 300" e inicie en la ventana derecha la configuración hardware con un doble clic en la carpeta "Hardware".

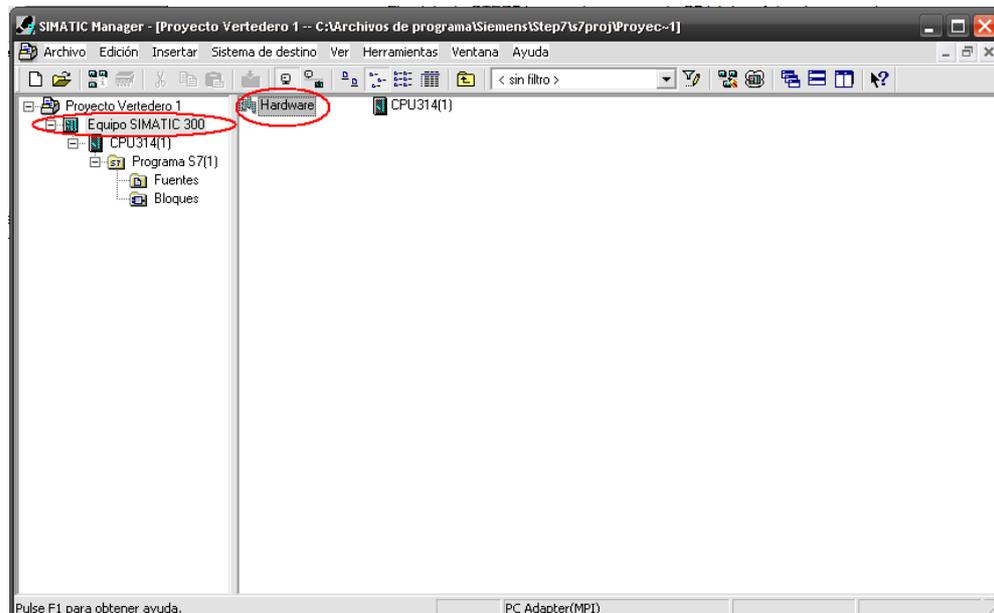


Figura IV-66. Navegación dentro del programa creado.

Una vez seleccionada la opción Hardware, abrimos la configuración dándole click.

### 4.8.1 AÑADIR COMPONENTES SIMATIC

Para añadir componentes hardware al proyecto, es necesario colocarse al lado derecho de la ventana y seleccionar la carpeta PS 300 para el caso de fuentes de alimentación para PLC's S7-300.

En el caso de módulos digitales o analógicos se debe colocar sobre la carpeta SM 300 dentro de la cual se encuentran todos los módulos digitales y analógicos que se pueden añadir a un PLC S7-300.

Existen numerosos módulos analógicos SM331. Para este proyecto utilizaremos el SM331, AI8x12Bit con la referencia 6ES7 331-7KF02-0AB0.

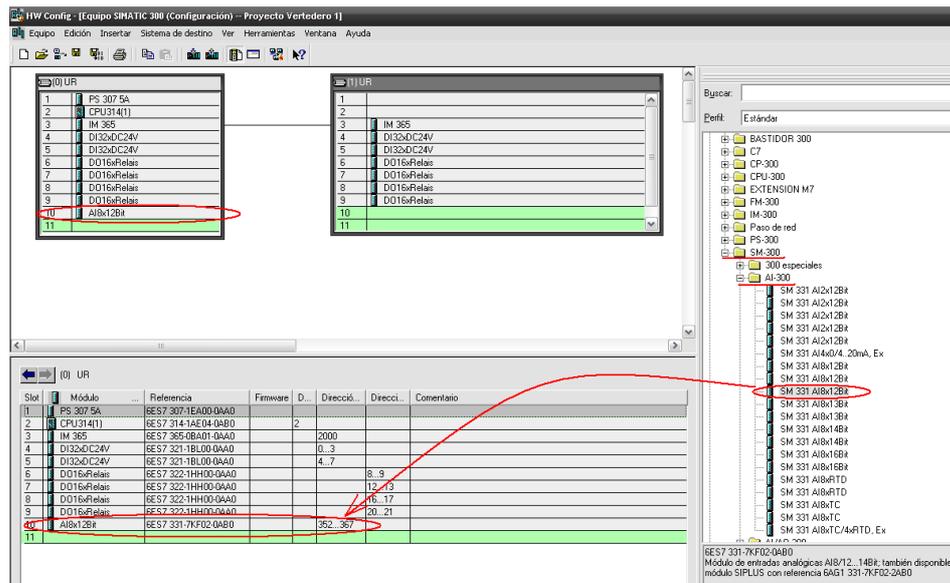


Figura IV-67. Añadir componentes al Proyecto.

### 4.8.2 PARAMETRIZACION DEL MÓDULO ANÁLOGO SM 331

El módulo analógico es insertado por el Administrador SIMATIC con los ajustes predeterminados.

Ahora se puede modificar la parametrización para configurar los tipos de sensores, y el diagnóstico necesario para cada canal.

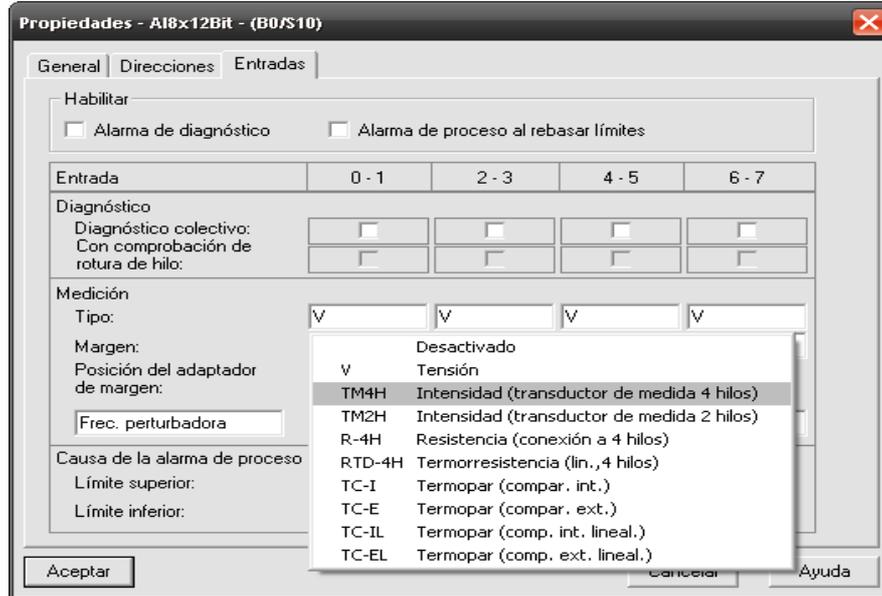


Figura IV-68. Parametrización del módulo análogo.

Funcionalidades	Descripción
Reacciones del proceso	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diagnóstico – activo</li><li>• Alarma de proceso para rebase de límite - activa</li></ul>
Sensor 1 2 & 3	<ul style="list-style-type: none"><li>• Transductores de medida de intensidad a 4 hilos</li><li>• Diagnóstico colectivo</li><li>• Valores límite 4 mA y 20 mA</li></ul>

### Explicación de los distintos ajustes

#### Tipo de medida:

TM2H y TM4H significan: transductor de medida a 2 hilos y transductor de medida a 4 hilos.

- - - significa que estos canales están desactivados. Si desactiva canales se procesarán más rápidamente los canales restantes.

#### Adaptadores del margen de medida

Se muestra la posición necesaria de los adaptadores del margen de medida.

### **Frecuencia perturbadora (supresión de frecuencias perturbadoras)**

La frecuencia de la red de tensión alterna puede repercutir negativamente en el valor medido, especialmente en la medición en pequeños rangos de tensión y en termopares.

Con este parámetro se especifica la frecuencia de red existente en la instalación.

Este parámetro influye también en la resolución, el período de integración y el tiempo de ejecución básico del grupo de canales.

- Resolución (precisión)

El valor analógico se almacena en una palabra de 16 bits.

- Periodo de integración

El módulo requiere un cierto tiempo para medir la señal analógica. Este tiempo se denomina período de integración.

Cuanto mayor sea la precisión requerida, tanto más tiempo necesitará el módulo para leer la señal.

- Tiempo de ejecución básico

Además del período de integración, el módulo requiere un cierto tiempo para representar los valores binarios.

<b>Resolución</b>	<b>Supresión de frecuencias perturbadoras</b>	<b>Periodo de integración</b>	<b>Tiempo de ejecución básico</b>
9 bit	400 Hz	2,5 ms	24 ms
12 bits	60 Hz	16,6 ms	136 ms
12 bits	20 Hz	20 ms	176 ms
14 bits	10 Hz	100 ms	816 ms

Figura IV-69. Relación entre resolución, frecuencia perturbadora, período de integración.

### **Finalización de la configuración hardware:**

Cerrar la ventana con los parámetros

Compilar y guardar a continuación el proyecto con Equipo > Guardar y compilar (Ctrl+S).

Con ello se habrá terminado la configuración hardware del proyecto.

## **CAPITULO V**

### **IMPLEMENTACION Y DESARROLLO DE LA HMI**

SIMATIC HMI ofrece una amplia gama de posibilidades para realizar las múltiples tareas del operador. Con SIMATIC HMI se podrá controlar el proceso en cada momento y mantener en funcionamiento las máquinas e instalaciones.

Sistemas SIMATIC HMI sencillos son, por ejemplo, los paneles táctiles incorporados en las proximidades de la máquina.

Los sistemas SIMATIC HMI que se emplean para controlar y supervisar las instalaciones de producción constituyen la parte principal de esta amplia gama de posibilidades.

WinCC flexible es el software HMI para conceptos de automatización del ámbito industrial de Siemens.

SIMATIC WinCC flexible es el innovador software HMI, ejecutable en Windows, para todas las aplicaciones a pie de máquina en el ámbito de la construcción de maquinaria, maquinaria de serie e instalaciones.

La gama de paneles de mando abarca desde los Micro Panels, que están pensados para aplicaciones con controladores SIMATIC S7-200, hasta soluciones locales con SIMATIC Panel PC o PC.

### 5.1 DESCRIPCION DEL SOFTWARE: WinCC Flexible Engineering System

WinCC Flexible es el Engineering System para todas las tareas de configuración. WinCC Flexible presenta una estructura modular.

Con cada nueva edición se amplía el número de equipos de destino compatibles y las funciones de WinCC Flexible, Figura.

Es posible actualizar la edición en cualquier momento utilizando un Powerpack.

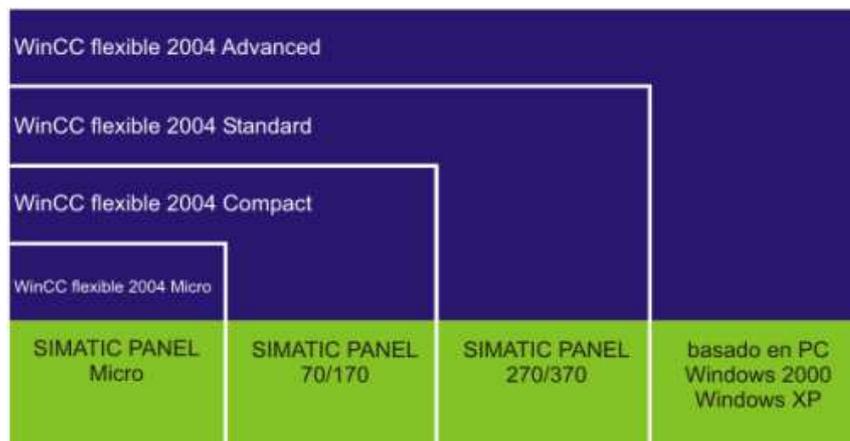


Figura V-70. Versiones de WinCC Flexible y utilización.

WinCC Flexible abarca todo tipo de funciones de configuración, desde la utilización de Micro Panels hasta la visualización en PC. De este modo, las prestaciones de WinCC Flexible son comparables a las de ProTool o TP-Designer. Además, WinCC Flexible permite seguir utilizando los proyectos anteriores de ProTool.

Cuando se crea un nuevo proyecto en WinCC Flexible o se abre un proyecto anterior, en la pantalla del equipo de configuración aparece la estación de trabajo de WinCC Flexible.

En la ventana de proyecto se administra el proyecto y se visualiza su estructura.

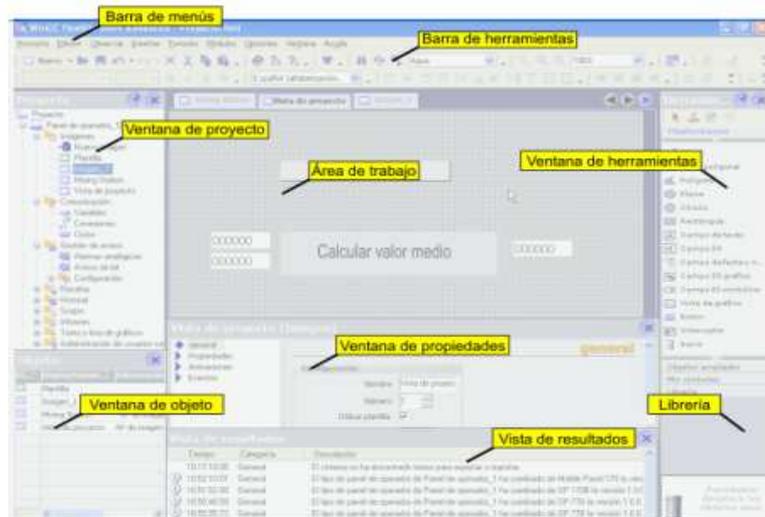


Figura V-71. Ventana inicial del WinCC Flexible.

WinCC Flexible incluye un editor específico para cada tarea de configuración. Por ejemplo, la interfaz gráfica de usuario de los paneles de operador se configura en el editor "Builder".

Para configurar los avisos se emplea p. ej. el editor "Avisos de bit".

Todos los datos de configuración pertenecientes a un mismo proyecto se almacenan en la base de datos del proyecto.

### 5.1.1 WINCC FLEXIBLE RUNTIME

El software de runtime se suministra con el panel de operador o se adquiere por separado con el software WinCC flexible Runtime 2007.

En runtime, el usuario puede manejar y observar el proyecto. Las tareas más frecuentes son:

- Comunicación con los sistemas de automatización.

- Visualización de las imágenes en pantalla.
- Manejo de procesos, p. ej., mediante introducción de valores teóricos o la apertura y el cierre de válvulas.
- Archivar los datos actuales de runtime, como valores de proceso y eventos de avisos.

### **5.1.2 FUNCIONALIDAD DE WINCC FLEXIBLE RUNTIME**

Según la licencia adquirida, WinCC flexible Runtime permite utilizar un número determinado de variables de proceso ("Powertags"):

- WinCC flexible Runtime 128: Soporta 128 variables de proceso
- WinCC flexible Runtime 512: Soporta 512 variables de proceso
- WinCC flexible Runtime 2048: Soporta 2.048 variables de proceso

La cantidad de variables de proceso se puede ampliar con un Powerpack.

Se denominan PowerTags exclusivamente a las variables de proceso que poseen una conexión con el PLC.

Además de ellas se dispone de otras variables sin conexión con el proceso, límites constantes de variables y avisos (hasta un máximo de 4000), que son prestaciones adicionales del sistema.

### **5.1.3 POWERPACKS**

Los Powerpacks permiten aumentar el número de PowerTags utilizables. Por tanto, WinCC flexible crece al ritmo de su aplicación.

Así, no hay problema en empezar con la variante más pequeña, ya que siempre se podrá aumentar el tamaño gracias a nuestros atractivos Powerpacks.

Los Powerpacks también le ofrecen la posibilidad de actualizar el software de ingeniería, p. ej., si además de Panels y Multi Panels

(WinCC flexible Standard) se desean usar también soluciones basadas en PC (WinCC flexible Advanced).

#### **5.1.4 POSIBILIDADES DE CONEXIÓN**

Por conexión se entiende el intercambio de datos entre dos interlocutores. Los interlocutores pueden estar interconectados a través de un enlace directo o en una red.

- a SIMATIC S7 mediante PPI, MPI, PROFIBUS DP y PROFINET (TCP/IP)
- a SIMATIC S5 y SIMATIC 500/505 (no bajo MS Vista)
- a SIMOTION y SINUMERIK
- los drivers para PLC de los principales fabricantes, entre ellos: Uni-Telway
- (Telemecanique) o Ethernet/IP (Allen-Bradley)

Así como la comunicación no propietaria a través de OPC garantizan la conexión correcta a las más diversas soluciones de automatización.

#### **5.1.5 REQUISITOS DEL SISTEMA**

A continuación se muestra en la figura 72 los requisitos básicos para la instalación y correcto funcionamiento del software WinCC Flexible 2007.

Requisitos del sistema	
<b>Sistemas operativos</b>	Windows XP Professional (32 Bit) SP2 Windows XP Embedded Windows Vista Business (32 Bit) Windows Vista Ultimate (32 Bit) Para WinCC flexible Micro: Windows XP Home
<b>Procesador</b>	
• con Windows XP, mínimo:	300 MHz
• con Windows XP, recomendado:	≥ Pentium III, 500 MHz
• con Windows Vista, mínimo:	1 GHz
• con Windows Vista, recomendado:	≥ 1 GHz
<b>Controlador gráfico</b>	
Resolución:	640 x 480 ... 1600 x 1200 (SVGA)
<b>RAM</b>	
• con Windows XP, mínimo:	128 Mbytes
• con Windows XP, recomendado:	≥ 512 Mbytes
• con Windows Vista, mínimo:	1 Gbytes
• con Windows Vista, recomendado:	≥ 1 Gbyte
<b>Disco duro</b> (espacio libre)	≥ 250 Mbytes

Figura V-72. Requisitos del Sistema.

## 5.1.6 CAPACIDAD MAXIMA DE WINCC FLEXIBLE

WinCC flexible Runtime	
Los valores indicados son los máximos	
<b>Imágenes</b>	500
Campos por imagen	400
Variables por imagen	400
Texto estático	30.000
Objetos gráficos	2000
objetos complejos por imagen (p. ej.: barras)	40
Curvas	800
Listas de gráficos	500
Listas de textos	500
Número entradas en listas iconos	3500
<b>Variables</b>	4096
<b>Avisos disparados por bit/análogos</b>	4000 / 500
Texto de aviso (número de caracteres)	80
Valores del proceso por aviso	8
Tamaño del búfer de avisos	1024
Eventos de aviso en cola de espera	500
<b>Ficheros</b>	100
Datos archivables	Valores de proceso avisos
Entradas máx. por fichero (incl. fichero secuencial)	500.000
Tipos de fichero	Ficheros circulantes, ficheros secuenciales(máx. 400 por fichero)
Formato de archivo de datos	CSV (Comma Separated Values), RDB (Runtime Data Base) y inclusión a base de datos ODBC (no inc. en alcance de suministro)

Figura V-73. Capacidad Máxima del WinCC Flexible.

<b>Recetas</b>	1000
Elementos por receta	2000
Registros por receta	5000
<b>Protección por contraseña</b>	
Derechos de usuario	32
Número de grupos de usuarios	50
<b>Scripts Visual Basic</b>	200
<b>Número máx. de idiomas online</b>	16
<b>Comunicación</b>	
<b>Acoplamiento MPI de SIMATIC S7/acoplamiento PROFIBUS DP/Ethernet</b>	
Número de interlocutores conectables según la amplitud de la configuración (comunicación), desde el punto de vista de WinCC flexible Runtime son posibles hasta 8 conexiones.	
<b>Acoplamiento a SIMATIC S7 vía PPI</b>	
Número máx. de interlocutores conectables: 1 desde el punto de vista de WinCC flexible Runtime 4 S7-200 con OP77B mediante PPI advanced	
<b>Acoplamiento a SIMATIC S5 vía PROFIBUS DP</b>	
Número máx. de interlocutores conectables: 1 desde el punto de vista de WinCC flexible Runtime (no en Windows Vista)	
<b>Modo multiprotocolo</b>	
OPC Client y SIMATIC HMI HTTP Protocol son adicionales, es decir, se pueden utilizar en combinación con otros acoplamientos al PLC	

Figura V-74. Capacidad Máxima del WinCC Flexible 2.

### 5.1.7 CARACTERISTICAS DEL MP 277 10”

Pantalla: 10” táctil de cristal liquido TFT (LCD) 64K colores.

Tamaño: 10.4

Resolución (An x Al en pixeles): 640x480

Elementos de Mando: pantalla táctil

Teclas de función programables y teclas de sistema: si posee

Teclado externo, ratón e impresora: si posee a través de USB

Memoria de usuario: 6 Mbytes.

Memoria para opciones y recetas: 1024 Kbytes y 64 Kbytes

Interfaces: posee interfaz Serie, MPI y Profibus DP. Además para Profinet y USB.

Slot para tarjetas: posee para tarjetas SD y Multimedia.

Sistema de Avisos (número de avisos y clases de avisos): 4000 y 32

Sinópticos del proceso: 500

Variables: 2048

Recetas: 300



Figura V-75. Multipanel 277 10" en sus dos versiones.

## **5.2 DESCRIPCION DEL HMI PARA EL CONTROL Y SUPERVISION DE LAS COMPUERTAS DEL VERTEDERO 1**

La interfaz HMI a sido desarrollada para la comunicación de un PLC SIEMENS s7-300 con un Multi Panel 277 10" SIEMENS.

Durante la creación y pruebas de la HMI, se lo ha realizado a través de la PC de programación, la cual contiene al Software de programación y Runtime, con lo cual es posible realizar las pruebas pertinentes del control y supervisión.

La funcionalidad del runtime permite la conexión del PLC con la PC de programación, y trabajar exactamente como que fuera el panel seleccionado.

## 5.2.1 CREACION DE UN PROYECTO NUEVO EN WINCC FLEXIBLE

WinCC Flexible facilita la creación de un nuevo proyecto con un asistente de WinCC Flexible.

Para la creación de un nuevo proyecto, con el cual podemos ir seleccionando el tipo de panel, el tipo de autómatas al cual va a hacer conectado, las librerías, y las herramientas necesarias para la configuración de la HMI.

1. Una vez seleccionado el software WinCC Flexible a ejecutarse, se nos muestra la pantalla de creación del proyecto con el asistente de proyectos.



Figura V-76. Página Inicial.

2. El primer paso para la creación del nuevo proyecto, es el seleccionar que tipo de proyecto se va a desarrollar.

En nuestro caso es una máquina pequeña, es decir un PLC asociado a un panel.

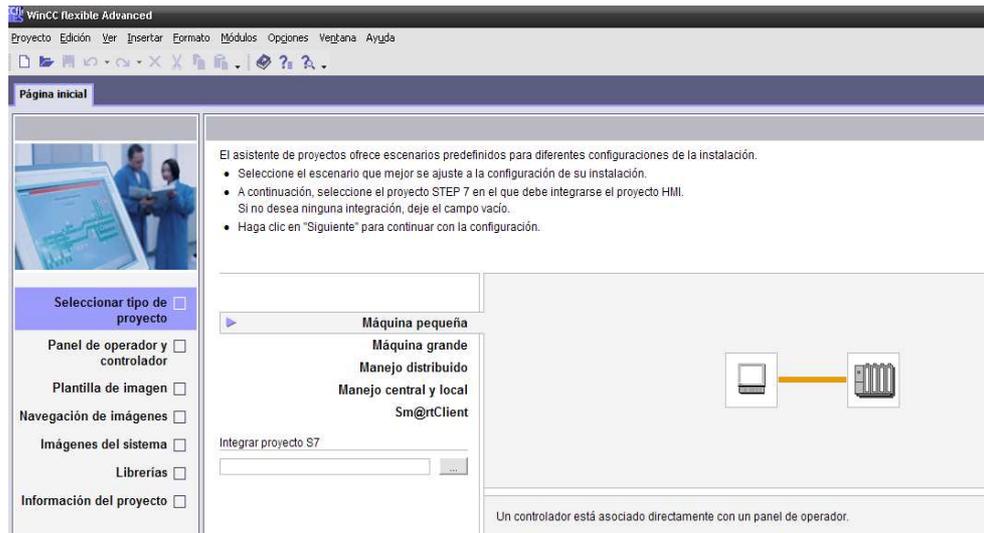


Figura V-77. Selección de tipo de proyecto.

3. Luego procedemos a seleccionar el tipo de panel con lo cual se va a implementar y el tipo de PLC al cual se va a conectar. Automáticamente nos da el tipo de conexión entre los dos elementos.

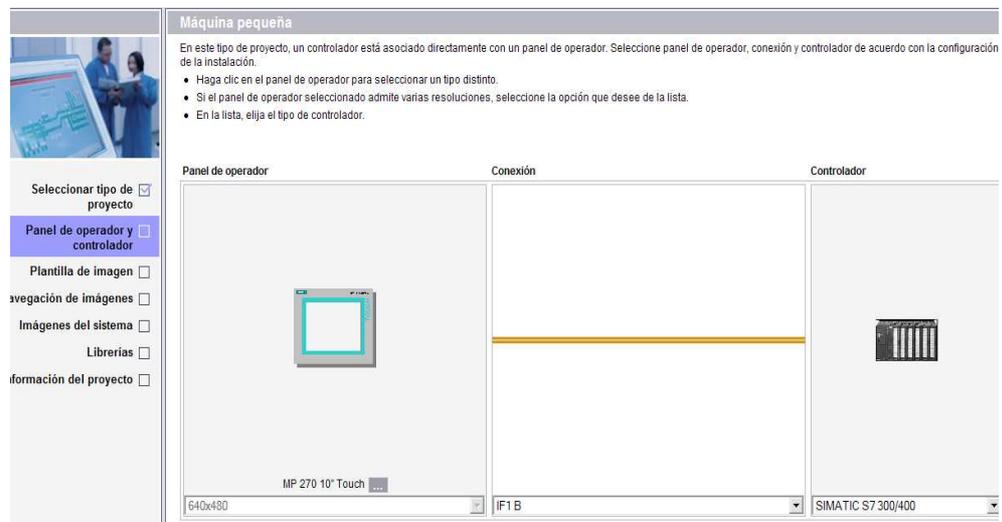


Figura V-78. Tipo de panel operador y controlador.

4. Luego diseñamos la plantilla de imagen para el panel, cabe recalcar que si no se diseña en este punto, se lo puede añadir los componentes durante el desarrollo de la HMI.

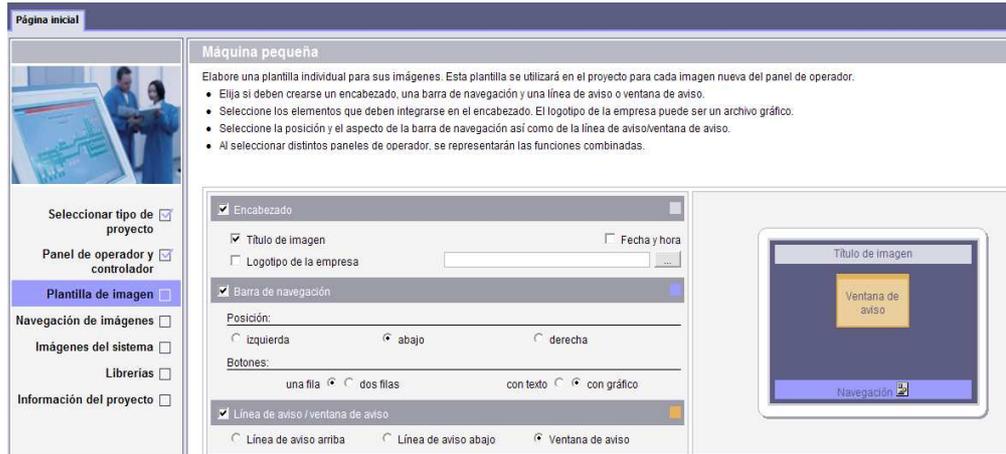


Figura V-79. Plantilla de Imagen.

5. El siguiente punto es la navegación de imágenes, al igual que en el anterior punto, sino tenemos estructurado como va a ir el enlace entre imágenes lo podemos hacer durante el desarrollo de la HMI.

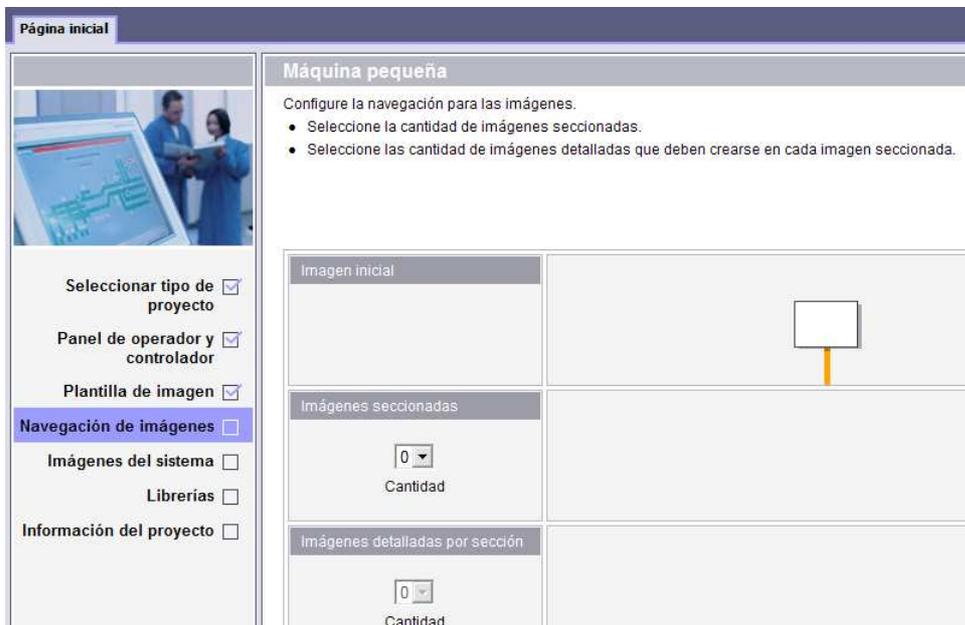


Figura V-80. Navegación de Imágenes.

6. De igual forma sucede con las imágenes del sistema, se las puede seleccionar durante el desarrollo de la HMI.

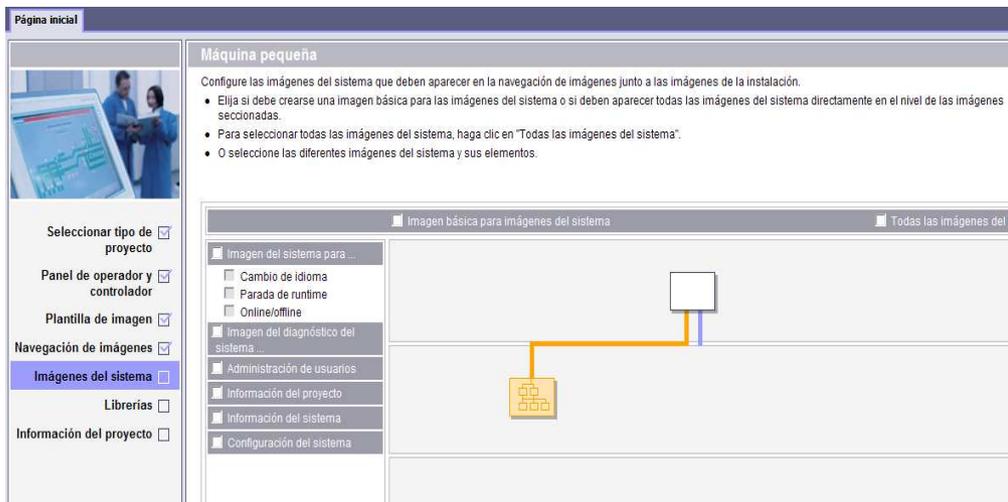


Figura V-81. Imágenes del Sistema.

7. El siguiente paso es el seleccionar las librerías, es importante añadir las 3 librerías disponibles.

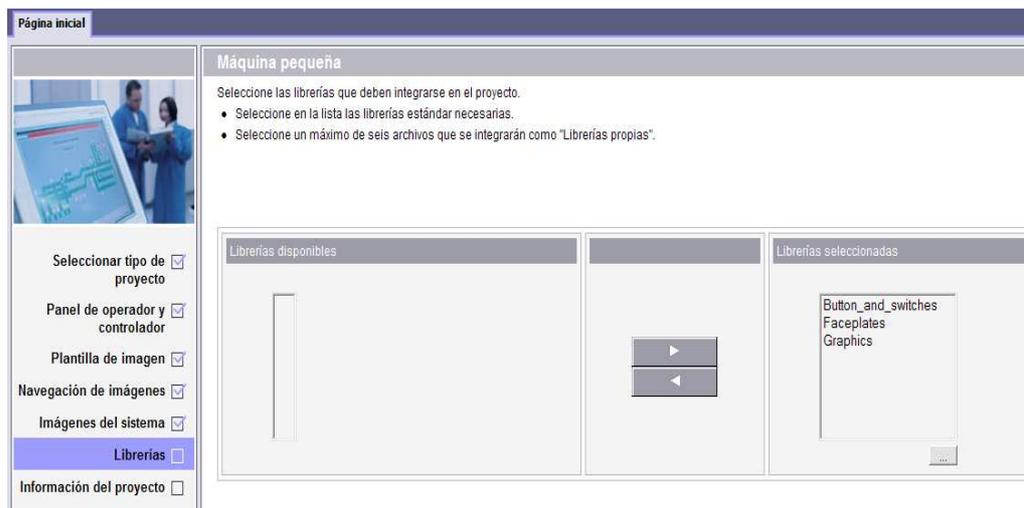


Figura V-82. Librerías.

8. Y finalizamos colocando el nombre al nuevo proyecto.



Figura V-83. Información del Proyecto.

El resultado es la imagen principal, y todas las herramientas necesarias para el desarrollo de una HMI, tal como se muestra a continuación.

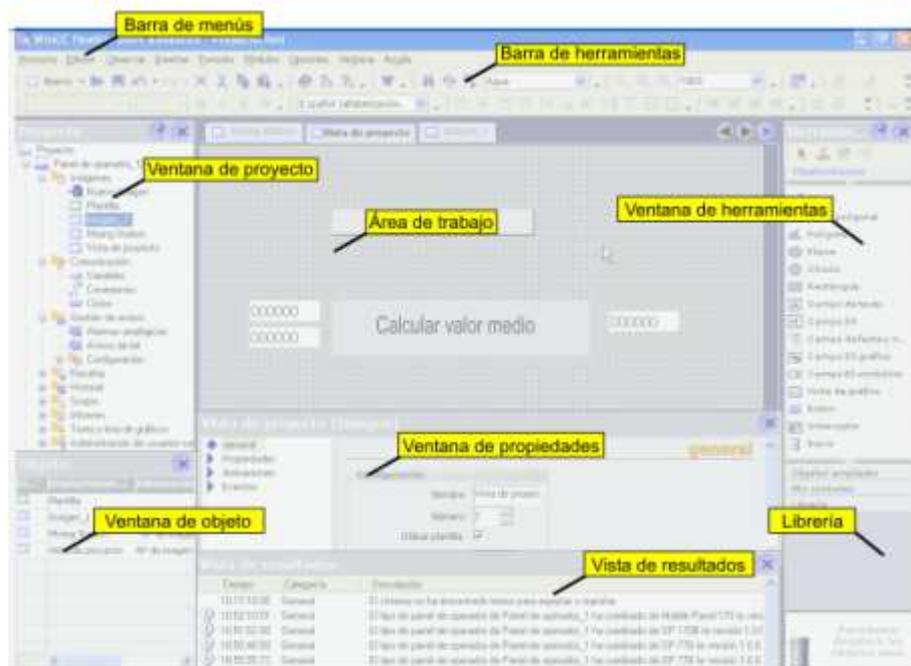


Figura V-84. Imagen principal.

## **5.2.2 CONFIGURACION DEL SISTEMA DE CONTROL Y SUPERVISION DE LAS COMPUERTAS DEL VERTEDERO 1**

El Sistema de Control y Supervisión está dividido en cinco pantallas o ventanas, en las que están involucradas variables del proceso correspondientes al control del Vertedero 1.

Dichas variables se encuentran comunicadas con variables del PLC A-10, a través del cable MPI, estas variables son monitoreadas o a su vez accionadas desde la HMI para realizar el control del Vertedero 1.

En todas las pantallas que se listan a continuación, hay botones para poder navegar entre ellas.

### **5.2.2.1 PANTALLA PRINCIPAL**

En la pantalla principal se encuentra la imagen frontal de la Represa Agoyán, en la parte inferior se visualiza los botones correspondientes para las Compuertas de la Represa, agrupadas por Vertedero 1, Desagüe de Fondo 1, Desagüe de Fondo 2, Vertedero 2 y Vertedero 3.

Para acceder al Vertedero 1 es necesario dar un click sobre el botón correspondiente y validar el ingreso con un Usuario y la Contraseña respectiva.

Los botones restantes, han sido colocados para futura implementación de control dentro de la Central Agoyán y es necesario recordar que no tienen acción alguna.



Figura V-85. Pantalla Principal.

Esta pantalla es la primera en cargarse al ejecutarse la funcionalidad de Runtime tanto en el panel MP 277 10" como en una laptop. El botón SALIR ejecuta el paro total del Runtime.

#### 5.2.2.2 VERTEDERO 1

En esta pantalla se visualiza todo lo correspondiente al Control del Vertedero 1, dicho control será posible realizarlo solamente si se visualiza en esta pantalla que el Control Local esta activado.

Si el caso no fuera así solamente se visualizará el estado de la Compuerta Plana y la Clapeta con el valor real de la posición en la que se encuentra, dichos valores se representaran en la gráfica de las compuertas una variación de su ubicación anterior y actual.

Se posee el control para cada Compuerta con los botones de ABRIR, PARAR y CERRAR y estos operan conjuntamente con la botonera de los tableros en la cota 1664 y 1667 m.s.n.m.

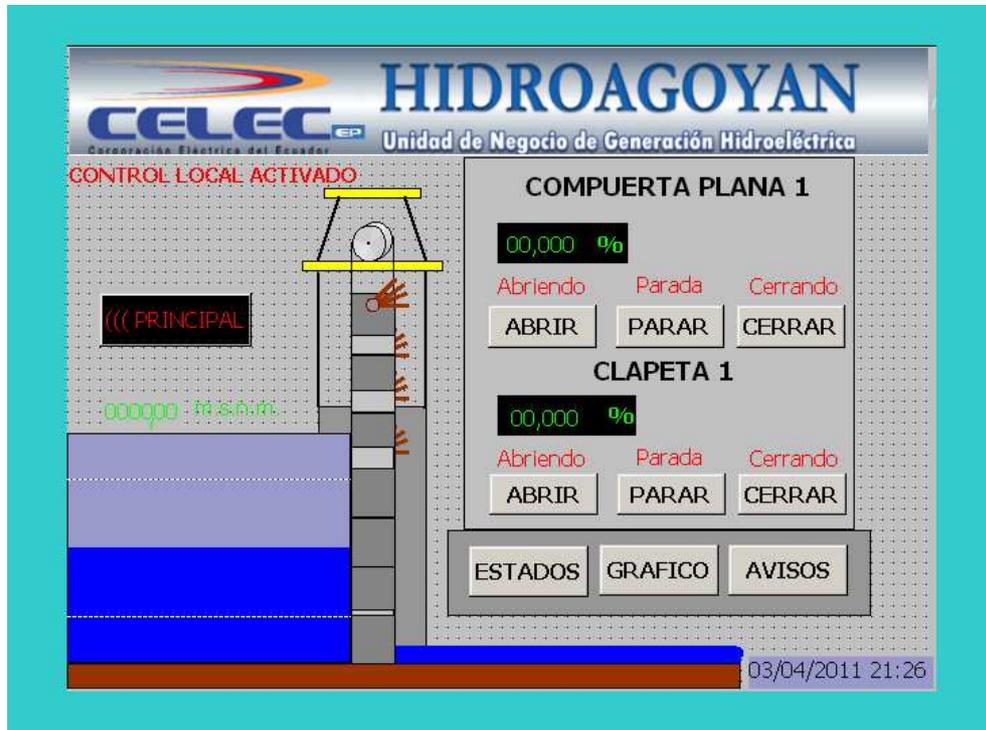


Figura V-86. VERTEDERO 1.

Adicionalmente se puede ver el nivel del embalse actual y que se representa en tiempo real con una gráfica que representa dicho nivel.

Existen botones que complementan la Supervisión del Vertedero 1 con 3 enlaces como son: ESTADOS, GRAFICO Y AVISOS. El botón PRINCIPAL nos permite regresar a la ventana inicial.

### 5.2.2.3 ESTADOS

En esta pantalla se puede observar todas las señales correspondientes al control de cada Compuerta del Vertedero 1.

De igual forma se visualiza el estado en el que se encuentra cada compuerta y posición real de la misma.

El botón REGRESAR nos permite ubicarnos en la pantalla del VERTEDERO 1.



Figura V-87. ESTADOS.

#### 5.2.2.4 GRAFICA NIVEL DEL EMBALSE

Esta ventana nos muestra la gráfica en tiempo real del nivel del embalse como varia en función del tiempo.

Esta señal es necesaria para realizar cualquiera maniobra de apertura o cierre de cualquiera de las compuertas dependiendo del incremento o decremento del nivel en un lapso de tiempo específico.

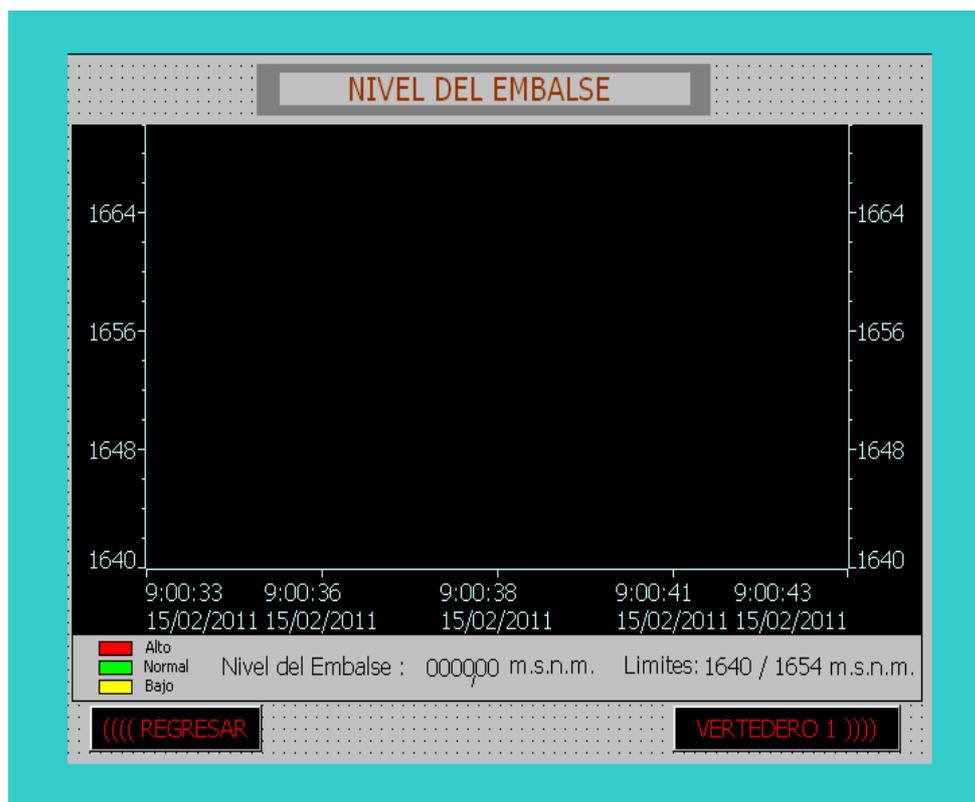


Figura V-88. Gráfica del Nivel del Embalse.

De igual forma existe un botón que permite el ingreso hacia las graficas de las compuertas del Vertedero 1.

#### 5.2.2.5 GRAFICA DE LAS COMPUERTAS DEL VERTEDERO 1

De igual forma esta ventana nos muestra la gráfica de cómo varia la apertura o cierre de las compuertas del vertedero 1.

Cada compuerta es representada por un distinto color en una escala de 0 a 100 %.

En la parte inferior izquierda de la pantalla se muestra los valores actuales y la representación en color de cada una de ellas.

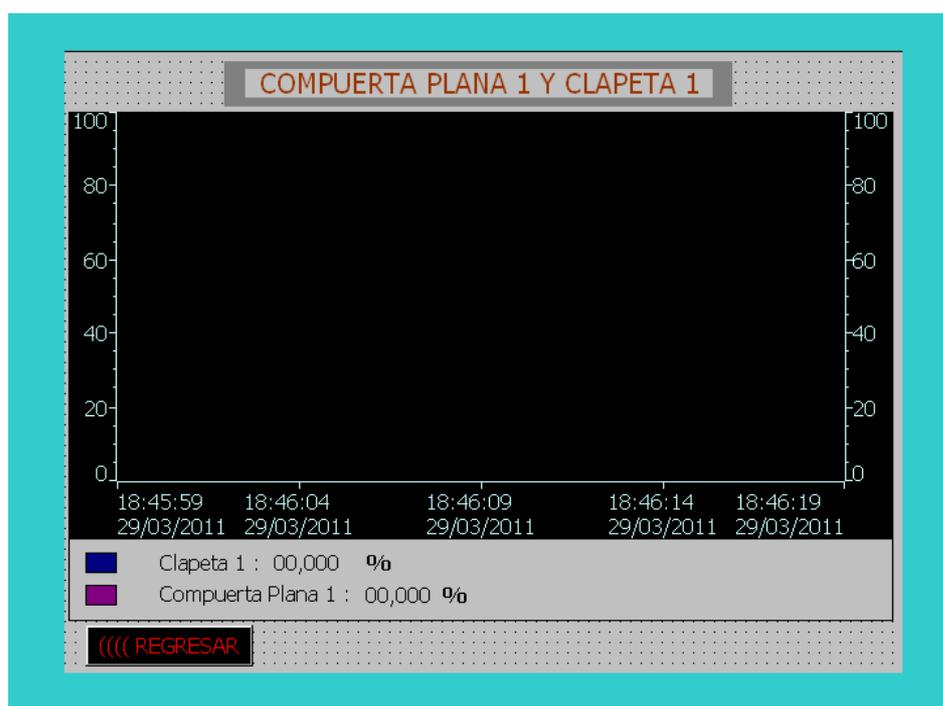


Figura V-89. Gráfica de las Compuertas del Vertedero 1.

### 5.2.2.6 AVISOS

La pantalla de avisos permite listar las alarmas que aparecen relacionadas con sus límites de operación o de funcionamiento.

Se presenta la señal mas importante para el control como lo es la del nivel del embalse, tanto para su nivel bajo como alto.

Se muestra alarmas referentes a falla de sistema oleohidráulico a fallas referentes a la alimentación de 480 Vac para la compuerta plana. Cualquier tipo de señal que este ingresando al PLC A-10 puede ser monitoreada desde la pantalla alarmas así como también rearmar la alarma.

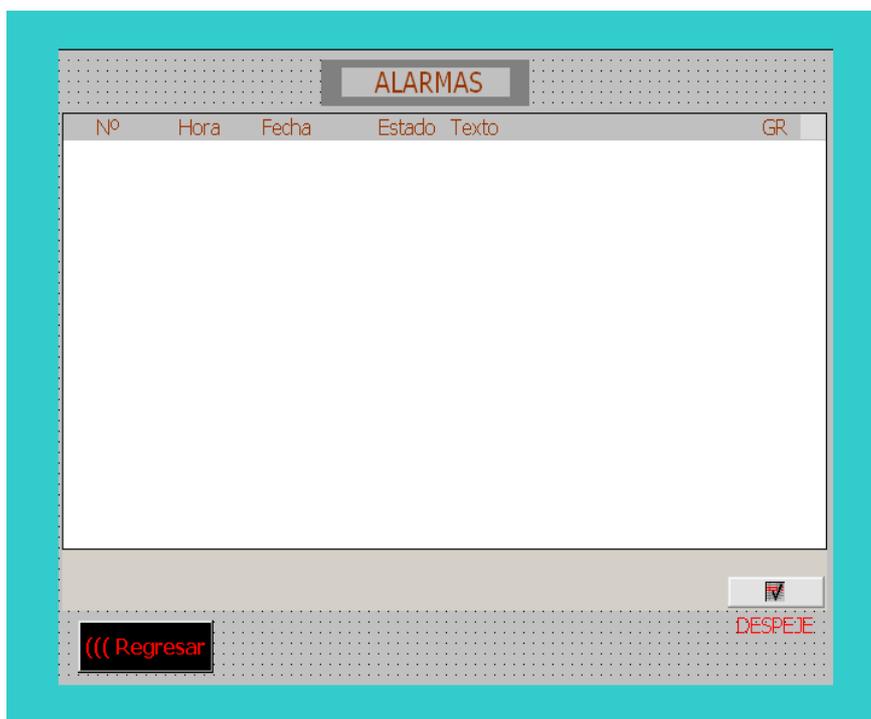


Figura V-90. Pantalla de alarmas o avisos.

### 5.3 MONTAJE Y CONEXIÓN DEL MP 277 10"

#### 5.3.1 MONTAJE DEL MP277 10"

El MP 277 Touch se pueden fijar en el recorte de montaje utilizando tensores.

En caso de fijar el equipo con tensores, no se requieren orificios de sujeción adicionales en el frontal.

Los tensores combinados con una junta circular permiten obtener el grado de protección IP65. Con una suspensión atornillada, se puede obtener el grado de protección IP54.

Procedimiento para montar el MP 277 Touch en el frontal:

1. Compruebe si la junta está disponible en el panel de operador.

No monte la junta si está retorcida. De lo contrario, puede ocurrir que el recorte de montaje no sea estanco.

2. Coloque el panel de operador por delante en el recorte de montaje preparado.

3. Coloque los ganchos de fijación de los tensores adjuntos en los rebajes correspondientes de la caja del panel de operador.

Cada una de las posiciones está indicada en las figuras siguientes mediante flechas.

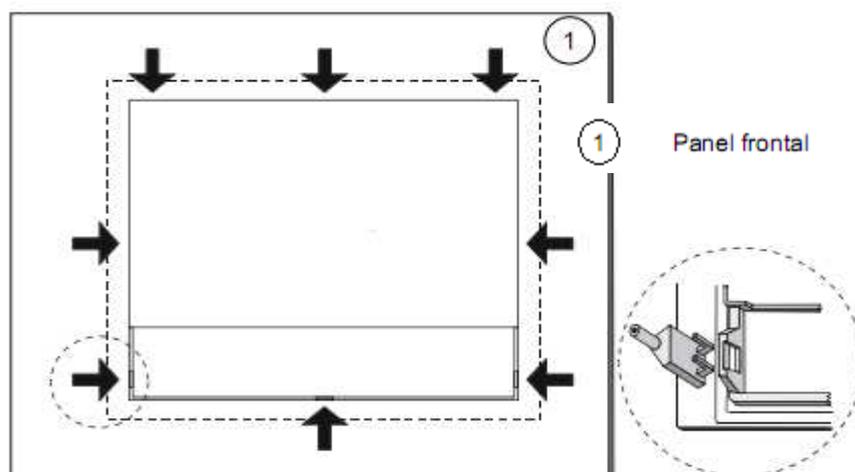


Figura V-91. Procedimiento para el montaje del MP 277 10".

4. Fije el MP 277 10"Touch o el TP 270 10" con una llave tipo Allen y el MP 270 6" con una llave de cruz por detrás en el frontal.

### **Precaución**

Compruebe por la parte frontal si la junta de goma está bien asentada. Dicha junta no debe sobresalir del panel de operador.

Evite pares de apriete excesivos para que no se produzcan daños.

### **5.3.2 CONEXION DEL MP277 10"**

Antes de conectar eléctricamente el panel de operador, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- El panel de operador debe haberse montado siguiendo las indicaciones de las presentes instrucciones de uso.

Para conectar el panel de operador hay que seguir el siguiente orden:

### 5.3.2.1 EQUIPOTENCIALIDAD

Conectar la conexión a masa del panel de operador a la masa del armario. Para ello, utilice el tornillo de puesta a tierra suministrado y un conductor con una sección de 2,5 mm<sup>2</sup> como mínimo.

Entre partes separadas de la instalación pueden presentarse diferencias de potencial que pueden ocasionar corrientes de compensación elevadas, p. ej. cuando en ambos lados se colocan cables apantallados y se ponen a tierra en diferentes partes de la instalación.

Las causas de las diferencias de potencial pueden ser diferentes alimentaciones de red.

Las diferencias de potencial deben ser reducidas mediante la colocación de conductores de equipotencialidad, de forma que se garantice el perfecto funcionamiento de los componentes electrónicos instalados.

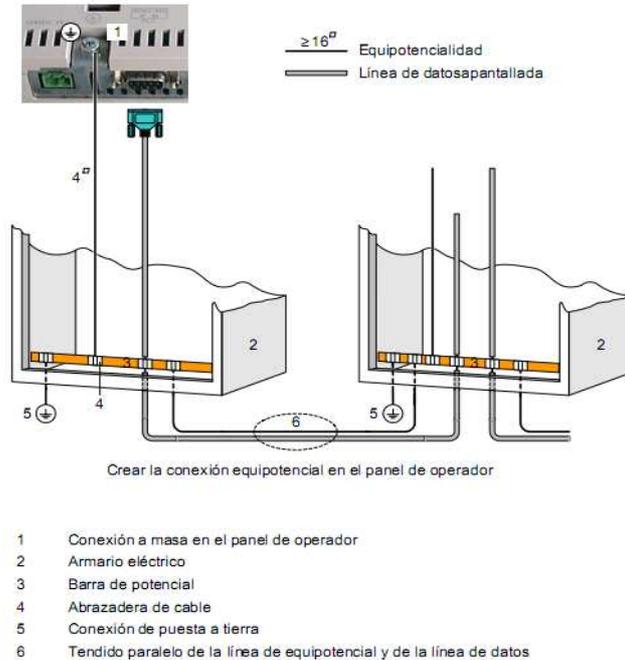


Figura V-92. Conexión de Equipotencialidad.

### 5.3.2.2 AUTOMATA PROGRAMABLE

La figura 91 muestra las principales posibilidades de acoplamiento existentes entre el panel de operador y el autómata. Para las conexiones indicadas, hay disponibles cables estándar.

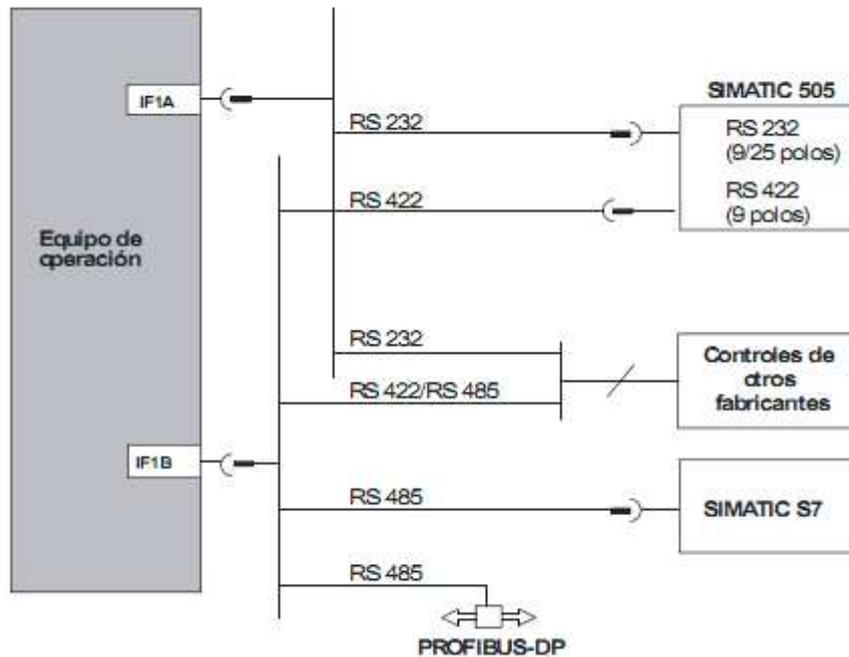


Figura V-93. Conexión a Automatas Programables.

- SIMATIC S7

Para la conexión al SIMATIC S7, emplee únicamente cables autorizados a tal efecto.

- IF1A / IF1B

En caso de establecer la comunicación a través del puerto serie, conecte la IF1A (RS 232) y la IF1B (RS 422/485) únicamente de manera alternativa. La interfaz IF1B se puede configurar por medio del interruptor.

- PROFIBUS DP

Se puede emplear cualquier terminal de bus PROFIBUS DP.

### Configuración de la interfaz IF1B

Con el interruptor situado en el lado posterior del panel de operador se configura la interfaz

IF1B. A tal efecto, se conmutan la señal RTS para RS485 y los datos recibidos RS422.

De forma estándar, el interruptor está ajustado para el autómeta SIMATIC S7.

La tabla siguiente muestra las posiciones admisibles del interruptor.

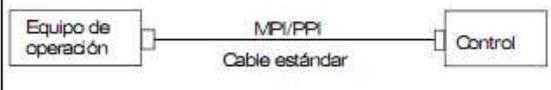
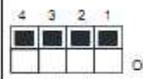
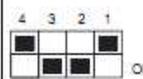
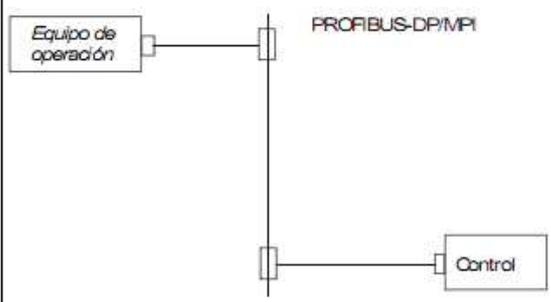
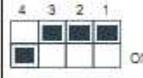
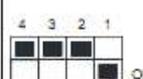
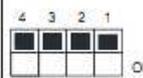
Comunicación	Posición del interruptor
	 <p>Sin RTS en conector Esta posición del interruptor corresponde a la de fábrica.</p>
	
	 <p>RTS en pin 4 (estándar)</p>
	 <p>RTS en pin 9 (como PG)</p>
	 <p>Sin RTS en conector</p>

Figura V-94. Configuración por medio del Interruptor.

### 5.3.2.3 AL EQUIPO DE CONFIGURACION

La figura siguiente muestra cómo se conecta un equipo de configuración (PG o PC) al panel de operador para transferir datos del proyecto.

Para las conexiones indicadas, hay disponibles cables estándar.

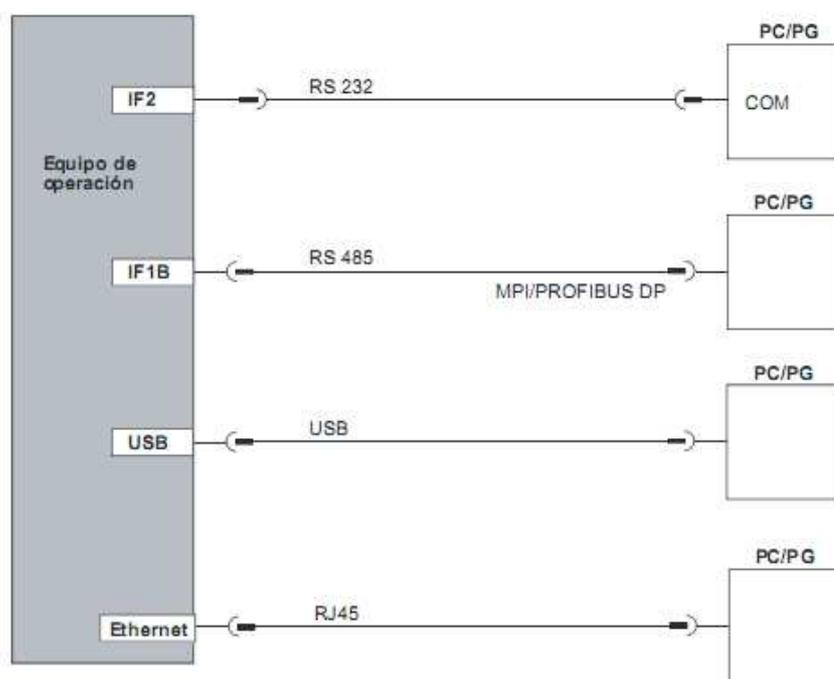


Figura V-95. Configuración para conexión del equipo de configuración.

### 5.3.2.4 TENSION DE ALIMENTACION

Conectar la tensión de alimentación del panel de operador a la regleta macho de dos pines situada en el lado inferior del panel.

Para ello, utilice la regleta macho bipolar adjunta. La regleta macho ha sido diseñada para cables con una sección máxima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

La figura V-96 muestra la asignación de la regleta macho.

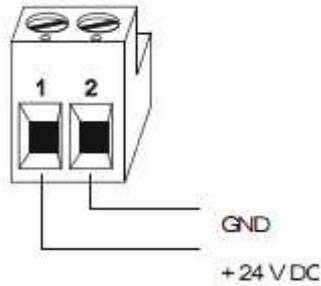


Figura V-96. Conexión de la Alimentación.

Asegurarse de no confundir los cables al embonarlos. Tener en cuenta la rotulación de las clavijas de contacto en el lado posterior del panel de operador.

El panel de operador está dotado de una protección contra inversión de polaridad.

### **Secuencia de conexión**

Respetar la secuencia de conexión del panel de operador. En caso de incumplimiento, se puede dañar el panel de operador.

Al desenchufar las conexiones, tener en cuenta que se debe seguir la secuencia de conexión en orden inverso.

## **CAPITULO VI**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

Una vez que se ha diseñado el software y escogido el hardware para el sistema de control y supervisión de las compuertas del vertedero 1, es necesario realizar una serie de pruebas a fin de garantizar un mínimo porcentaje de error en el sistema.

En la realización de las pruebas se observará la necesidad de cambios a fin de cumplir con todas las condiciones de operación y poder entregar el sistema de control en las mejores condiciones.

#### **6.1 PRUEBAS EN LA IMPLEMENTACION**

##### **6.1.1 PRUEBA CON EL CABLE DE COMUNICACIÓN**

Para poder programar y probar los resultados en línea y verificar su correcto funcionamiento se necesita un cable de comunicación (MPI) y un computador personal (Laptop).

El cable MPI posee dos terminales, con la una se conecta al PLC a través de su conector DB9 macho y con la segunda terminal se conecta a una Laptop a través de un puerto USB.

Este cable adaptador propio de SIEMENS viene con las dos terminales y un cd para la instalación de un software adicional (PC Adapter) antes de empezar a usarlo.

Una vez instalado y después de configurar el software de programación del PLC para el cable adaptador, se pudo realizar la comunicación entre el PLC y el computador.



Figura VI-97. Comunicación entre PLC y HMI Runtime.

### 6.1.2 PRUEBAS DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES

Para poder probar las entradas y salidas digitales se tuvo que solicitar algunas operaciones desde la sala de control de la presa así como desde el tablero de control de la presa en la cota 1664 m.s.n.m.

Se debió verificar junto con los planos de control si corresponde a cada acción que se ejecuto las entradas y salidas digitales además realizar la correspondiente medición de voltaje para garantizar el funcionamiento.

Se adjunta Anexo 1 donde se muestra las entradas y salidas digitales del A-10.

### 6.1.3 PRUEBAS DE LAS ENTRADAS ANALOGAS

Mediante la pinza amperimétrica que es un instrumento que mide señales de corriente en mA, y sirve para poder calibrar los dispositivos o para poder medir señales muy pequeñas de corriente mayor precisión, se realizo la medida de corriente para cada canal analógico del PLC A-10.

Se verifico que estén dentro del rango seteado para la configuración Hardware de manera que no exista algún daño al módulo.

Se adjunta Anexo 2 donde se muestra los lazos de corriente de 4-20mA de cada canal analógico del módulo de entradas análogas SM 331.



Figura VI-98. Transductores de las señales de nivel del embalse y compuertas.

#### 6.1.4 PRUEBA DEL PROGRAMA EN EL PLC Y EN LA HMI RUNTIME

El programa para controlar y supervisar este sistema posee una comunicación online de las variables del PLC S7-300 con las variables de la HMI.

Esta comunicación de variables es necesaria para que el sistema trabaje para lo cual fue diseñado.

Una vez que se cargo el programa diseñado para el PLC se empezó a realizar las comprobaciones necesarias para no interrumpir el control de las compuertas de la represa a través de su sistema SCADA.

Luego de verificar que no existe ningún conflicto con las modificaciones del programa para el PLC, se procede a cargar el programa de la HMI en una Laptop.

Con la ayuda de la herramienta del WinCC Flexible como lo es el WinCC Flexible Runtime, es posible simular el programa diseñado por el WinCC Flexible en conjunto con un PLC. Tal como si fuera un Touch Panel.

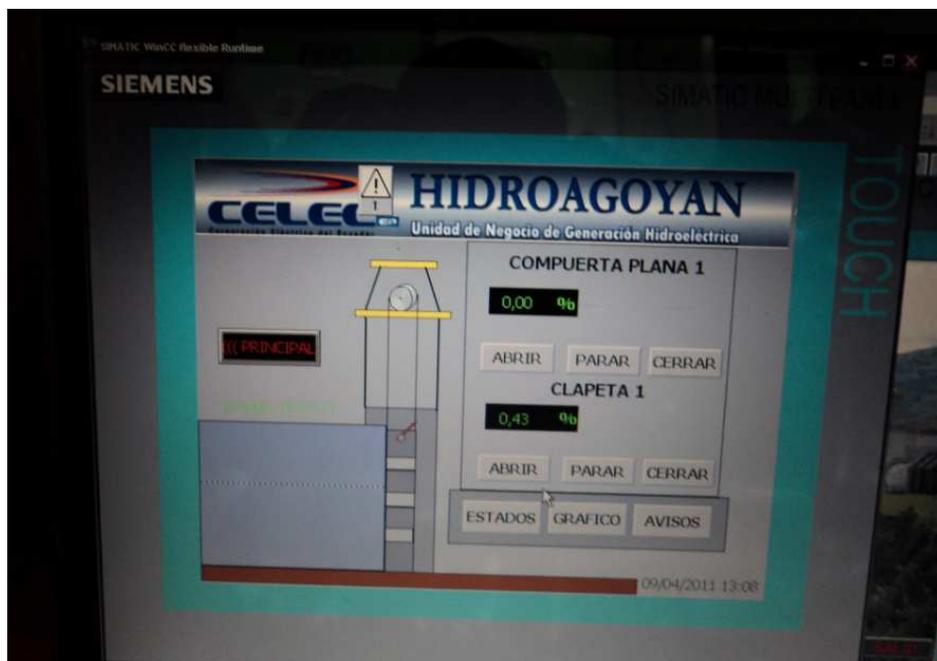


Figura VI-99. Programa HMI Runtime en comunicación con el PLC.

## 6.2 RESULTADOS

Después de concluir con las pruebas correspondientes para cada elemento instalado, se realizó la prueba final de la HMI en comunicación con el PLC MANUAL S7-300 SIEMENS.

Para la prueba final fue necesaria la coordinación de la salida del Sistema Nacional Interconectado de las Unidades de Agoyán para un lavado de embalse; siendo esta parada la propicia para realizar cualquier tipo de pruebas sin ocasionar el disparo de las unidades.

Una vez aprobada nuestra orden de trabajo para la prueba final se constato con el Supervisor de Mantenimiento Electrónico las conexiones implementadas en el tablero de la cota 1664 m.s.n.m. y se procedió a ejecutar la carga de programas tanto en el PLC como para la HMI.

Se procedió a realizar el control de las compuertas del Vertedero 1, sin ningún inconveniente, se verifico las lecturas del porcentaje de apertura de las compuertas presentadas en la HMI con el SDSC de la Sala de Control de la Presa y fueran las correctas. Existe un rango de 0.40 cm. de variación entre ambas lecturas.



Figura VI-100. Control de Clapeta 1 en la HMI.

Sin embargo el Supervisor de Mantenimiento Electrónico supo manifestar que son aceptables los valores de la HMI.

De igual forma junto con el Supervisor de Operaciones se realizó pruebas de operación para cada una de las compuertas.

Para la clapeta 1 se realizó pruebas de apertura, parada y cierre.

Se verificó que se realice el control con los fines de carrera, se comprobó la señalización de la compuerta tanto en estados como el comportamiento en la gráfica.



Figura VI-101. Ejecución de Cierre de la Clapeta 1.

Para la compuerta plana 1 el control de igual forma respondió satisfactoriamente, durante esta prueba fue sugerido realizar una supervisión de la alimentación de 480 VAC. hacia los malacates de la compuerta plana 1.



Figura VI-102. Control de la Compuerta Plana 1.

De igual forma se chequeo con los estados de la compuerta plana 1 y su comportamiento en la gráfica.

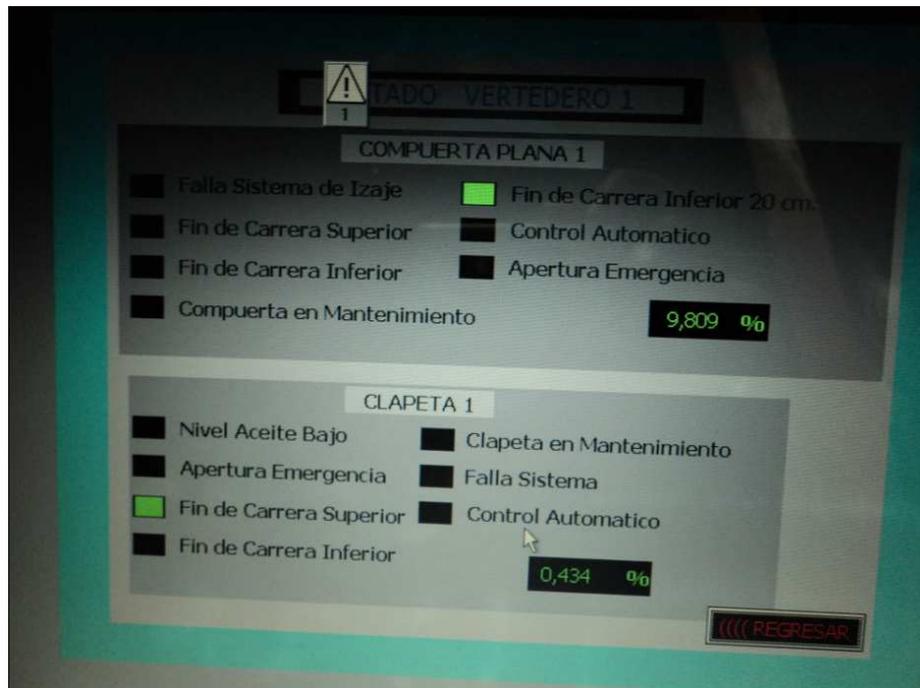


Figura VI-103. Supervisión de los Estados del Vertedero 1.

## CONCLUSIONES

1. El sistema de control y supervisión implementado obtiene los mismos tiempos de respuesta que el Sistema SDSC de la Central Agoyán, para la operación de las compuertas del Vertedero 1.
2. El monitoreo de las precondiciones de operación de las compuertas facilita la detección de fallas así como la anormalidad de la central oleohidráulica o de alimentación tensión.
3. La animación del movimiento de las compuertas en la HMI, da al operador una visualización del estado en el que se encuentran dichas compuertas, así como del nivel de agua que se encuentra erogando por cada una de ellas.
4. El proyecto permite la escalabilidad, es decir debido a que se comunica con el PLC principal del SDSC, se puede añadir controles para los demás Vertederos así monitorear señales del control remoto.

## 5.

### **RECOMENDACIONES**

1. La comunicación entre el HMI y el PLC siempre se deberá tener en consideración, ya que al realizar cargas o descargas de programas del PLC se puede ajustar otra interfaz PG/PC en el cable de comunicación haciendo imposible la comunicación.
2. La llave de control del PLC, para la selección de los modos RUN, STOP o MRESET debe ser manejada con mucho cuidado al momento de manipularla ya que no es una llave original de SIEMENS y los dientes de la llave son muy finos y de poco relieve.
3. Centralizar el control y supervisión local en una sola HMI, ya que se encuentran dispersos los controles para los demás Vertederos así como para los desagües de fondo y la compuerta de toma.

6.

## RESUMEN

El presente proyecto se baso en desarrollar un Sistema de Control y Supervisión de las Compuertas del Vertedero 1 de la Represa Agoyán por medio de un panel HMI Local, que permite la regulación fina y media del nivel de agua en la Represa Agoyán.

El método experimental a sido empleado para conocer la lógica de control y sus componentes electromecánicos de las compuertas del Vertedero 1 con la finalidad de poder intervenir con un nuevo control desde la cota 1664,25 m.s.n.m. Los materiales que se utilizan en el proyecto son: Mecánicos (una compuerta plana, una compuerta clapeta, tanques de aire); Electromecánicos (relés, electroválvulas, transductores); Eléctricos (contactores, transmisores de posición, motores, bombas); Software (STEP 7 y WinCC Flexible). El proyecto contempla una programación lógica en el PLC y en el panel HMI de manera que permitan la operación de las compuertas del Vertedero 1.

Como resultado se obtuvo una regulación fina y media del nivel de agua en la represa Agoyán completamente local, con un control de apertura y cierre del 100% de las compuertas, con datos de operación de las compuertas así como el estado de las precondiciones necesarias para la operación.

En conclusión, el estudio del sistema de control y supervisión que se a desarrollado es eficiente para la regulación del nivel de agua en la represa, brindándonos tiempos de respuesta iguales a los del control remoto que posee la Central Hidroeléctrica.

Es de utilidad recomendar la necesidad de complementar los controles y datos de operación para las compuertas del Vertedero 2 y 3 así como también para los desagües de fondo 1 y 2, ya que se a demostrado la utilidad del proyecto con un solo Vertedero.

## SUMMARY

The present project was based on developing a Control and Supervision System of the Spillway 1 Floodgates of the Agoyán Dam through a Local HMI panel which permits the fine and medium regulation of the water level at the Agoyán Dam. The experimental method has been used to know the control logic and its electromagnetic components of the Spillway 1 Floodgates to intervene with a new control from the 1664,25 m a.s.l. The material used in the project are mechanics (a flat floodgate, a flap floodgate and airtanks); electromechanics (relays, electrovalves and transducers); Electrical (contactors, position transmitters, motors and pumps); Software (STEP 7 and WinCC Flexible). The project considers a logic programming in the PLC and the HMI panel to permit the operation of the Spillway 1 Floodgates.

As a result, a fine and medium regulation of the water level at the Agoyan Dam completely local was obtained with an opening and closure control of 100% of the floodgates, with floodgates operation data as well as the status of the necessary pre-conditions for the operation. As a condition, the control and supervision system study which has been developed is efficient of the water level regulation at the dam, giving response times equal to the remote controls of the Hydro-electric Central. It is recommended to complement the controls and operation data for the Spillway 2 and 3 Floodgates as well as for the background drains 1 and 2 as the project use with only one spillway has been demonstrated.

## Anexo 1:

### ENTRADAS DIGITALES DEL PLC A-10

<b>ENTRADAS DIGITALES A-10</b>
--------------------------------

E0.0	vacía
E0.1	vacía
E0.2	Relevador Térmico M10
E0.3	Relevador Térmico M20
E0.4	Seccionador Fusible M10
E0.5	Seccionador Fusible M20
E0.6	Selector de Motor
E0.7	Prueba de Motores

E1.0	Cancelar Alarmas
E1.1	Prueba Lámparas
E1.2	Time Presión Min Sist A
E1.3	Time Presión Min Sist B
E1.4	Time Electroválvula Alivio
E1.5	Relé Habilitación de Programa
E1.6	Relé Habilitación de Programa
E1.7	Pulmón fuera de Servicio

E2.0	Presión Mínima Pulmón	E3.0	Presión Máxima Sistema B
E2.1	Presión Máxima Pulmón	E3.1	Nivel de Aceite muy Bajo
E2.2	Presión Mínima Sistema A	E3.2	Nivel de Aceite Bajo
E2.3	Presión Mínima Sistema B	E3.3	Filtro de Retorno Colmado
E2.4	Presión Mínima Cilindro 1	E3.4	Pulmón muy mínima presión
E2.5	Presión Mínima Cilindro 2	E3.5	Mantenimiento Compuerta 1
E2.6	Presión Mínima Cilindro 3	E3.6	Mantenimiento Compuerta 2
E2.7	Presión Máxima Sistema A	E3.7	Mantenimiento Compuerta 3

E4.0	PARAR	MANUAL O REMOTO	COMPUERTA 1
E4.1	CERRAR		
E4.2	ABRIR		
E4.3	PARAR	AUTOMATICO	
E4.4	CERRAR		
E4.5	ABRIR		
E4.6	FIN DE CARRERA 20cm INFERIOR		
E4.7	FALLA SISTEMA DE IZAJE		

E5.0	PARAR	MANUAL O REMOTO	COMPUERTA 2
E5.1	CERRAR		
E5.2	ABRIR		
E5.3	PARAR	AUTOMATICO	

E5.4	CERRAR		COMPUERTA 3
E5.5	ABRIR		
E5.6	FIN DE CARRERA 20cm INFERIOR		
E5.7	FALLA SISTEMA DE IZAJE		
E6.0	PARAR	MANUAL O REMOTO	
E6.1	CERRAR		
E6.2	ABRIR		
E6.3	PARAR	AUTOMATICO	
E6.4	CERRAR		
E6.5	ABRIR		
E6.6	FIN DE CARRERA 20cm INFERIOR		
E6.7	FALLA SISTEMA DE IZAJE		

E7.0	Fin de Carrera Inferior	Compuerta 1
E7.1	Fin de Carrera Superior	
E7.2	Fin de Carrera Inferior	Compuerta 2
E7.3	Fin de Carrera Superior	
E7.4	Fin de Carrera Inferior	Compuerta 3
E7.5	Fin de Carrera Superior	
E7.6	Apertura Emergencia 1652.3	
E7.7	vacio	

E32.0	vacio	
E32.1	vacio	
E32.2	Fin de Carrera Inferior	Clapeta 1
E32.3	Fin de Carrera Superior	
E32.4	Fin de Carrera Inferior	Clapeta 2
E32.5	Fin de Carrera Superior	
E32.6	Fin de Carrera Inferior	Clapeta 3
E32.7	Fin de Carrera Superior	

E33.0	Clapeta 1	Recuperar Posición
E33.1	Clapeta 2	
E33.2	Clapeta 3	
E33.3	Clapeta 1	Selector de Comando
E33.4	Clapeta 2	
E33.5	Clapeta 3	
E33.6	Alerta Crecida	
E33.7	Apertura Desagüe	

E34.0	PARAR	1664 m.s.n.m.
E34.1	CERRAR	
E34.2	ABRIR	
E34.3	PARAR	1653 m.s.n.m.
E34.4	CERRAR	
E34.5	ABRIR	
E34.6	PARAR	Remoto
E34.7	CERRAR	

**CLAPETA 1:**

E35.0	ABRIR	Remoto
E35.1	PARAR	Automático
E35.2	CERRAR	
E35.3	ABRIR	
E35.4	Activa Automático	
E35.5	Modo Local o Remoto	
E35.6	Estado Clapeta 1	
E35.7	Vástago o Manto.	

**CLAPETA 2:**

E36.0	PARAR	1664 m.s.n.m.
E36.1	CERRAR	
E36.2	ABRIR	
E36.3	PARAR	1653 m.s.n.m.
E36.4	CERRAR	
E36.5	ABRIR	
E36.6	PARAR	Remoto
E36.7	CERRAR	

E37.0	ABRIR	Remoto
E37.1	PARAR	Automático
E37.2	CERRAR	
E37.3	ABRIR	
E37.4	Activa Automático	
E37.5	Modo Local o Remoto	
E37.6	Estado Clapeta 2	
E37.7	Vástago o Manto.	

### CLAPETA 3:

E38.0	PARAR	1664 m.s.n.m.
E38.1	CERRAR	
E38.2	ABRIR	
E38.3	PARAR	1653 m.s.n.m.
E38.4	CERRAR	
E38.5	ABRIR	
E38.6	PARAR	Remoto
E38.7	CERRAR	

E39.0	ABRIR	Remoto
E39.1	PARAR	Automático
E39.2	CERRAR	
E39.3	ABRIR	
E39.4	Activa Automático	
E39.5	Modo Local o Remoto	
E39.6	Estado Clapeta 3	
E39.7	Vástago o Manto.	

### ANEXO 2:

#### SALIDAS DIGITALES DEL PLC A-10

A8.0	vacía	Motor en marcha
A8.1	M 10	
A8.2	M 20	Nivel de Aceite
A8.3	Muy Bajo	
A8.4	Bajo	
A8.5	Filtro Retorno Colmado	
A8.6	Muy mínima presión pulmón	
A8.7	Falla Alimentación Bomba Sist. A	

A9.0	Falla Alimentación Bomba Sist. B	
A9.1	Alimentación A-10	
A9.2	M 10	Sobrecarga
A9.3	M 20	
A9.4	Bomba A	Presión
A9.5	Bomba B	
A9.6	Sistema A	Falta Presión
A9.7	Sistema B	

A12.0	ABRIR	Clapeta 1
A12.1	CERRAR	
A12.2	ABRIR	Clapeta 2
A12.3	CERRAR	
A12.4	ABRIR	Clapeta 3
A12.5	CERRAR	
A12.6	Mínima Presión Cilindro 1-2-3	
A12.7	vacía	

### CLAPETA 1:

A13.0	Abierta	
A13.1	Cerrada	
A13.2	Falla Sistema	
A13.3	Nivel 1664	
A13.4	Nivel 1653	
A13.5	con Clapeta	VASTAGO
A13.6	sin Clapeta	
A13.7	Mantenimiento	

### CLAPETA 2:

A16.0	Abierta	
A16.1	Cerrada	
A16.2	Falla Sistema	
A16.3	Nivel 1664	
A16.4	Nivel 1653	
A16.5	con Clapeta	VASTAGO

A16.6	sin Clapeta	
A16.7	Mantenimiento	

### CLAPETA 3:

A17.0	Abierta	
A17.1	Cerrada	
A17.2	Falla Sistema	
A17.3	Nivel 1664	
A17.4	Nivel 1653	
A17.5	con Clapeta	VASTAGO
A17.6	sin Clapeta	
A17.7	Mantenimiento	

A20.0	de Alivio	
A20.1	Llenado del Pulmón	
A20.2	Salida de Presión del Pulmón	
A20.3	Extender	Vástago Clapeta 1
A20.4	Retraer	
A20.5	Retraer	
A20.6	Extender	Vástago Clapeta 2
A20.7	Retraer	

A21.0	Retraer	Vástago Clapeta 2
A21.1	Extender	Vástago Clapeta 3
A21.2	Retraer	
A21.3	Retraer	
A21.4	vacía	
A21.5	Compuerta 1	en Mantenimiento
A21.6	Compuerta 2	
A21.7	Compuerta 3	

A40.0	Fin de Carrera Inferior	Clapeta 1
A40.1	Fin de Carrera Superior	
A40.2	Fin de Carrera Inferior	Clapeta 2
A40.3	Fin de Carrera Superior	
A40.4	Fin de Carrera Inferior	Clapeta 3
A40.5	Fin de Carrera Superior	
A40.6	Fin de Carrera Inferior	Compuerta 1
A40.7	Fin de Carrera Superior	

A41.0	Fin de Carrera Inferior	Compuerta 2
A41.1	Fin de Carrera Superior	
A41.2	Fin de Carrera Inferior	Compuerta 3
A41.3	Fin de Carrera Superior	
A41.4	vacía	
A41.5	vacía	
A41.6	vacía	
A41.7	vacía	

A44.0	Compuerta 1	Local/Manual
A44.1	Compuerta 2	
A44.2	Compuerta 3	
A44.3	ABRIR	COMPUERTA 1
A44.4	CERRAR	
A44.5	ABRIR	COMPUERTA 2
A44.6	CERRAR	
A44.7	ABRIR	COMPUERTA 3

A45.0	CERRAR	Compuerta 3
A45.1	M 10	Arranque
A45.2	M 20	
A45.3	SISTEMA A	Tiempo Presión Mínima
A45.4	SISTEMA B	
A45.5	Clapeta 1	Mantenimiento
A45.6	Clapeta 2	
A45.7	Clapeta 3	

A48.0	ABRIR	Clapeta 1
A48.1	CERRAR	
A48.2	ABRIR	Clapeta 2
A48.3	CERRAR	
A48.4	ABRIR	Clapeta 3
A48.5	CERRAR	
A48.6	Presión mínima cilindro 3	
A48.7	vacía	

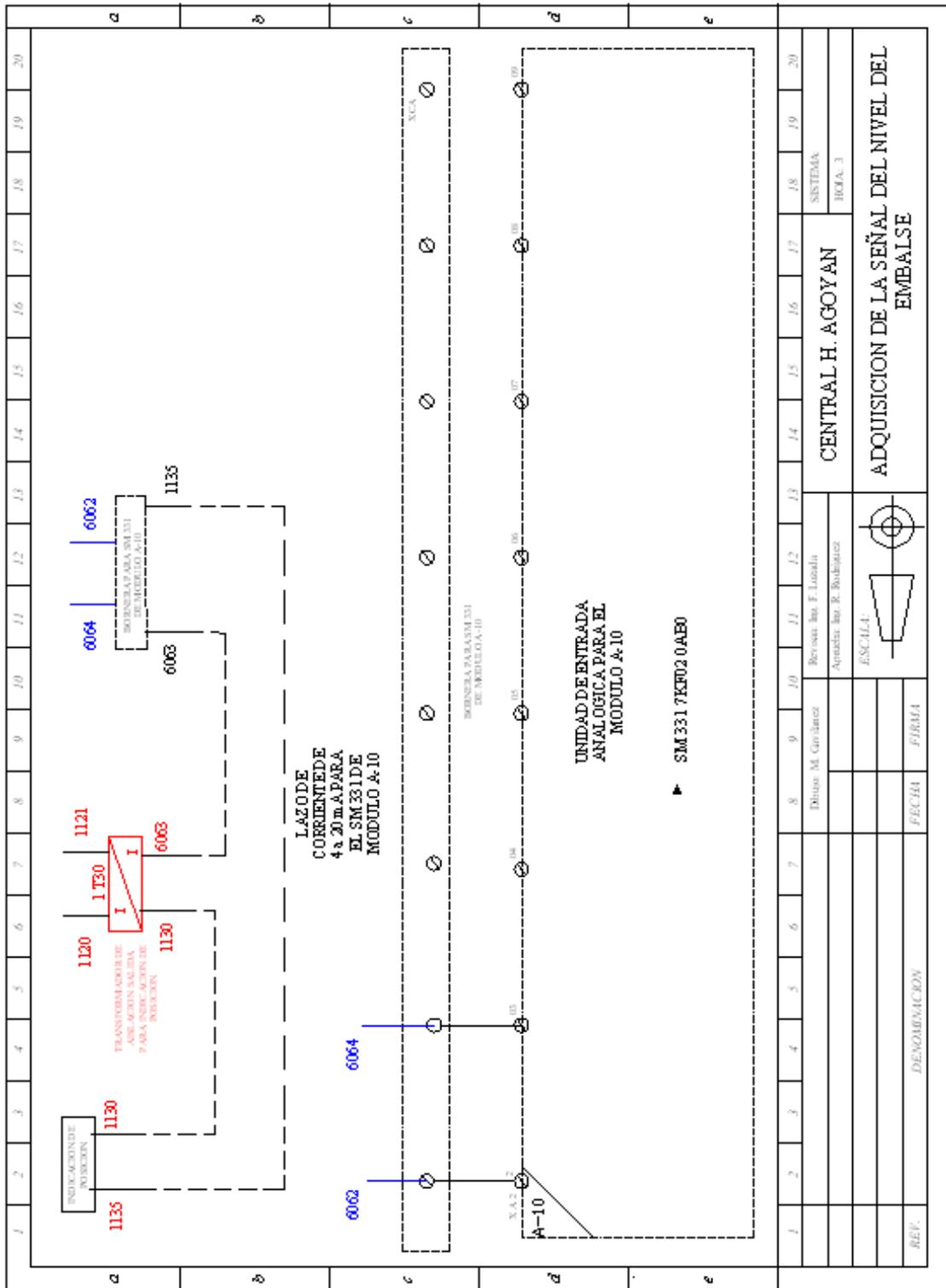
A49.0	vacía	
A49.1	Clapeta 1	Mantenimiento
A49.2	Clapeta 2	
A49.3	Clapeta 3	
A49.4	Falla Sistema Oleo	
A49.5	Alerta Crecida	
A49.6	Alarma Apertura Compuertas Radiales	
A49.7	vacía	

A52.0	Inferior	Clapeta 1
A52.1	Superior	
A52.2	Inferior	Clapeta 2
A52.3	Superior	
A52.4	Inferior	Clapeta 3
A52.5	Superior	
A52.6	Inferior	Compuerta 1
A52.7	Superior	

A53.0	Inferior	Compuerta 2
A53.1	Superior	
A53.2	Inferior	Compuerta 3
A53.3	Superior	
A53.4	vacía	
A53.5	vacía	
A53.6	vacía	
A53.7	vacía	

### Anexo 3:

### Señal Analógica del Nivel del Embalse



### Anexo 4:

### Señal Analógica de la Clapeta 1

