

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



## **AUTOMATIZACIÓN DE PRESAS EN UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA**

### **INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

### **INGENIERO ELÉCTRICISTA**

### **PRESENTADO POR:**

GONZALO MARTIN ALONSO CONTRERAS LADINES

### **PROMOCIÓN**

**2003 - I**

**LIMA – PERU**

**2010**

# **AUTOMATIZACIÓN DE PRESAS EN UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA**

He tenido maestros que sembraron en mi importantes semillas de conocimiento, y otros, que me enseñaron a disfrutar de mi propia siembra. A ambos, les estoy eternamente agradecido.

## SUMARIO

Hoy en día se hace cada vez más importante el concepto de confiabilidad de operación de los sistemas eléctricos de potencia por lo que las empresas del sector eléctrico están obligadas a pensar como alcanzarla sea que se trate de la operación de un sistema de distribución, transmisión o generación.

Muchas de las instalaciones mencionadas se encuentran ubicadas geográficamente en lugares de difícil acceso y bajo la influencia de comunidades campesinas hostiles que, si no se saben tratar mediante una adecuada gestión social pueden ocasionar paros, bloqueos de acceso y toma de instalaciones industriales, por cuanto, para tener una alta disponibilidad no solo es necesario prevenir fallas eléctricas y/o mecánicas en los equipos, sino también contemplar un adecuado plan de contingencia operativo basado en operación remota en un escenario con disturbios sociales en los hay que reducir la presencia en sitio para garantizar la seguridad y la vida de los trabajadores.

El presente informe de suficiencia abarca el desarrollo de un proyecto de telecontrol aplicado a presas que puede implementarse a tipo central hidroeléctrica que aún no cuente con un sistema de telecontrol. Los tópicos contemplan desde el concepto hasta la ingeniería de detalle necesaria para lograr monitorear y controlar los diversos parámetros hídricos fundamentales para la operación de la central hidroeléctrica.

## INDICE

### PROLOGO

### CAPITULO I

#### ANTECEDENTES

- 1.1 Objetivo 2
- 1.2 Alcance 2

### CAPITULO II

#### DESCRIPCION Y FUNCIONALIDAD DE LAS PRESAS EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA

- 2.1 Tipos de presas 3
  - 2.1.1 Presa de captación 5
  - 2.1.2 Presa de embalsamiento 7
  - 2.1.3 Presa de regulación 7
- 2.2 Embalse 8
- 2.3 Estructura civil de la presa 12
- 2.4 Clasificación de compuertas por sistema de izaje 14
  - 2.4.1 Compuertas deslizantes 14
  - 2.4.2 Compuertas radiales 20
- 2.5 Clasificación de compuertas por funcionalidad 21
  - 2.5.1 Compuerta de captación 21
  - 2.5.2 Compuerta de cresta 22
  - 2.5.3 Compuerta desrripiadora 22
  - 2.5.4 Compuerta de descarga principal 22
  - 2.5.5 Compuerta de mantenimiento 23

### CAPITULO III

#### LIMITACIONES, DEFICIENCIAS Y ASPECTOS NEGATIVOS DE LA OPERACIÓN TRADICIONAL DE UNA PRESA

- 3.1 Riesgo de elevadas pérdidas económicas 25
- 3.2 Pérdida de Horas Hombre 25

<b>3.3</b>	<b>Ineficiencia en los cálculos de los parámetros hídricos</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Exposición del personal de operaciones a disturbios sociales</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Mayor riesgo de accidente por índice de frecuencia de labores</b>	<b>28</b>
<b>3.6</b>	<b>Mayor impacto ambiental por generación de desechos</b>	<b>30</b>

## **CAPITULO IV**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO DE TELECONTROL DE UNA PRESA DE REGULACION DIARIA**

<b>4.1</b>	<b>Generales</b>	<b>32</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Confiabilidad</b>	<b>32</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Disponibilidad de operación y mantenibilidad</b>	<b>32</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Disponibilidad de repuestos</b>	<b>32</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Integración con otros sistemas Scada</b>	<b>33</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Flexibilidad del Software</b>	<b>33</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Arquitectura Cliente / Servidor</b>	<b>33</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Función de base de datos y registro de históricos</b>	<b>33</b>
<b>4.1.8</b>	<b>Seguridad</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>Específicas</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1</b>	<b>De los sensores adicionales</b>	<b>35</b>
<b>4.2.2</b>	<b>De los controladores lógicos programables</b>	<b>37</b>
<b>4.2.3</b>	<b>De la interfase hombre máquina</b>	<b>37</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Del hardware de comunicaciones</b>	<b>38</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Del hardware de adquisición de datos</b>	<b>40</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Del suministro de energía</b>	<b>41</b>
<b>4.2.7</b>	<b>Del servidor de base de datos y monitoreo</b>	<b>42</b>
<b>4.2.8</b>	<b>Del software de desarrollo</b>	<b>42</b>

## **CAPITULO V**

### **INGENIERIA DE DETALLE**

<b>5.1</b>	<b>Lógica programada en el PLC principal de la presa</b>	<b>44</b>
<b>5.2</b>	<b>Lógica programada en los PLC`s auxiliares correspondientes a compuertas deslizantes (B4, B8, B3.1, B3.2 y B5)</b>	<b>48</b>
<b>5.3</b>	<b>Lógica programada en los PLC`s auxiliares correspondientes a compuertas radiales (B1.1 y B1.2)</b>	<b>53</b>

	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>57</b>
--	---------------------------------------	-----------

<b>ANEXOS</b>	59
<b>ANEXO A</b>	
<b>PLANOS DE CONTROL DE LA LOGICA CABLEADA DE LAS COMPUERTAS DESLIZANTES</b>	60
<b>ANEXO B</b>	
<b>PLANOS DE CONTROL DE LA LOGICA CABLEADA DE LAS COMPUERTAS RADIALES</b>	67
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	81

## PROLOGO

Gran cantidad de bocatomas y represas de las diversas centrales de generación de energía del país se gobiernan por una tradicional y poco eficiente operación local de sus compuertas basados en cálculos engorrosos y poco exactos. Esto representa una oportunidad de mejora para implementar un sistema autónomo e inteligente que permita operar la represa con mayor confiabilidad

El propósito de este informe es explicar la ingeniería desarrollada en un proyecto de telecontrol aplicado a una represa de regulación diaria de una central hidroeléctrica, tomando como base la existente represa Huallamayo de la central hidroeléctrica Yuncan, en la ceja de selva del Departamento de Pasco.

La central Yuncan otorgada en concesión a la empresa generadora Enersur, opera hoy en día sus diversas instalaciones desde una sala de control recientemente habilitada en Lima, a cientos de kilómetros de distancia con altos índices de disponibilidad.

En una primera parte, este informe enfoca el objetivo y el alcance del proyecto de automatización de presas, luego explica los diferentes tipos de presa comúnmente utilizados en centrales de generación eléctrica, así como describe los principales componentes hidromecánicos y civiles que componen un represa; luego, se indican las desventajas y limitaciones que tiene un represa en sus sistemas de control y monitoreo tradicional evidenciando los beneficios que resultan de evolucionar éstos con la incorporación de un controlador programable. En la siguiente parte del informe, se indican las especificaciones técnicas requeridas para implementar el telecontrol y automatismo operativo de la represa de Huallamayo. Por ultimo en el capítulo final se desarrolla la ingeniería del Scada aplicado a la represa mediante el software Labview 8.6 perteneciente al fabricante de PLC`s National Instruments. Mediante algoritmos lógicos se generan las pantallas de control y monitoreo a ser instaladas en los HMI`s y en las estaciones de control remotas.



# **CAPITULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Objetivo**

Implementar un sistema de telecontrol en una presa de regulación diaria correspondiente a una central hidroeléctrica. El telecontrol estará constituido por un versátil sistema Scada que permita monitorear y controlar los diversos parámetros hidromecánicos de la presa. El proyecto tiene como principal objetivo otorgar mayor confiabilidad a la operación de la central hidroeléctrica, respetando los despachos de generación programados por el COES.

Además tendrá los siguientes efectos positivos:

- Mejoramiento de la calidad operativa de la presa
- Disponibilidad de data hídrica para planeamiento operativo
- Disminución de la horas hombre correspondientes a la operación de la presa
- Disponibilidad de control operativo de la presa pese a disturbios sociales en el área de influencia.
- Reducción de la exposición al riesgo de accidentes.
- Reducción de la generación de residuos y su consecuente impacto ambiental

### **1.2 Alcance**

El proyecto de telecontrol que se describe en el presente Informe ha sido desarrollado en una presa de regulación diaria, con embalse de mediana dimensión en una central hidroeléctrica con turbinas Pelton; sin embargo, cabe mencionar que realizando ciertas modificaciones en la ingeniería del proyecto, este puede ser implementado en otros tipos de presa y en centrales con turbinas de menor caída.

El informe pone énfasis en la metodología usada para obtener un algoritmo de lógica esencialmente binaria a partir de tableros eléctricos gobernados por elementos electromecánicos tales como contactores, selectores, pulsadores y temporizadores para finalmente integrarlo todo en un PLC con interfases hombre maquina, y con estaciones de operación remotas utilizando fibra óptica, microondas y onda portadora como medios de comunicación redundantes y otorgando confiabilidad a la operación de la represa.

## CAPITULO II

### DESCRIPCION Y FUNCIONALIDAD DE LAS PRESAS EN UNA CENTRAL HIDROELECTRICA

#### 2.1 Tipos de presas

Los diferentes tipos de presas responden a las diversas posibilidades de cumplir la doble exigencia de resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso. En cada caso, las características del terreno y los usos que se le quiera dar al agua, condicionan la elección del tipo de presa más adecuado.

Desde el punto de vista civil podemos clasificarlas en dos grandes grupos según su estructura:

- **Presa de gravedad:**

Son aquellas en las que su propio peso es el encargado de resistir el empuje del agua. El empuje del embalse es transmitido hacia el suelo, por lo que éste debe ser muy estable capaz de resistir, el peso de la presa y del embalse. Constituyen las presas de mayor durabilidad y que menor mantenimiento requieren. Su estructura recuerda a la de un triángulo isósceles ya que su base es ancha y se va estrechando a medida que se asciende hacia la parte superior aunque en muchos casos el lado que da al embalse es casi de posición vertical. La razón por la que existe una diferencia notable en el grosor del muro a medida que aumenta la altura de la presa se debe a que la presión en el fondo del embalse es mayor que en la superficie, de esta forma, el muro tendrá que soportar más fuerza en el lecho del cauce que en la superficie. La inclinación sobre la cara aguas arriba hace que el peso del agua sobre la presa incremente su estabilidad.

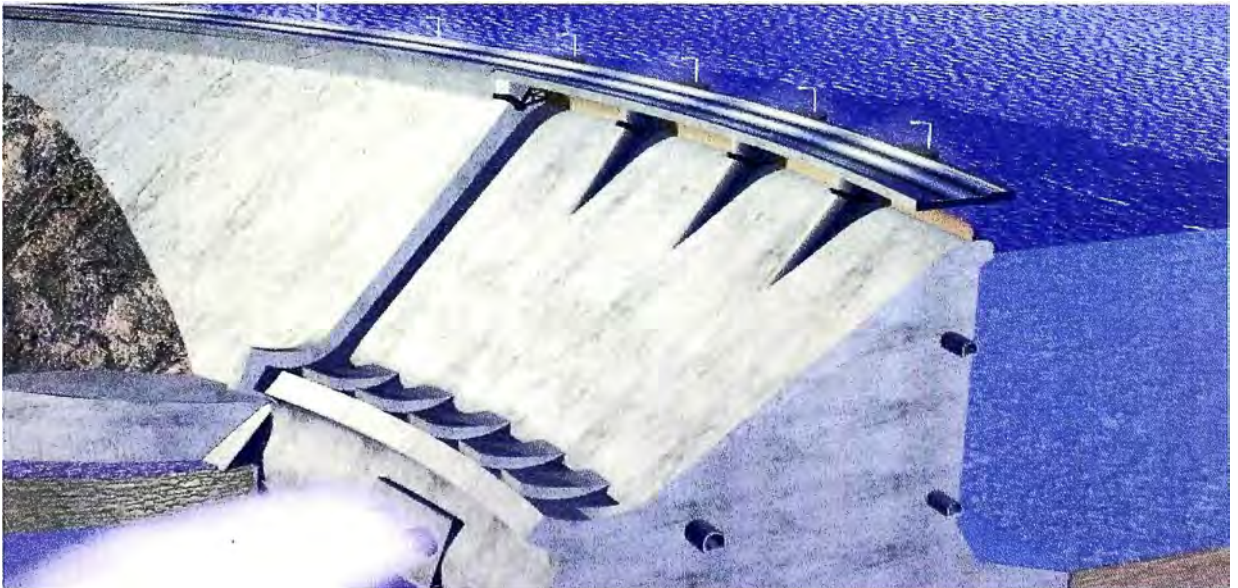
Si realizamos un corte transversal en la estructura de la represa se puede observar que está conformada macizamente por miles de metros cúbicos de concreto, que permiten asentar la estructura sobre el lecho del río y embalsar las aguas del mismo.

A continuación se muestra la imagen de una represa de gravedad, descargando agua a nivel de sus compuertas de cresta. La geometría y curvatura de los vertederos obedece a un cálculo eficiente del flujo hídrico.



**Fig.2.1 Represa de gravedad de Pinilla - España**

A continuación se muestra la imagen digitalizada de un modelo de presa de gravedad, con galerías internas embebidas en el concreto para la circulación del personal de operación y mantenimiento.



**Fig.2.2 Representación isométrica de una presa de gravedad**

- **Presa tipo bóveda:**

Son aquellas en las que su propia forma es la encargada de resistir el empuje del agua. Debido a que la presión se transfiere en forma muy concentrada hacia las laderas de la cerrada, se requiere que ésta sea de roca muy dura y resistente. Constituyen las represas más innovadoras en cuanto al diseño y que menor cantidad de hormigón se necesita para su construcción. Cuando la presa tiene curvatura en el plano vertical y en el plano horizontal, también se denomina de bóveda. Para lograr sus complejas formas se construyen con hormigón y requieren gran habilidad y experiencia de sus constructores que deben recurrir a sistemas constructivos poco comunes. Las represas tipo bóveda son generalmente usadas para grandes embalses con largas longitudes de cresta.

En la imagen que se muestra a continuación se puede apreciar un represa tipo bóveda o arco, que, cumple adicionalmente a su función principal, la de servir de medio de comunicación. Comúnmente el diseño de una presa de este tipo contempla la implementación de una carretera o vía vehicular a lo largo de su cresta.



**Fig.2.3 Represa tipo bóveda de Altazar - España**

Por otro lado si clasificamos las presas por su funcionalidad en un proyecto hidroeléctrico podemos decir que existen básicamente tres tipos: presa de derivación, presa de embalsamiento y presa de regulación o mixta. A continuación pasamos a definir cada una de ellas.

### **2.1.1 Presa de captación**

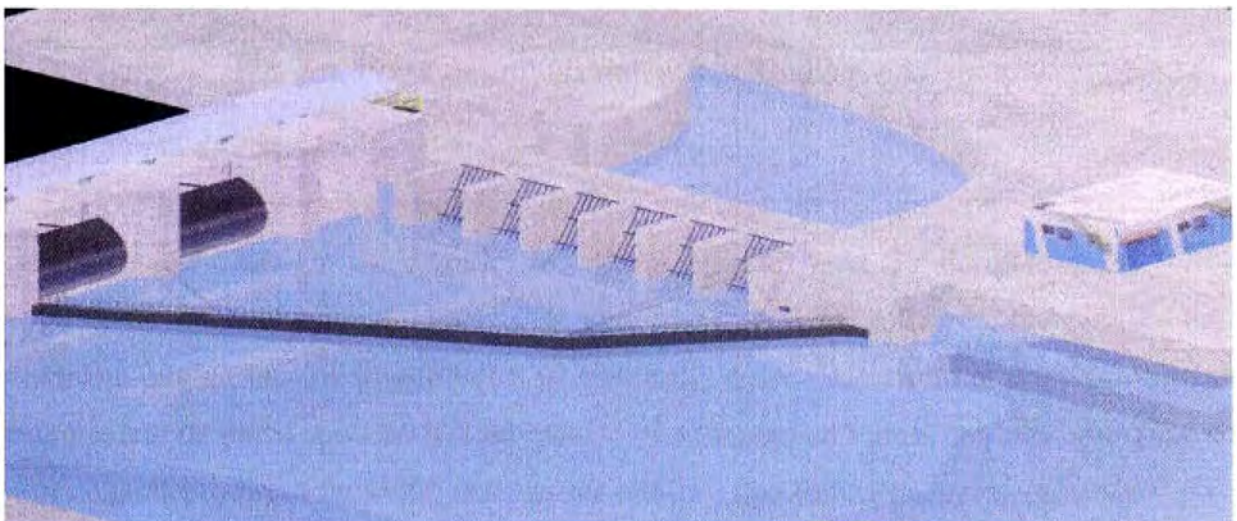
Es aquella presa que sirve para derivar las aguas de un afluente en forma directa hacia un canal de captación o túnel de aducción. Se caracteriza por no poseer capacidad de almacenamiento o tener un microembalse con característica de nivel constante que permite tomar las aguas del río en forma continua y sin turbulencias que puedan dañar la estructura de la captación o las rejillas instaladas aguas arriba de las compuertas de captación.

La imagen que se muestra a continuación corresponde a una represa de derivación. En ella se puede apreciar el canal de captación y las naves desarenadoras que se encuentran ubicadas previas al túnel de conducción de la central hidroeléctrica.



**Fig. 2.4. Presa Uchuhuerta**

La represa Uchuhuerta ha implementado el uso de un deflector flotante de manera a desviar en épocas de avenida gran parte de la palizada que trae el río a su vertedero tal como se muestra en la imagen virtual que se muestra a continuación. Cabe mencionar que ya son varias las presas que implementan este mecanismo, entre las cuales podemos encontrar a la represa Chimay de la empresa Edegel.



**Fig. 2.5. Proyecto de deflector flotante en presa Uchuhuerta**

### 2.1.2 Presa de embalsamiento

El objetivo principal de éstas es retener el agua para uso regulado para la generación eléctrica, formando grandes vasos o lagunas artificiales. El mayor porcentaje de presas del mundo, las de mayor capacidad de embalse y mayor altura de corona corresponden a este tipo de presa. A continuación se muestra la imagen del embalse Hoover en Arizona – USA.



**Fig. 2.6. Presa de embalsamiento de Hoover – Arizona**

### 2.1.3 Presa de regulación

Las presas de regulación combinan la funcionalidad de los dos tipos de presas antes mencionados. Cumplen la función de embalsamiento y la de derivación en forma simultánea. Por consiguiente, sobre este tipo de presa la filosofía de operación es más compleja que en los casos anteriores. El presente informe desarrolla el telecontrol sobre este modelo de presa aplicado a la represa de Huallamayo en Pasco, con una capacidad de almacenamiento bruto de 1`800 000 metros cúbicos que utiliza las aguas represadas para cubrir la generación de energía en las horas punta de cada día.



**Fig. 2.7. Vista aguas arriba de la represa de Huallamayo**

## 2.2 Embalse

Se denomina embalse o reservorio a la acumulación de agua en el lecho de un río como consecuencia de una represa.

Las características principales de un embalse son las curvas cota-volumen, la curva cota versus superficie inundada y el caudal de regulación.

El nivel del agua en un embalse es siempre mayor que el nivel original del río. Desde el punto de vista de la operación de los embalses, se definen una serie de niveles. Los principales en orden creciente son:

- **Nivel mínimo minimorum:**

Es el nivel mínimo que puede alcanzar el embalse; coincide con el nivel mínimo de la toma situada en la menor cota.

- **Nivel mínimo operacional:**

Es el nivel por debajo del cual las estructuras asociadas al embalse y la presa no operan u operan en forma inadecuada. Cabe mencionar que cuando el embalse se encuentra por debajo de este nivel generalmente en el la zona próxima a la captación del túnel se generan

torbellinos que si logran ingresar pueden ocasionar un colapso en los túneles o en la tubería forzada.

- **Nivel medio:**

Es el nivel que tiene 50% de permanencia en el lapso del ciclo de compensación del embalse, que puede ser de un día, para los pequeños embalses, hasta periodos plurianuales para los grandes embalses. El periodo más frecuente es de un año.

- **Nivel máximo operacional:**

Al llegarse a este nivel se comienza a verter agua con el objetivo de mantener el nivel pero sin causar daños aguas abajo.

- **Nivel del vertedero:**

Si la presa dispone de un solo vertedero libre, el nivel de la solera coincide con el nivel máximo operacional. Si el vertedero esta equipado con compuertas, el nivel de la solera es inferior al máximo operacional.

- **Nivel máximo normal:**

Al llegarse a este nivel la operación cambia de objetivo y la prioridad es garantizar la seguridad de la presa. En esta fase pueden ocurrir daños aguas abajo; sin embargo, se intentará minimizar los mismos.

- **Nivel máximo maximorum:**

Se mantiene el nivel a toda costa; el caudal descargado es igual al caudal que entra en el embalse.

A continuación se muestran los principales parámetros del embalse de Huallamayo materia del presente informe:

**TABLA N° 2.1. Características principales del reservorio de Huallamayo**

Objetivo	Regulación Diaria
Nombre del Río	Río Paucartambo
Área de Cuenca	443.6 Km.
Capacidad total de almacenamiento	1.60 MMC (millones de metros cúbicos)
Capacidad efectiva de almacenamiento	0.45 MMC
Superficie de agua	0.15 km <sup>2</sup> en NAMO



Longitud de la superficie de agua	1.2 Km. en NAMO
Ancho máximo	230 m en NAMO
Caudal de Avenida de Diseño	500 m <sup>3</sup> /s
NAME (Nivel de Agua Máximo Extraordinario)	2,414.85
NAMO (Nivel de Agua Máximo Ordinario)	2,412.50
NANO (Nivel de Agua Normal)	2,410.50
NAMI (Nivel de Agua Mínimo)	2,409.00
Descenso de Nivel Permisible	3.5 m

Para poder tener estimar la capacidad del reservorio es necesario realizar anualmente una batimetría para determinar los cambios en el fondo del embalse.

Existen varios métodos para realizar la batimetría, pero todos parten creando una nube de puntos, distribuida de forma geométrica intentando conformar trazados rectos y paralelos entre sí, en forma de malla. Esta malla contiene la ubicación de los puntos principales de medición, por lo que el procedimiento para obtener las cotas en cualquier otro punto consiste simplemente en interpolar valores de medición. Este procedimiento actualmente está automatizado, por lo que el resultado es prácticamente inmediato.

En el embalse Huallamayo se ha realizado es estudio batimétrico utilizando una estación total para la ubicación de los puntos de medición y una sonda ultrasónica para determinar las alturas de agua en cada uno de ellos.

Los datos colectados son procesados por medio de un software que permite simular la geometría del lecho del embalse y determina las extensiones transversales para cada cota establecida. Los valores medios pueden ser muy fácilmente aproximados por medio de interpolación matemática. Finalmente conociéndose las áreas transversales y las correspondientes cotas se puede realizar un cálculo aproximado de los volúmenes de agua almacenados para cada una de las cotas. La tabla que se muestra a continuación, contiene los resultados de la última batimetría realizada al reservorio Huallamayo.

**TABLA 2.2. Reservorio Huallamayo: Áreas y volúmenes versus cotas**

WL m	dh m	Área m <sup>2</sup>	Superficie m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>
2413	0	145,165.74	141,844	70,922
2412	0.5	138,521.30	135,329	135,329
2411	1	132,135.71	129,004	129,004
2410	1	125,871.36	122,801	122,801
2409	1	119,731.18	116,735	116,735
2408	1	113,738.75	110,646	110,646
2407	1	107,553.51	102,758	102,758
2406	1	97,963.34	94,422	94,422
2405	1	90,879.79	87,321	87,321
2404	1	83,762.30	81,106	81,106
2403	1	78,450.19	75,055	75,055
2402	1	71,659.06	67,385	67,385
2401	1	63,111.93	59,706	59,706
2400	1	56,299.57	52,158	52,158
2399	1	48,016.61	44,751	44,751
2398	1	41,484.75	39,522	39,522
2397	1	37,558.43	36,213	36,213
2396	1	34,867.53	33,620	33,620
2395	1	32,372.44	31,294	31,294
2394	1	30,215.11	27,467	27,467
2393	1	24,718.73	21,649	21,649
2392	1	18,579.72	17,586	17,586
2391	1	16,591.89	15,834	15,834
2390	1	15,075.52	9,261	9,261
2389	1	3,446.32	3,340	3,340
2388	1	3,233.05	3,115	3,115
2387	1	2,996.39	2,844	2,844
2386	1	2,692.57	2,478	2,478
2385	1	2,263.06	1,771	1,771
2384	1	1,278.35	1,225	1,225
2383	1	1,171.69	1,085	1,085
2382	1	998.50	945	945
2381	1	891.62	803	803
2380	1	713.71	442	2,210
2375	5	170.29	97	483
2370	5	23.00	18	91
2365	5	13.45	7	34
2360	5	0.00		

### 2.3 Estructura civil de la presa

A continuación se describen las principales características de la presa de Huallamayo, materia del presente Informe.

**TABLA 2.3 Características principales de la presa Huallamayo**

Cuerpo de la Presa	
Tipo	Concreto de Tipo Gravedad
Altura y volumen	60 m / $52 \times 10^3 \text{ m}^3$
Nivel de Cresta	EL 2,417.00
Longitud de Cresta	75 m
Ancho de Cresta	4.10 m
Pendiente Aguas Arriba	0.06:1 (H:V)
Pendiente Aguas Abajo	0.82:1 (H:V)
Vertedero	
Vertedero de Demasías	2 unidades
Ancho	9.00 m
Nivel de Cresta	EL 2,412.50
Caudal Máximo	125 $\text{m}^3/\text{s}$ (/2 unidades) en NAME 2,414.85
Compuerta de Cresta	1 unidad
Tipo	Vagón
Ancho x Altura	3.00 m x 4.00 m
Nivel de Solera	2,409
Caudal Máximo	76 $\text{m}^3/\text{s}$ (/ 1 unidad) en NAME 2,414.85
Instalaciones de Limpia	
Tipo y cantidad	Radial / 2 unidades
Ancho x Altura	5.00 m x 5.79 m
Nivel de Solera	2,388.038 (2,389.50 en el Ingreso)
Caudal Máximo	495 $\text{m}^3/\text{s}$ (/ 1 unidad) en NAME 2,414.85
Compuerta de Limpia	1 unidad
Tipo	Vagón
Ancho x Altura	4.00 m x 4.00 m
Nivel de Solera	2,398.00
Caudal Máximo	67 $\text{m}^3/\text{s}$ (/ 1 unidad) en NAME 2,414.85

Existen otras estructuras importantes entre las que están la bocatoma y la poza de disipación de energía. Las características principales de estas estructuras se resumen en la tabla siguiente.

**TABLA 2.4 Características principales de otras estructuras civiles importantes de la presa Huallamayo**

Bocatoma	
Compuerta de Bocatoma	1 unidad
Tipo	Vagón
Ancho x Altura	3.40 m x 6.08 m
Nivel de Solera	2,402.00
Rejilla	2 unidades
Tipo	Metálico Fijo
Ancho x Altura	4.50 m x 12.20 m
Poza Disipadora	
Tipo	Losa de Concreto Plana
Ancho x Longitud	25.00 m x 25.00 m
Nivel de Solera	2,370.00
Espesor Mínimo de Losa	2.00 m
Altura de Muros Laterales	11.00 m
Túnel de Derivación	
Longitud de Túnel	260.83 m
Nivel de Bocatoma	2,385.00
Nivel de Salida	2,372.50
Longitud de Tapón de Concreto	12.50 m (ubicado en el eje de la presa)
Casa de Control	
Tipo	Concreto armado de 1 piso
Ancho x Longitud x Altura	8.00 m x 8.00 m x 3.00 m

## 2.4 Clasificación de las compuertas por sistema de izaje

Existe una gran variedad de tipos de compuertas en presas, como las que se mencionan a continuación:

**Compuerta tipo anillo**, se utilizan en la cresta de los vertederos de clase tulipa, en aquellas presas que se encuentran equipadas con dichos vertederos

**Compuerta tipo basculante**, conocida como claveta, se utiliza tanto en la cima del vertedero de una presa como en el fondo de un río o canal.

**Compuerta tipo cilindro**, para las descargas en presión, por lo que se puede colocar la sección de toma a la profundidad que sea, en un embalse.

**Compuerta tipo lagarto**, para abrir o cerrar las tomas en presión, para efectuar las descargas de fondo.

**Compuerta tipo sector**, se utiliza en los vertederos de presas, su manipulación es por el mismo desnivel de agua que origina. No se necesita equipo mecánico para operarla.

**Compuerta tipo segmento**, se utilizan en la cresta de los vertederos de las presas. Se accionan por pistones hidráulicos o neumáticos.

**Compuerta tipo Stoney**, para tomas en presión, descargas de fondo o toma de una central hidroeléctrica.

**Compuertas tipo tambor**, funciona casi igual que las compuertas tipo sector.

**Compuerta tipo tejado**, se utilizan en los vertederos de presas, su manipulación es por el mismo desnivel de agua que se origina. No se necesita equipo mecánico para operarlas.

**Compuerta vagón**, se utilizan en las descargas de fondos y bocatomas de presas. Se acciona por medio de un pistón hidráulico o neumático.

**Compuerta tipo Stop Log**, funciona como compuerta auxiliar, para darle mantenimiento a las compuertas principales. Se operan por una grúa móvil.

En el presente informe nos centraremos en el funcionamiento de las compuertas vagón o deslizantes, operadas por winche y las compuertas radiales o de sector, operadas hidráulicamente.

### 2.4.1 Compuertas deslizantes

Al ser accionadas se deslizan por unos rieles guías fijos. Están conformadas por acero estructural y pueden llegar a pesar decenas de toneladas. Cuando son empleadas en el fondo de las presas suelen llevar lastres de concreto para brindar un adecuado sellado o estanqueidad. Poseen sellos de jebe en los bordes para evitar la generación de fugas aguas abajo de la represa.

El winche está destinado a la operación de la compuerta vagón, y está montado sobre una estructura metálica de asentamiento que soporta los mecanismos de elevación. El mismo está compuesto básicamente por un motor de enrollamiento, cables de acero, poleas y piñones de fijación, dispositivo de descanso de la compuerta, indicador mecánico de posición, dispositivo manual de izamiento, panel de dispositivo de fin de carrera superior e inferior y sensor de cable flojo montado en la estructura metálica. A continuación se muestra una imagen con las dos compuertas vagón B3.1 y B3.2 de mantenimiento en la presa Huallamayo.



**Fig. 2.8 Compuertas deslizantes de mantenimiento de la presa Huallamayo**

En las siguientes tablas se muestran las principales características de las compuertas B1.1, B1.2, B3.1, B3.2, B4, B5 y B8 de la represa Huallamayo.

**TABLA 2.5 Características de las compuertas de ribera (B-3)**

Servicio	Protección para mantenimiento de compuertas radiales
Cantidad	2 unidades
Tipo de Compuerta	Vagón
Número de Ruedas	12 unidades
Sección	7.00 m x 6.73 m (ancho x altura)
Altura de Agua en NAMO	23 m
Hermeticidad	Sellos de caucho y caucho con teflón en los cuatro bordes, asiento metálico inoxidable E304
Nivel de Solera	2,389.50
Nivel Plataforma Mantenimiento	2,413.50
Nivel Plataforma Accionamiento	2,423.00
Sistema de Accionamiento	Winche electromecánico con cables de acero galvanizado
Diámetro de Cable	35 mm. (con 12 pares de poleas)
Longitud de Cable	720 m
Esfuerzo Máximo de Izaje	223 Toneladas
Control	Panel eléctrico local
Tensión	Trifásico 380V, 60 Hz.
Tensión de Control	Monofásico 220 V, 60 Hz.
Motor Eléctrico	Trifásico, 22.5 kW
Protección de Motor	1 PW-65
Freno	Electromagnético
Puesta de Tierra	Cable de cobre, sección 100 mm <sup>2</sup> hacia guías metálicas y blindaje
Peso de Compuerta Metálica	36,127 Kg.
Peso de Lastre de Concreto	45,600 Kg.
Peso Total de Compuerta	81,727 Kg.
Velocidad de Apertura / Cierre	0.3 m/min.
Protección Anticorrosiva	Pintura epóxica, sistema zinc-coaltar, espesor seco 465 μ para áreas sumergidas y sistema zinc-enamel 245 μ para áreas expuestas

**TABLA 2.6 Características de la compuerta de cresta (B-4)**

Servicio	Control de nivel de agua
Cantidad	1 unidad
Tipo de Compuerta	Vagón
Número de Ruedas	4 unidades
Sección	3.00 m x 4.00 m (ancho x altura)
Altura de Agua en NAMO	3.5 m
Hermeticidad	Sellos de caucho y caucho con teflón en los cuatro bordes, asiento metálico inoxidable E304
Nivel de Solera	2,409.00
Nivel Plataforma Mantenimiento	2,413.50
Nivel Plataforma Accionamiento	2,423.00
Sistema de Accionamiento	Winche electromecánico con cables de acero galvanizado
Diámetro de Cable	16 mm. (con 6 pares de poleas)
Longitud de Cable	210 m
Esfuerzo Máximo de Izaje	18 toneladas
Control	Panel eléctrico local
Tensión	Trifásico 380V, 60 Hz.
Tensión de Control	Monofásico 220 V, 60 Hz.
Motor Eléctrico	Trifásico, 2.25 kW.
Protección de Motor	1 PW-55
Freno	Electromagnético
Puesta a Tierra	Cable de cobre, sección 100 mm <sup>2</sup> hacia guías metálicas y blindaje
Peso de Lastre de Concreto	Sin lastre
Peso de Compuerta	3,745 Kg.
Velocidad de Apertura	0.3 m / min.
Velocidad de Cierre	0.3 m / min.
Caudal de Descarga	76 m <sup>3</sup> /s (en NAME 2,414.85)
Protección Anticorrosiva	Pintura epóxica, sistema zinc-coaltar, espesor seco 465 μ para áreas sumergidas y sistema zinc-enamel con 245 μ para áreas expuestas



**TABLA 2.7 Características de la compuerta de Limpia (B-5)**

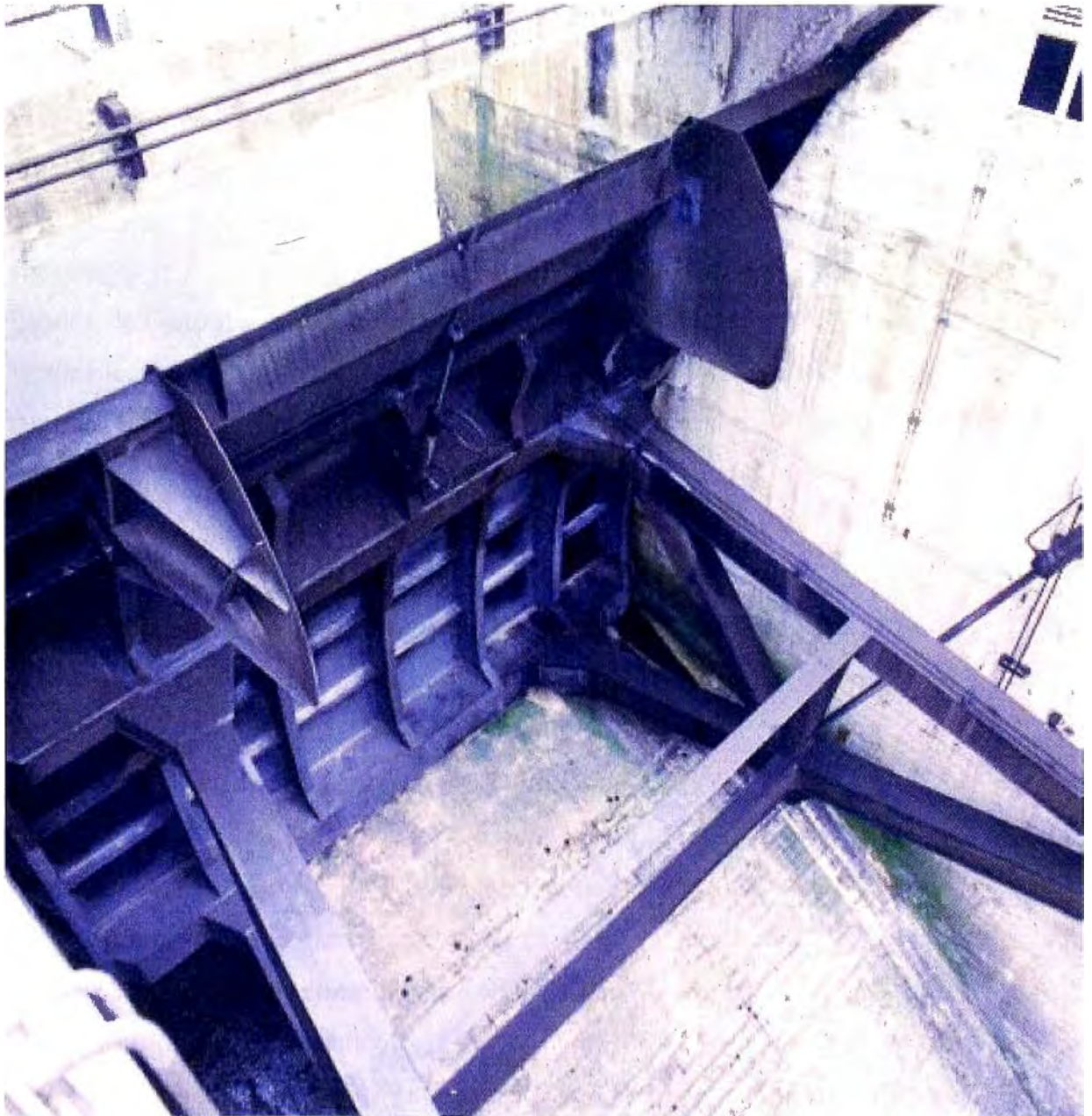
Servicio	Limpieza de sedimentos y regulación de nivel de agua
Cantidad	1 unidad
Tipo de Compuerta	Vagón
Número de Ruedas	8 unidades
Sección	4.00 m x 4.00 m (ancho x altura)
Altura de Agua en NAMO	14.5 m
Hermeticidad	Sellos de caucho y caucho con teflón en los cuatro bordes, asiento metálico inoxidable E304
Nivel de Solera	2,398.00
Nivel Plataforma Mantenimiento	2,409.00
Nivel Plataforma de Poleas	2,414.70
Nivel Plataforma Accionamiento	2,416.40
Sistema de Accionamiento	Winche electromecánico con cables de acero galvanizado
Diámetro / Longitud de Cable	25 mm. (con 04 pares de poleas) / 265 m.
Esfuerzo Máximo de Izaje	65 toneladas
Control	Panel eléctrico local
Tensión	Trifásico 380V, 60 Hz.
Tensión de Control	Monofásico 220 V, 60 Hz.
Motor Eléctrico	Trifásico, 7.5 kW.
Protección de Motor	1 PW-55
Freno	Electromagnético
Puesta a Tierra	Cable de cobre, sección 100 mm <sup>2</sup> hacia guías metálicas y blindaje
Peso de Compuerta	9,392 Kg.
Peso de Lastre de Concreto	11,000 Kg.
Peso Total de Compuerta	20,392 Kg.
Velocidad de Apertura / cierre	0.3 m / min.
Caudal Máximo de Descarga	67 m <sup>3</sup> /s (en NAME 2414.85)
Protección Anticorrosiva	Pintura epóxica, sistema zinc-coaltar, espesor seco 465 μ para áreas sumergidas y sistema zinc-enamel con 245 μ para áreas expuestas.

**TABLA 2.8 Características de la compuerta de captación (B-8)**

Servicio	Captación de agua para operación de la central y regulación de agua para mantenimiento de túnel
Cantidad	1 unidad
Tipo de Compuerta	Vagón
Número de Ruedas	8 unidades
Sección	3.40 m x 6.08 m (ancho x altura)
Altura de Agua en NAMO	10.5 m
Hermeticidad	Sellos de caucho y caucho con teflón en los cuatro bordes, asiento metálico inoxidable E304
Nivel de Solera	2,402.00
Nivel Plataforma Mantenimiento	2,414.00
Nivel Plataforma Accionamiento	2,422.50
Sistema de Accionamiento	Winche electromecánico con cables de acero
Diámetro de Cable	22 mm. (con 8 pares de poleas)
Longitud de Cable	270 m
Esfuerzo Máximo de Izaje	52 toneladas
Control	Panel eléctrico local
Tensión	Trifásico 380V, 60 Hz.
Tensión de Control	Monofásico 220 V, 60 Hz.
Motor Eléctrico	Trifásico, 5.0 kW.
Protección de Motor	1 PW-55
Freno	Electromagnético
Puesta a Tierra	Cable de cobre, sección 100 mm <sup>2</sup> hacia guías metálicas y blindaje
Peso de Lastre de Concreto	Sin lastre
Velocidad de Apertura	0.3 m / min.
Velocidad de Cierre	0.3 m / min.
Protección Anticorrosiva	Pintura epóxica, sistema zinc-coaltar, espesor seco 465 μ para áreas sumergidas
Protección Anticorrosiva	Pintura epóxica, sistema zinc-coaltar, espesor seco 465 μ para áreas sumergidas y epóxica, sistema zinc-enamel, espesor seco 245 μ para áreas expuestas.

## 2.4.2 Compuertas radiales

Las compuertas radiales son en general accionadas por un cilindro hidráulico, el cual recibe flujo de aceite desde una Unidad óleo hidráulica a través de una bomba, tuberías, válvulas manuales, electro válvulas y demás dispositivos de control y protección. Existen casos en el que el motor es alimentado por un inversor de frecuencia del tipo vectorial, con el objetivo de variar la velocidad de la compuerta. En todos los casos, el motor es dimensionado para suministrar la potencia necesaria bajo el régimen de trabajo ajustado para el proyecto. A continuación se muestra la imagen de una compuerta radial.



**Fig. 2.9 Compuerta radial**

En la tabla siguiente se observan las principales características de las compuertas radiales de la represa Huallamayo.

**TABLA 2.9 Características de las compuertas de Limpia (B-1)**

Servicio	Limpieza de sedimentos de fondo y regulación de nivel de agua
Tipo de Compuerta	Radial
Cantidad	2 unidades
Sección	5.00 m x 5.79 m (ancho x altura)
Altura de Agua en NAMO	24.46 m
Hermeticidad	Sellos de caucho con teflón en los cuatro bordes, asiento metálico inoxidable E304
Nivel de Solera	2,388.038
Nivel Plataforma de Accionamiento	2401.50 (en galería)
Sistema de Accionamiento	Pistón hidráulico
Control	Panel Eléctrico Local
Tensión	Trifásico 380V, 60 Hz.
Tensión de Control	Monofásico 220 V, 60 Hz.
Motor Eléctrico	Trifásico, jaula de ardilla, 9.2 kW.
Puesta a Tierra	Cable de cobre, sección 100 mm <sup>2</sup> hacia el blindaje metálico
Esfuerzo Máximo de Izaje	150 toneladas
Peso de Compuerta Metálica	22,858 Kg.
Peso de Lastre de Compuerta	18,000 Kg.
Peso Total de Compuerta	40,848 Kg.
Velocidad de Apertura	0.3 m/min.
Velocidad de Cierre	0.3 m/min.
Caudal Máximo	495 m <sup>3</sup> /s/unidad (en NAME 2,414.85)
Protección Anticorrosiva	Pintura epóxica, sistema zinc-coaltar, espesor seco 465 μ

## **2.5 Clasificación de compuertas por su funcionalidad**

### **2.5.1 Compuerta de captación**

Es la compuerta a través de la cual se hace ingresar el suministro hídrico al túnel de aducción o al canal a pelo libre para la generación de la central hidroeléctrica. Cuando el medio de conducción es un túnel de aducción la compuerta no regula el caudal de ingreso, por lo que solo tiene dos posiciones de trabajo: Totalmente abierta o totalmente cerrada;

sin embargo, cuando se trata de una bocatoma con canal de captación a pelo libre si cumple función de regulación.

El agua que ingresa al túnel o al canal de ingreso debe estar libre de desechos flotantes, por lo que aguas arriba de la compuerta de captación suele haber una rejilla para filtrar los desechos mencionados.

### **2.5.2 Compuerta de cresta**

Compuerta que tiene como principal función regular el caudal de descarga. Se encuentra en la parte superior de la presa, y puede formar parte de un conjunto de compuertas de cresta en presas de gran magnitud. Esta compuerta permite regular el caudal ecológico exigido por ley en las épocas de estiaje, de manera a no perjudicar la flora, fauna e irrigación de cultivos aguas abajo de la presa.

### **2.5.3 Compuerta desrripiadora**

Es una compuerta de fondo, cuya función principal es la de eliminar los residuos sólidos que se decantan en la poza desarenadora aguas arriba de las rejillas de captación. Esta compuerta debe ser operada periódicamente para realizar el desrripiado de la poza desarenadora mencionada. Cabe mencionar que esta compuerta tiene como función secundaria regular el caudal de descarga cuando la compuerta de cresta no logra abastecerse, esta cerrada y consignada por mantenimiento o cuando el nivel del embalse se encuentra por debajo del nivel de solera de cresta. La operación de esta compuerta puede relacionarse al nivel de sólidos acumulados en la poza desarenadora, así cuando el nivel de lodos alcance un determinado valor la compuerta desrripiadora puede abrir total o parcialmente para realizar la limpieza de la poza mencionada.

### **2.5.4 Compuerta de descarga principal**

Son compuertas de gran capacidad de descarga hídrica. Suelen ser del tipo radial, y suelen abrirse hidráulicamente a través de un servomotor de simple efecto; la maniobra de cierre se hace por gravedad. El nivel de solera de estas compuertas está por debajo de cualquier otra compuerta, y es que cumplen la función de descarga hídrica en maniobras de vaciado de embalse, cuando se requiere retirar la arena sedimentada a lo largo del embalse. Se diseñan con dimensiones suficientemente grandes como para poder servir de contingencia operativa ante crecidas intempestivas de las aguas del río por lluvias aguas arriba, así como crecidas por huaycos. Para esto, el diseñador debe tomar en cuenta las máximas hidrologías registradas en la cuenca de por lo menos los últimos 50 años y añadirle al máximo registro un factor de seguridad adecuado.

### **2.5.5 Compuerta de mantenimiento**

Estas compuertas por lo general son de tipo deslizante y no tienen ninguna función de regulación. Están montadas en forma serial y aguas arriba de las compuertas de descarga principal se cierran solo cuando se requiere realizar un mantenimiento en el que se indisponga la compuerta de descarga principal bloqueando totalmente el flujo de agua en la descarga correspondiente para que se pueda realizar un mantenimiento sin agua y en forma segura en las compuertas de descarga principal.

### **CAPITULO III**

## **LIMITACIONES, DEFICIENCIAS Y ASPECTOS NEGATIVOS DE LA OPERACIÓN TRADICIONAL DE UNA PRESA**

Antes de mencionar las deficiencias y aspectos negativos de la operación local de una represa describiremos las principales actividades que realiza un operador en una presa que no cuenta con un sistema de telecontrol:

- El operador en su guardia realiza inspecciones periódicas y toma lectura de los diversos instrumentos de medición instalados en la presa. Esta toma de lectura se realiza con lápiz y papel. Al mismo tiempo, el operador debe verificar que cada una de las lecturas tomadas se encuentre dentro de los límites de operación nominal de la presa.
- Ante variaciones de caudal del río o de la carga de la central, el operador debe determinar mediante un cálculo manual los requerimientos de descarga de cada una de las compuertas de la presa. Luego de esto, hacer uso de las tablas y curvas (cotas y aperturas versus caudales) para determinar con cierta exactitud que tanto debe abrir o cerrar las compuertas.
- Las maniobras de las compuertas se realizan desde un tablero eléctrico local compuesto por elementos electromecánicos como contactores y temporizadores. Cabe mencionar que muchas veces los tableros de control de las compuertas están distanciados decenas o hasta cientos de metros dependiendo de las dimensiones de la represa.
- El operador de presa debe coordinar continuamente con el operador de la central hidroeléctrica para contar con autorización de maniobra de compuertas, asimismo, debe solicitar constantemente la data de generación para poder reajustar sus cálculos.
- En épocas de avenida y cuando se presentan fuertes palizadas el operador debe realizar constantemente limpieza de las rejillas de captación, muchas veces utilizando para ello un simple rastrillo. Cuando las rejillas son profundas las maniobras manuales ponen en riesgo la seguridad del operador quien debe realizar dichas maniobras con un arnés de seguridad y en presencia de un vigía o supervisor.

Con la descripción de estas actividades podemos pasar a analizar cuales son las principales deficiencias y limitaciones.

### **3.1 Riesgo de elevadas pérdidas económicas**

Confiar la operación de la represa a un operador que eventualmente puede quedarse dormido ocasionando rebose o descargas hídricas desmesuradas en momentos en los que el costo marginal establecido por el COES es bastante elevado; por ejemplo en épocas de estiaje cuando el costo marginal supera los US\$ 200.00 representa un elevado riesgo de pérdida económica.

Por otro lado en una situación de disturbio social con toma de instalaciones en una presa resulta más probable que la turba descontrolada amenace y obligue al operador a cerrar la compuerta de captación y a vaciar el reservorio como una forma de perjudicar a la empresa generadora y que esta acceda a su pliego de reclamos. Debo anotar que esta situación se viene produciendo reiteradas veces en las represas de almacenamiento hídrico anual de la cuenca del río Huachón en Pasco, represas que abastecen de suministro hídrico a las centrales hidroeléctricas de Yuncan (Enersur) y Yaupi (SN Power).

Antes de que se implementara el telecontrol descrito en el presente informe las comunidades campesinas del distrito de Paucartambo tomaron las instalaciones de la represa Huallamayo en dos oportunidades vaciando la totalidad del volumen útil del reservorio de regulación diaria y lo mantuvieron así por un periodo poco mayor a un mes. El balance de la pérdida económica por generación superó los US\$ 200 000 además de costos de reparación por actos vandálicos.

Con un sistema de telecontrol se hubiera reducido el riesgo de que los pobladores abran las compuertas de descarga principal y cierren la compuerta de captación.

### **3.2 Pérdida de Horas Hombre**

La operación local de una represa requiere la presencia de personal en forma ininterrumpida los 365 días del año.

Analizando regimenes de horario y turnos de operadores tenemos lo siguiente:

1) 3 turnos diarios, 1 operador por turno:

HH (diaria) = HH operación + HH traslape

$$= 3 * 8 + 3 * 0.5$$

$$= 24 + 1.5$$

$$= 25.5 \text{ HH diarias}$$

Lo que equivale a 765 HH mensuales ò 9307.5 HH anuales.



2) 2 turnos diario, 1 operador por turno:

$$\begin{aligned} \text{HH (diaria)} &= \text{HH operación} + \text{HH traslape} \\ &= 2 * 12 + 2 * 0.5 \\ &= 24 + 1 \\ &= 25 \text{ HH diarias} \end{aligned}$$

Lo que equivale a 750 HH mensuales ò 9125 HH anuales.

3) 3 turnos diarios, 2 operadores por turno:

$$\begin{aligned} \text{HH (diaria)} &= \text{HH operación} + \text{HH traslape} \\ &= 3 * 8 * 2 + 3 * 0.5 * 2 \\ &= 48 + 3 \\ &= 51 \text{ HH diarias} \end{aligned}$$

Lo que equivale a 1530 HH mensuales ò 18615 HH anuales.

4) 2 turnos diarios, 2 operadores por turno:

$$\begin{aligned} \text{HH (diaria)} &= \text{HH operación} + \text{HH traslape} \\ &= 2 * 12 * 2 + 2 * 0.5 * 2 \\ &= 48 + 2 \\ &= 50 \text{ HH diarias} \end{aligned}$$

Lo que equivale a 1500 HH mensuales ò 18250 HH anuales.

Si bien es cierto que con el telecontrol se reduciría a cero las correspondientes horas hombre de operaciones en la presa, no debe entenderse que el telecontrol tiene como objetivo personal y contribuir negativamente en los índices de desempleo, sino por el contrario el objetivo es más bien utilizar más eficientemente el recurso humano con el que se cuenta. De esta manera los operadores de presa pueden pasar a laborar a otra área como lo es la caverna de maquinas o la subestación, donde sea más necesario la presencia de operadores o mantenedores para realizar otras actividades que aportarán más eficientemente al proceso de generación de energía.

Esto es a su vez un impacto positivo para los trabajadores ya que de esta forma amplían sus conocimientos y habilidades nuevas fortaleciendo su capacidad laboral.

Mediante el telecontrol las funciones desempeñadas por el operador de presa son absorbidas por las funciones del operador de la central en sala de control.

### **3.3 Ineficiencia en los cálculos de los parámetros hídricos**

El procedimiento manual de cálculo de los parámetros hídricos es lento y con alto riesgo de error. Las tablas y curvas proveen de data en forma discreta, por lo que el

cálculo para los valores que corresponden a niveles y aperturas que no se encuentran en la tabla debe ser realizado por interpolación manual.

El centro de control de la empresa generadora y del COES al contar con data hidrológica discreta no realiza un planeamiento de despacho eficiente. Algunas veces esto puede ocasionar que no se utilice el agua embalsada en los momentos donde el costo marginal es más elevado en el perfil de carga diario, o que peor aún que no se de a tiempo la orden de aumento de carga de la central hidroeléctrica y se origine un vertimiento por límite de capacidad de la presa en épocas de estiaje.

El scada del proyecto de telecontrol de presas permite monitorear en tiempo real el caudal del río y el nivel del río, con lo cual, el Centro de Control puede planificar más eficientemente el despacho de la generación. Asimismo, la toma de data y el cálculo correspondiente se realizan en forma automática, con alta exactitud y sin riesgo de error, lo cual vuelve mucho más dinámica la gestión operativa de la presa y de la central hidroeléctrica.

### **3.4 Exposición del personal de operaciones a disturbios sociales**

Al haber presencia física de los trabajadores en la represa, se pone en riesgo la integridad física y emocional de los mismos al exponerlos a potenciales situaciones de conflicto social, y es que, a pesar de que no se concreten las amenazas los operadores pueden desarrollar estrés laboral lo cual puede conllevar a mayores problemas de salud ocupacional.

Un sistema de control remoto que incluye un scada dinámico puede eventualmente reducir a cero la presencia física de personal de la empresa, limitándose únicamente a realizar mantenimientos puntuales basados en un programa que obedece a un RCM (Mantenimiento predictivo o mantenimiento por condición). Un sistema como éste trabajando en forma paralela con un sistema de CCTV (Circuito cerrado de televisión) permite que la empresa generadora solo exponga los equipos de la presa, los cuales, eventualmente pueden apantallarse para evitar vandalismos y continuar operando en forma confiable y continua.

Cabe mencionar que los bloqueos de carretera en la zona perjudican el transporte del personal operador a su frente de trabajo, además restringen el abastecimiento de alimentos.

La imagen que se muestra a continuación corresponde a las instalaciones de la presa Huallamayo en el momento en que pobladores enardecidos obligan al operador a realizar maniobras de vaciado del reservorio en agosto 2009.



**Fig. 3.1 Toma de represa Huallamayo Agosto 2009**

### 3.5 Mayor riesgo de accidente por índice de frecuencia de labores

Los peligros y riesgos asociados a las actividades operativas en una represa son considerables y muchos de ellos pueden llegar a ser significativos si los evaluamos en un matriz IPER con índices de severidad, frecuencia, consecuencia y exposición como se muestran en las siguientes tablas.

**TABLA 3.1 Matriz IPER de circulación de personal por las instalaciones**

<b>Descripción de la actividad</b>	<b>Peligro</b>	<b>Riesgo</b>
<b>Inspección y Circulación del Personal por las Instalaciones</b>	Uso de Escaleras Fijas	Caída de personas a distinto nivel (Altura mayores a 1.8 m.)
	Superficie Irregular	Caída de personas al mismo nivel
	Superficies Resbaladizas (por lluvia)	Caída de Personas al mismo nivel
	Ambiente de Trabajo	Iluminación Inadecuada o deslumbramiento
	Rocas Expuestas en las Laderas Laterales	Caída de objetos por Desplome o Derrumbamiento

**TABLA 3.2 Matriz IPER de operación local de compuertas**

Descripción de la actividad	Peligro	Riesgo
<b>Operación local de las Diversas Compuertas</b>	Paneles Energizados	Contacto Eléctrico Indirecto
		Incendio
	Movimiento de las Compuertas	Atrapamiento por o entre objetos
		Choque contra objetos móviles
Bomba manual del sistema óleo hidráulico	Sobreesfuerzos por Desplazamiento Manual de Materiales	

**TABLA 3.3 Matriz IPER de operación de grupo electrógeno**

Descripción de la actividad	Peligro	Riesgo
<b>Operación y Mantenimiento del Grupo Electrónico</b>	Uso de herramientas	Cortes con Objetos o Herramientas
	Paneles Energizados	Incendio
	Manipulación de Puerta	Choques contra objetos inmóviles
	Tanque de Combustible	Contacto con contaminantes químicos
	Inhalación	Contacto con gases o vapores

**TABLA 3.4 Matriz IPER de limpieza de rejillas**

Descripción de la actividad	Peligro	Riesgo
<b>Limpieza de Rejillas de Captación Huallamayo</b>	Trabajos en Plataforma	Caída de personas a distinto nivel
	Uso de Rastrillo	Sobreesfuerzos por Posturas Forzadas
		Golpes/cortes con objetos o herramientas
	Manipulación de Restos Arrastrados por el Río (botellas, plásticos, etc.)	Cortes con Objetos
		Sobreesfuerzos por desplazamiento manual de materiales
Bomba de Agua de Servicios	Contacto Eléctrico Indirecto	

**TABLA 3.5 Matriz IPER de actividades en sala de control de represa**

Descripción de la actividad	Peligro	Riesgo
Actividades en Sala de Control de la presa	Paneles Energizados	Contacto Eléctrico Indirecto
		Incendio
	Monitores, PC	Exposición a Radiaciones no Ionizantes
	Mobiliario / Diseño del puesto de trabajo (sillas, escritorios)	Ergonómico por Posturas Forzadas (inadecuadas)

**TABLA 3.6 Matriz IPER de actividades en almacén**

Descripción de la actividad	Peligro	Riesgo
Almacén	Almacenamiento de Aceite	Contacto con Contaminantes Químicos
	Almacenamiento de removedor de grasa	Contacto con Contaminantes Químicos

**TABLA 3.7 Matriz IPER de otras actividades en la represa**

Descripción de la actividad	Peligro	Riesgo
Uso de SSHH	Uso de SSHH	Contacto con Contaminantes Biológicos
		Caída de personas al mismo nivel
Maniobras en el faro	Altura mayor a 1.8 m	Caída de personas a distinto nivel

Con el telecontrol de presa se reduce a cero los riesgos de accidentes.

### 3.6 Mayor impacto ambiental por generación de desechos

El puesto de trabajo de operador de presa genera residuos y conlleva al consumo de recursos naturales.

La empresa generadora según los estándares ISO 14001 está obligada a realizar una identificación y evaluación de aspectos e impactos ambientales ligados a una determinada actividad y como resultado de estas ejecutar medidas preventivas y correctivas de manera a

minimizar el daño al ecosistema. Sin embargo, pese a los esfuerzos preventivos que se realicen siempre suelen haber daños en menor o mayor magnitud que no logran mitigarse totalmente y que, luego de pasado el tiempo pueden llegar a acumular impactos ambientales significativos.

A continuación se muestran dos tablas detallando los principales aspectos e impactos ambientales que pueden ser eliminados con la implementación de un telecontrol y que conllevan a una mejora significativa en los indicadores de gestión ambiental de la empresa.

**TABLA 3.8 Matriz IAEI de las actividades en la represa**

<b>Actividad</b>	<b>Aspecto ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>
<b>Actividades en Sala de Control de la presa</b>	Consumo de Agua	Agotamiento de recurso natural.
	Consumo o uso de papel	Agotamiento de recurso natural.
	Potencial Incendio	Contaminación del agua, contaminación de aire y contaminación del suelo.
	Generación de Residuo Común	Contaminación del Suelo
	Generación de Residuo Industriales Peligrosos (Pilas, Lejía).	Contaminación del Suelo.
	Generación de Efluentes Domésticos (aguas servidas)	Contaminación del agua (río Huachón).

**TABLA 3.9 Matriz IAEI por iluminación de instalaciones de la represa**

<b>Actividad</b>	<b>Aspecto ambiental</b>	<b>Impacto ambiental</b>
<b>Iluminación</b>	Potencial Incendio y/o explosión	Contaminación del agua, contaminación de aire y contaminación del suelo.
	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de recurso natural.

## **CAPITULO IV**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL PROYECTO DE TELECONTROL DE UNA PRESA DE REGULACION DIARIA**

#### **4.1 Generales**

Implementar un sistema scada que permita monitorear y controlar en forma remota los parámetros y procesos de operación en la represa de regulación diaria Huallamayo en el departamento de Pasco.

El telecontrol a implementar debe poseer los siguientes atributos o características:

##### **4.1.1 Confiabilidad**

El proyecto debe garantizar que el hardware y el scada operen sin presentar ningún tipo de falla. Cada componente deberá ser puesto a prueba antes de su instalación mediante protocolo debidamente aprobado. La empresa que se encargará del montaje y suministro de partes para la automatización deberá evidenciar que cuenta con experiencia en proyectos de automatización y sistemas Scadas en el sector eléctrico sea en el interior o el exterior del país. El proveedor deberá demostrar mediante documentos originales, que es representante autorizado por el fabricante para la venta e instalación de equipos en el Perú.

##### **4.1.2 Disponibilidad de operación y mantenibilidad**

El sistema de control deberá estar diseñado para operar en forma ininterrumpida los 365 días del año. Los mantenimientos preventivos necesarios a lo largo de su vida útil no deberán interrumpir significativamente el proceso de generación de energía eléctrica en la central hidroeléctrica.

##### **4.1.3 Disponibilidad de repuestos**

El Proveedor escogido deberá garantizar la disponibilidad de repuestos o partes que pueda requerir la empresa generadora, para lo cual, deberá adjuntar a su propuesta, la lista de stock de sus almacenes en Lima; en dicha lista deberán estar indicados los tiempos de entrega luego de realizada la orden de compra. Como es sabido muchas veces los equipos que se adquieren se discontinúan con facilidad y conseguir las partes dañadas se vuelve algo muy difícil, lo que finalmente vuelve obsoleto el sistema implementado.

#### **4.1.4 Integración con otros sistemas Scada**

El Sistema de control, mediante servidores OPC deberá ser capaz de integrarse a otros sistemas Scada ya existentes sin ocasionar conflictos en las comunicaciones o en los procesos lógicos de los demás controladores de la central hidroeléctrica Yuncan, la cual cuenta con PLC`s General Electric Series 90 y PAC`s National Instruments.

#### **4.1.5 Flexibilidad del Software**

El hardware a implementarse conformado por las pantallas táctiles, los controladores y las estaciones de operación remota deberá programarse mediante un único software, con la intención de optimizar el manejo del mismo.

#### **4.1.6 Arquitectura Cliente / Servidor**

El servidor del Scada debe instalarse en la sala de control de la central hidroeléctrica Yuncan, ubicada 14 Km., aguas debajo de la represa.

La plataforma del sistema operativa de las estaciones scada debe ser entorno Windows. Cada compuerta de la represa debe ser monitoreada y controlada alternativamente a través de un HMI (Human Machine Interface) instalada en sitio para aquellas maniobras que de consignación que requieran necesariamente la presencia de personal en campo.

#### **4.1.7 Funcion de base de datos y registro de históricos**

El servidor a ser instalado en sala de control debe tener la función de HDSR. Desde este servidor el operador de la central hidroeléctrica podrá acceder a una base de datos histórica donde podrá ubicar con facilidad el registro de los principales parámetros de control y monitoreo, así como el histórico de las alarmas configuradas.

#### **4.1.8 Seguridad**

La herramienta Scada instalada deberá contemplar el uso de Pop-Ups o ventanas de confirmación, de manera a tener una filosofía de interacción dinámica entre operador y sistema de control. Los controles críticos deberán requerir de una contraseña de acceso.

### **4.2 Específicas**

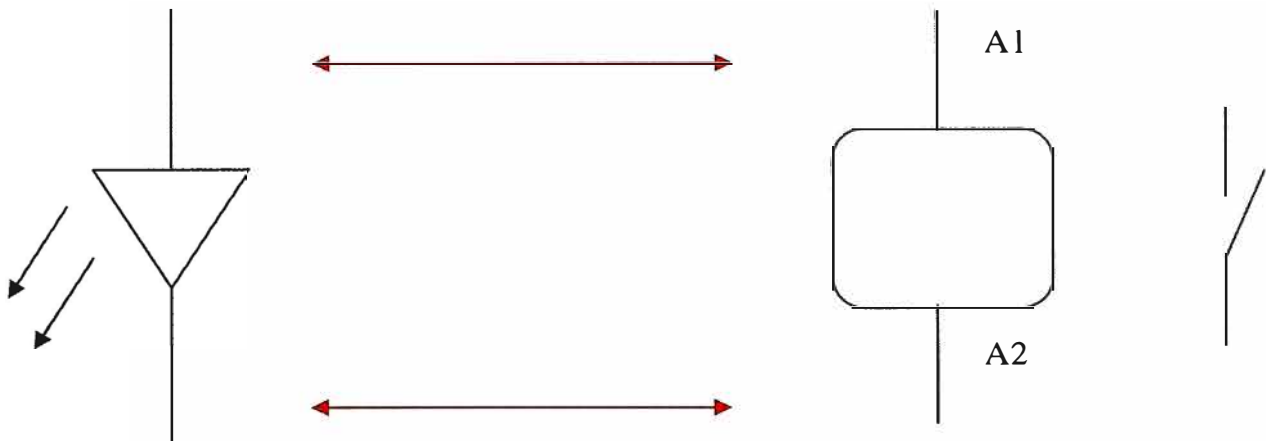
Teniendo en consideración las señales provenientes de las compuertas de la presa, se considera los siguientes puntos:

Las señales provenientes de los sensores llegan a relees auxiliares a nivel del tablero de control de cada compuerta.

El nuevo sistema adquirirá la información de los sensores a la llegada de las bobinas de los relees de donde se conectara en forma paralela hacia un opto acoplador, el cual se encargara de llevar las señales al nuevo sistema a desarrollar en 24 VDC.



El grafico siguiente muestra la forma en que se adquirirá la data de los sensores, lo que garantiza que ante la falla en un relee no se vea afectado el sistema, y que éste ultimo en forma automática continúe controlando sin problemas.



**Fig. 4.1 Representación de un opto acoplador**

De acuerdo a los planos también se están considerando llevar al sistema automático las señales de mando correspondientes a los pulsadores de abrir , cerrar compuerta, energizar sistema, parada normal, parada de emergencia y reseteo de alarmas, esto con la finalidad de realizar un registro de las maniobra de forma manual que se hiciesen.

También vale mencionar que ante la presencia de alguna falla que inhabilite el sistema automático, por defecto el sistema volverá al modo manual actual.

También, al desarrollar la adquisición de datos en forma paralela, nos obviaremos el selector local de selección de control (Local – Remoto) de la puerta de los tableros de las compuertas, ya que como observamos en la figura el modo de control será gobernado por una señal proveniente del controlador, el cual indicara quien tendrá el mando de las secuencias de control por medio de 02 salidas digitales, cuando esta salida digital sea activada. Todas las secuencias de control para todas las salidas digitales serán controladas solo desde el sistema de control automático, para poder maniobrar estas secuencias manualmente sea desde el HMI o desde la secuencia de relees se tendrá que deshabilitar desde el Scada.

También se considera que ante la presencia de una falla por el cual el sistema automático se deshabilite, por medio del watch dog del PAC, se considera que el modo de control se restablezca a manual.

Para el control de cada una de las salidas digitales de mando se habilitan salidas desde el PAC – 24 VDC, los cuales irán hacia unos opto acopladores, los cuales convertirán esta señal de 24 VDC a la tensión del circuito de control del actuador correspondiente, cada una

de estas salidas obedecerán a la lógica de relees establecida en los planos de control. El equipamiento para el sistema de cada una de las compuertas de la represa contempla el uso del siguiente hardware y/o software:

#### 4.2.1 De los sensores adicionales

Para traspasar toda la lógica cableada de los tableros de control de las compuertas, se requiere adquirir diversos sensores y adaptadores para llevar las señales digitales y analógicas al PLC. A continuación enlistamos los sensores a ser adquiridos para el proyecto de mejora:

- 1 sensor de nivel ultrasónico con 50 metros de radio de alcance y con salida analógica de corriente de 4 a 20 mA. El sensor que se muestra a continuación reemplazará la regleta visual de nivel del reservorio.



**Fig. 4.2 Sensor ultrasónico de nivel**

- 1 sensor de nivel ultrasónico con 15 metros de radio de alcance y con salida analógica de corriente de 4 a 20 mA. Este sensor será instalado aguas abajo de la rejilla de captación y por diferencia de lectura con el nivel del embalse tendrá la función de determinar el momento en el que las rejillas se encuentren saturadas (Diferencial de altura) y se requiere por consiguiente operar remotamente el automatismo del limpia-rejas. La figura que se muestra a continuación corresponde a un limpia-rejas.



**Fig. 4.3 Limpia - rejas**

- 1 medidor de lodos con salida analógica de 4 a 20 mA capaz de estimar por emisiones ultrasónicas la acumulación de arena o lodo en el fondo del reservorio. Este sensor tendrá como función alarmar al operador de central cuando la capacidad útil del embalse este comenzando a verse afectada por la sedimentación del reservorio. La realización de la batimetría del reservorio debe realizarse periódicamente, sin embargo la medición del sensor puede marcar la referencia para que esta se lleve a cabo.
- 1 medidor de lodos con salida analógica de 4 a 20 mA capaz de estimar por emisiones ultrasónicas la acumulación de arena o lodo en el fondo del microdesarenador ubicado aguas arriba de la rejilla de captación. Cuando la señal indique saturación de la trampa de arena entonces el operador de la central tendrá la pauta para realizar la limpieza de la misma a través de la apertura parcial o total de la compuerta de fondo desrriadora.
- 1 sensor de sólidos en suspensión con salida analógica de 4 a 20 mA para determinar cuando las aguas que ingresan al túnel de aducción estén por encima del límite permisivo con consecuencias en las turbinas como la erosión de los cangilones del rodete. Ante esta situación el scada activará una alarma y el operador de la central deberá comunicar y declarar ante el COES la indisponibilidad de la central por sólidos suspendidos y de esa manera evitar la erosión de las toberas y de los cangilones de los rodetes. A continuación el operador podrá proceder a realizar el cierre total de la compuerta B8 de captación.
- 1 sensor de nivel ultrasónico con 2 metros de radio de alcance y con salida analógica de corriente de 4 a 20 mA. Con la ayuda de este sensor ubicado en un aforo 1km aguas arriba del reservorio se podrá calcular de forma indirecta el valor del caudal natural del río Paucartambo.



**Fig. 4.4 Aforo**

#### 4.2.2 De los controladores lógicos programables

El controlador, será el que almacenara y ejecutara las lógicas de control desarrolladas; asimismo a parte de controlar las secuencias de control de apertura y cierre de la compuerta, el controlador por medio de su puerto Ethernet TCP/IP, llevara toda esta información a la red de comunicación por medio de la cual se podrá monitorear desde cualquier punto de esta red (Sala de control en la Subestación Eléctrica Santa Isabel o incluso Lima), y comprende las siguientes partes:

- a) Interfaz Controlador: c FP 2210 (01)
- b) Back Plane: 08 slots (01)
- c) Borneras aislantes: CB-1 (07)
- d) Fuente de Alimentación: PS-4 (01)
- e) Módulos de Expansión:
  - Entradas digitales: 01 NI DI 304 (32 entradas digitales. - 24 VDC)
  - Salidas Digitales: 02 NI DO 401 (08 salidas digitales. - 24 VDC)
  - Entradas analógicas: 01 NI AI 110 (08 in. 4 – 20 mA)



**Fig. 4.5 Compact Field Point National Instrument**

#### 4.2.3 De la interfase hombre máquina

NI TPC 2012; el HMI nos permitirá monitorear el proceso desde el mismo sitio (Sala de control de represa), así mismo se desarrollara un registro histórico de alarmas para el análisis de fallas producidos en los mecanismos de izaje de cada una de las compuertas, así como de los parámetros de nivel y caudales correspondientes. Toda esta información también será almacenada por el SCADA.

EL HMI se conectara al PAC por medio del Switch instalado, y se comunicara con éste por medio de un protocolo propietario de National Instruments.

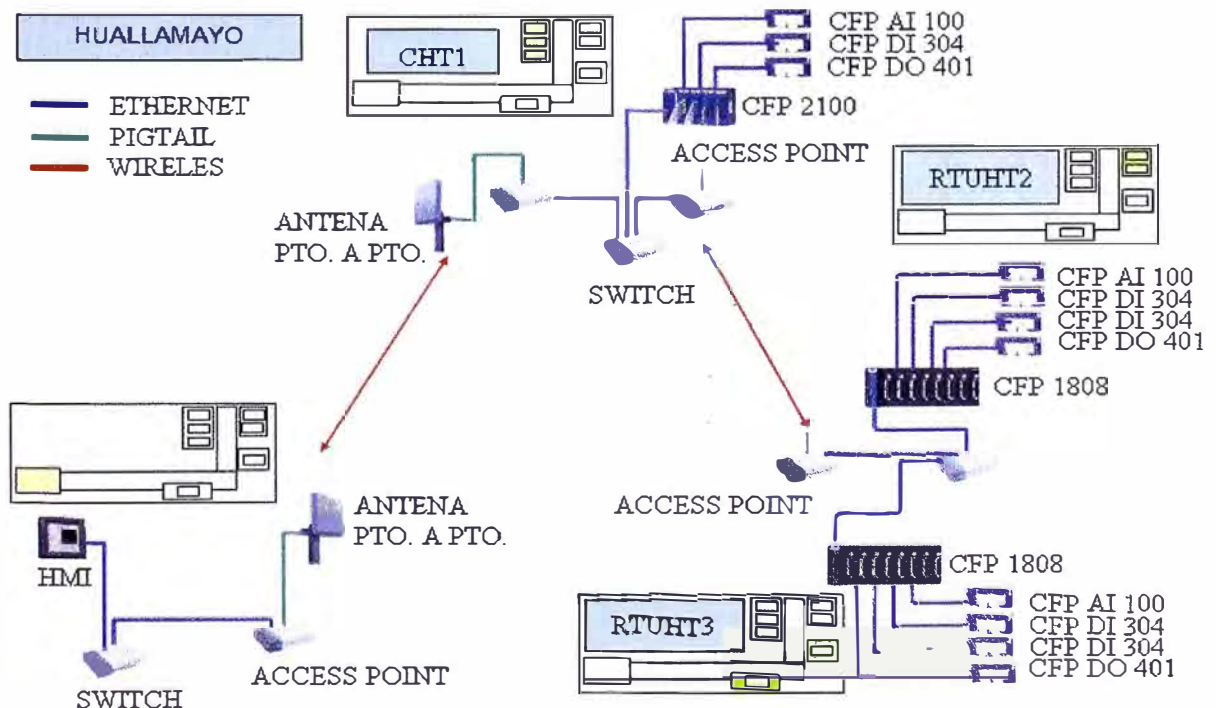
A continuación se muestra la imagen del HMI utilizado para el presente proyecto.



**Fig. 4.6** Pantalla táctil interfase hombre maquina

#### 4.2.4 Del hardware de comunicaciones

Se implementa una red Ethernet industrial, con segmentos inalámbricos, que realiza la interconexión de cada controlador como un nodo de concentración de señales que viajan a través de toda la red para ser accedidas, leídas y escritas desde el nodo que se requiera en el control y supervisión. En las Figuras 4.7 y 4.8 se muestra la arquitectura de comunicaciones.



**Fig. 4.7** Diagrama de comunicaciones de presa Huallamayo



La distribución del hardware se muestra en la siguiente imagen.

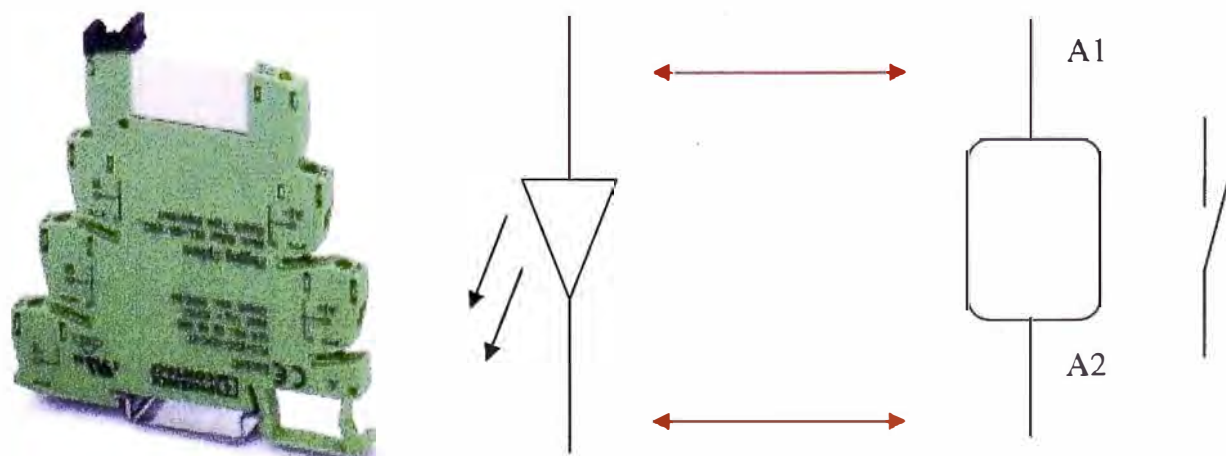


**Fig. 4.9 Distribución del Hardware de comunicaciones en presa Huallamayo**

#### 4.2.5 Del hardware de adquisición de datos

##### Opto acopladores marca Weidmuller

Las señales digitales de entrada correspondientes a cada compuertas son enlazadas al PLC a través de opto acopladores como el de la Fig.4.10, que básicamente son relees ópticos que aíslan el sistema de control cableado del nuevo PLC.



**Fig. 4.10 Imagen y esquema de un opto acoplador**

### **Acondicionadores de señal marca Weidmuller:**

Los acondicionadores de señal han sido considerados para convertir a señales de corriente (4 a 20 mA) todas aquellas señales que no se encuentran en este formato como: los termistores: mV; PT100, entre otros; los cuales por la distancia a la que se encuentran del controlador de conectarse directamente esta señal no sería una lectura correcta por las pérdidas que se presentarían.

Para poder adquirir las señales analógicas correspondientes a las corrientes de fase de cada uno de los motores y de los niveles de tensión de línea de los motores eléctricos se deben utilizar CT's y PT's y conversores de AC a DC para poder ingresar la señal al modulo de adquisición de datos analógicas del PLC.

#### **4.2.6 Del suministro de energía**

La alimentación del sistema de control de presa debe tener una alta confiabilidad por lo que se está considerando dos fuentes de alimentación en 24VDC. Una de ellas alimentada desde la red principal y la otra en conmutación automática alimentada desde el banco de baterías del sistema de emergencia de la represa. La implementación contempla un modulo de diodos los cuales permitirán realizar la conmutación entre uno y otro sistema de alimentación cuando alguno fallase, garantizando de esta manera la alimentación permanente al sistema. En la fig. 4.11 se muestra la fuente Phoenix Contact que se ha utilizado en el presente proyecto para cada uno de los controladores de las compuertas.



**Fig. 4.11 Fuente de alimentación DC**



#### 4.2.7 Del servidor de base de datos y monitoreo

El hardware servidor esta comprendido por un servidor industrial en el cual se alberga la base de datos del sistema, de tipo ORACLE, con la finalidad de que el sistema posea una base de datos ilimitada.

Así mismo se considera una PC de monitoreo, en donde se ejecutara el Scada de monitoreo y control de la presa.

El sistema se integrará a un sistema scada ya existente en una sala de control remota, similar a la que se muestra en la siguiente imagen.



**Fig. 4.12 Sala de control remota de sistema de GN en la ciudad México**

#### 4.2.8 Del software de desarrollo

El software utilizado consiste en un paquete integrador de scada, OPC y HDSR en la plataforma operativa de Windows XP. >el paquete integrador está constituido por los programas que se enlistan a continuación.

**National instruments: Labview Profesional 2009** herramienta para realizar la lógica programable.

**National instruments: NI OPC SERVER 2009**, este Toolkit posee drivers que permiten enlazar distintos controladores de acuerdo a una lista definida como por lo es el Alspa de General Electric.

**National instruments: NI DSC 2009**, este driver permite al Labview elevar su nivel a SCADA de control con herramientas mas avanzadas.

**National instruments: Labview Real Time**, esta herramienta permite ejecutar y modificar los programas descargados en los controladores Ni PAC y en los HMI's:

La siguiente figura muestra la presentación del paquete integrador de National Instruments.



**Fig. 4.13** Presentación del Software National Instruments

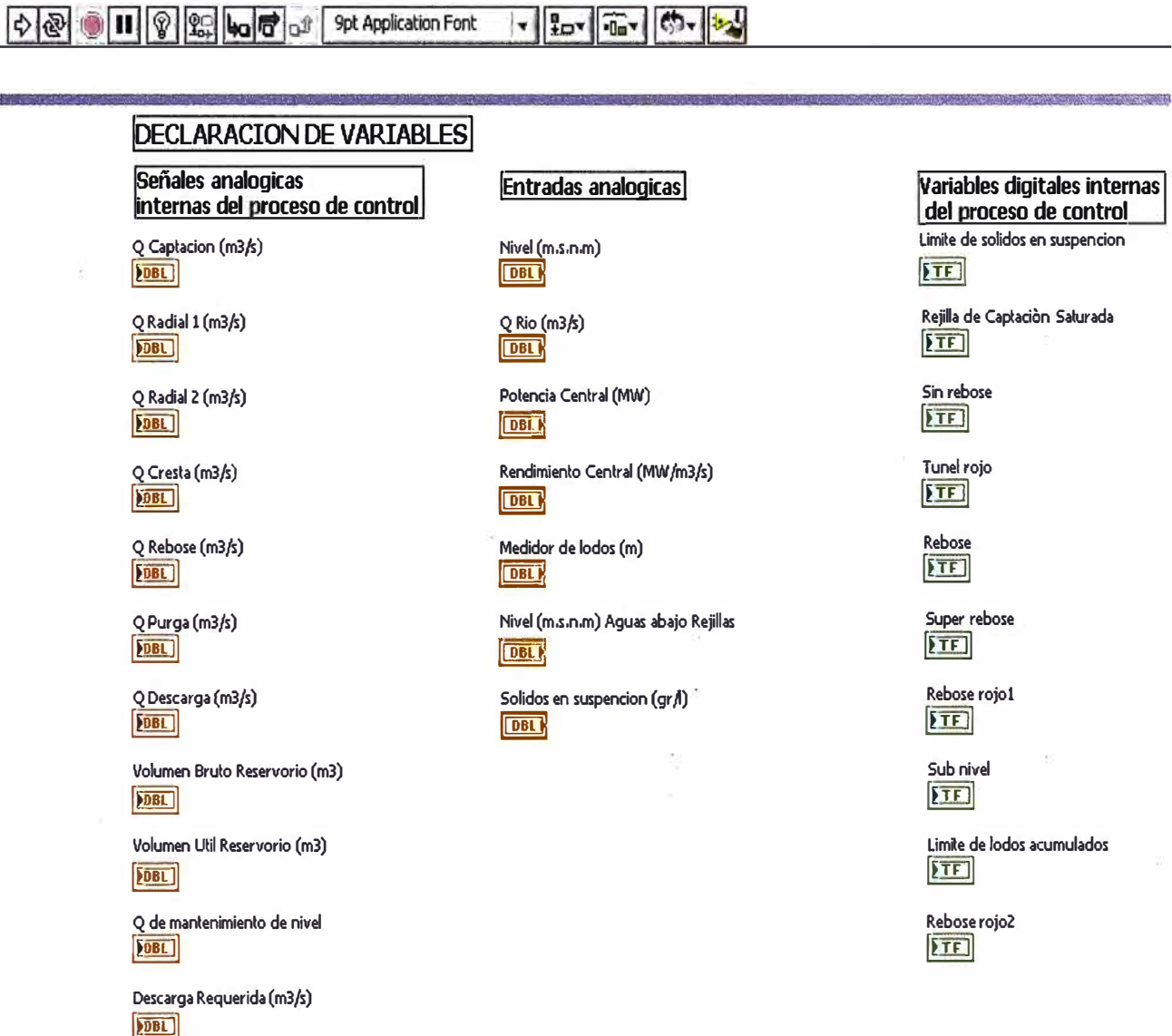
## CAPITULO V

### INGENIERIA DE DETALLE

Toda la lógica de control se desarrolla en una estación de ingeniería, mediante el software Labview versión 8.6 como se muestran en las figuras.

#### 5.1 Lógica programada en el PLC principal de la presa

Desde la fig. 5.1 hasta la 5.7 se muestran los diagramas de bloques y las pantallas de control correspondientes a la programación general de la represa de Huallamayo.



**Fig. 5.1 Declaración de las variables de la represa**

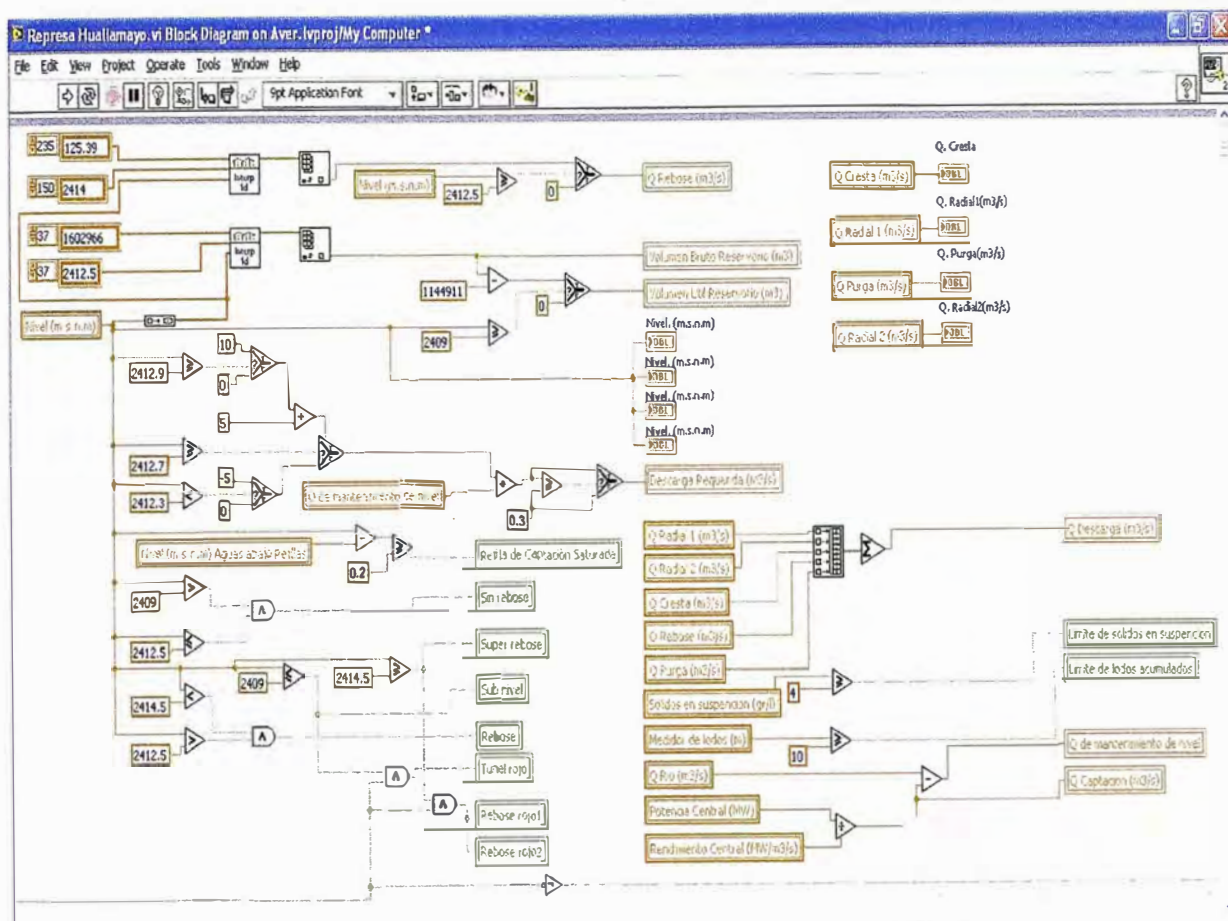


Fig. 5.2 Lógica principal de control y monitoreo de la represa

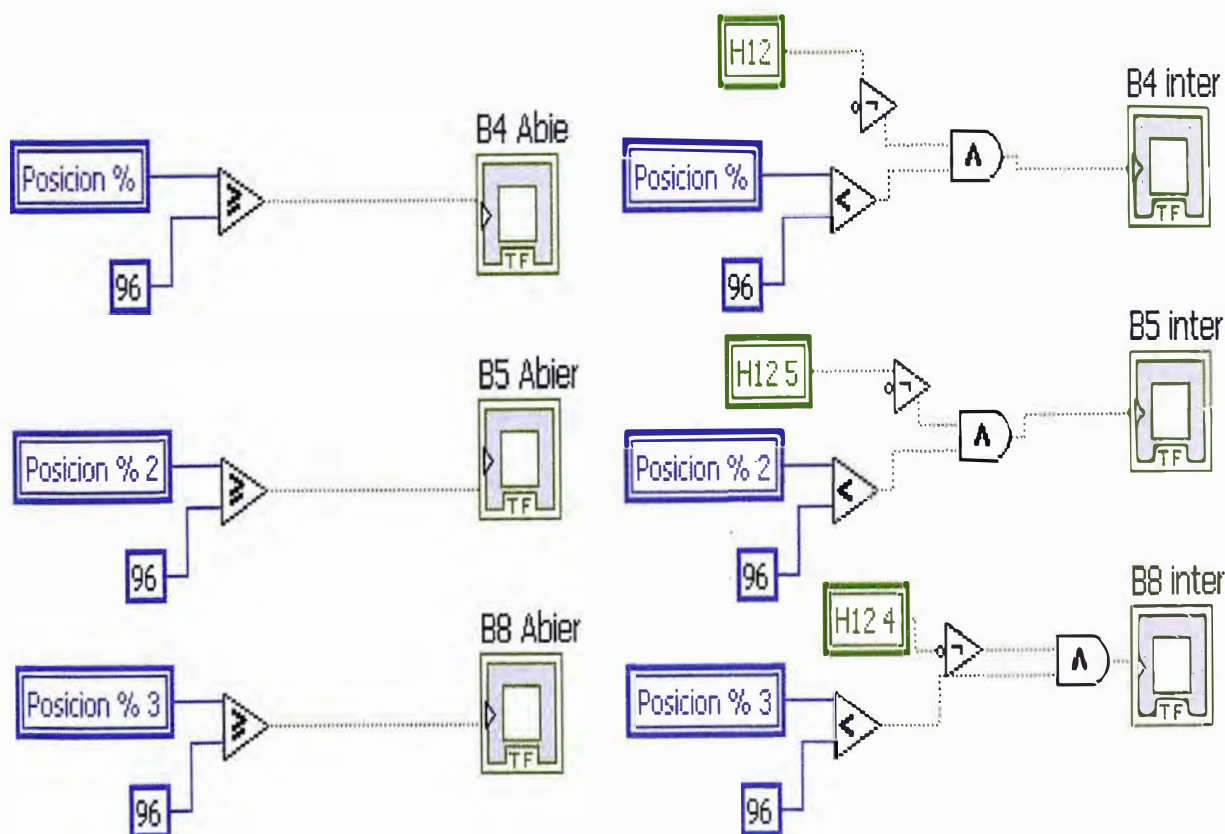


Fig. 5.3 Lógica de señalización de aperturas de compuertas

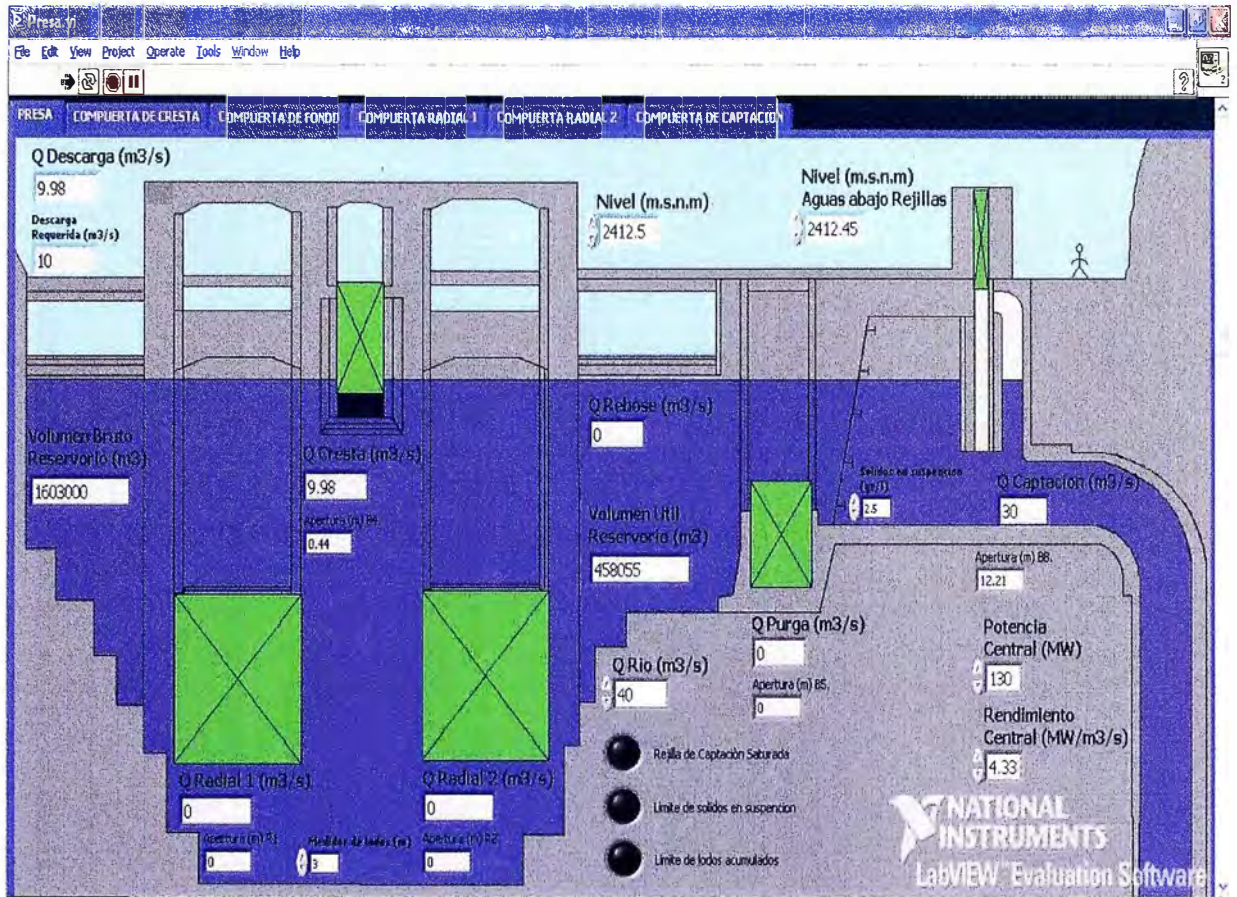


Fig. 5.4 Panel de control para escenario de reservorio con nivel normal de operación

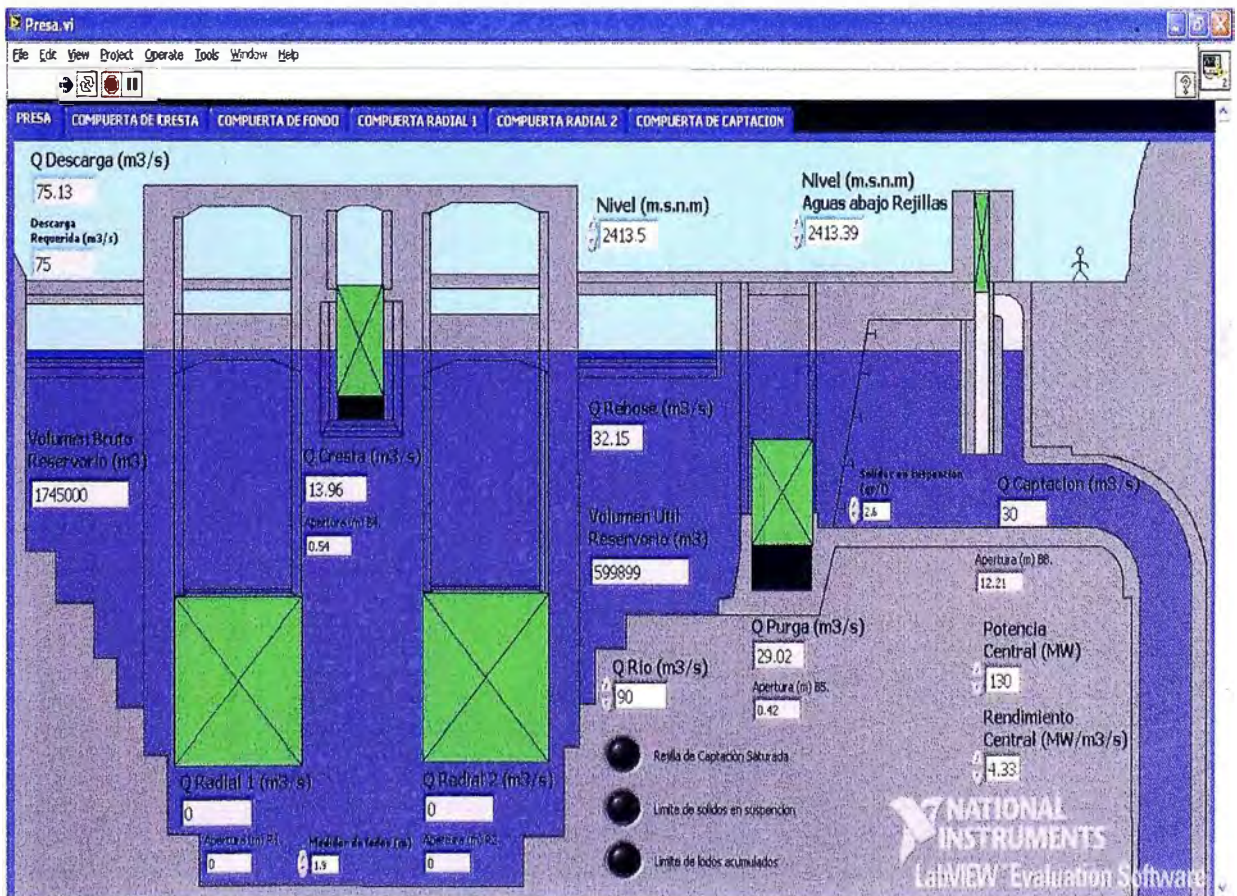


Fig. 5.5 Panel de control para escenario de reservorio con rebose normal

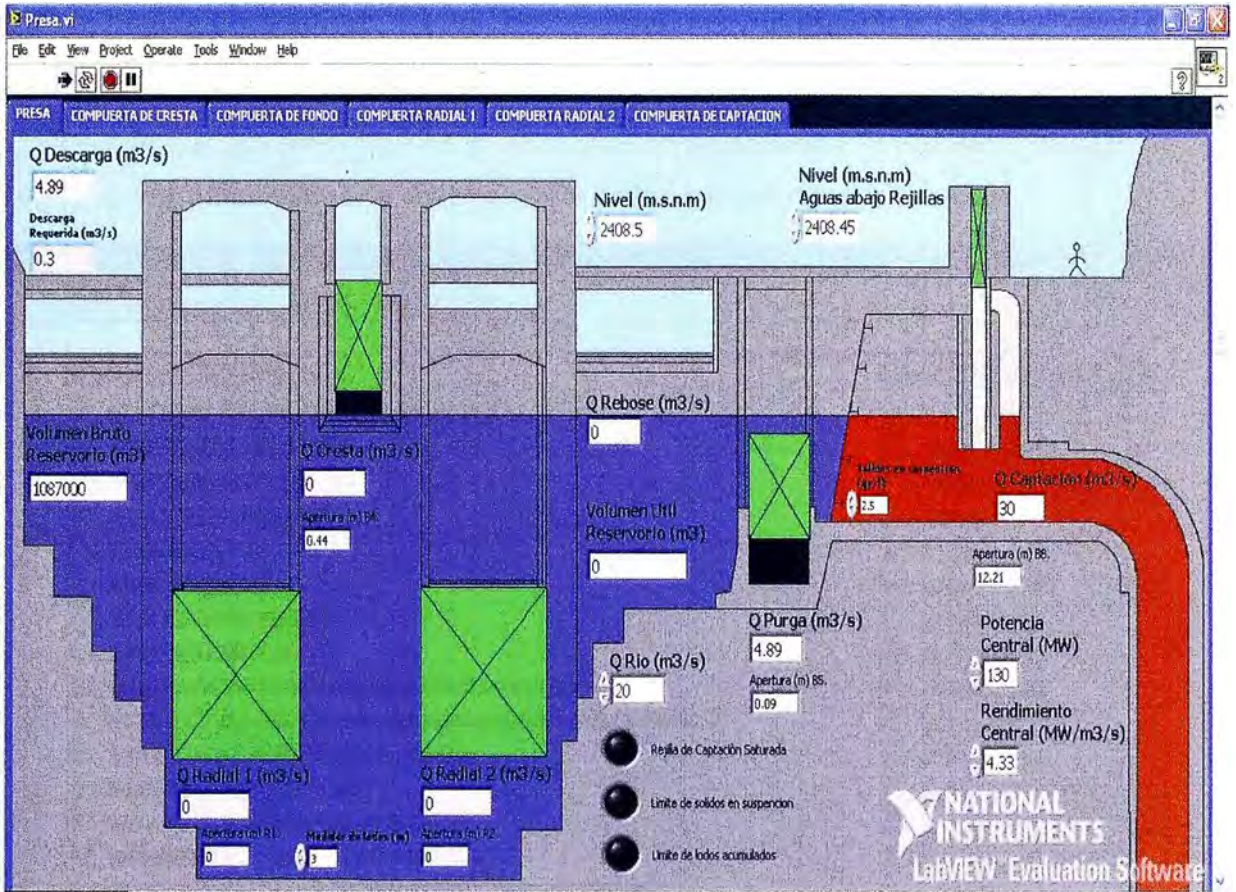


Fig. 5.6 Panel de control para escenario de reservorio con muy bajo nivel de agua

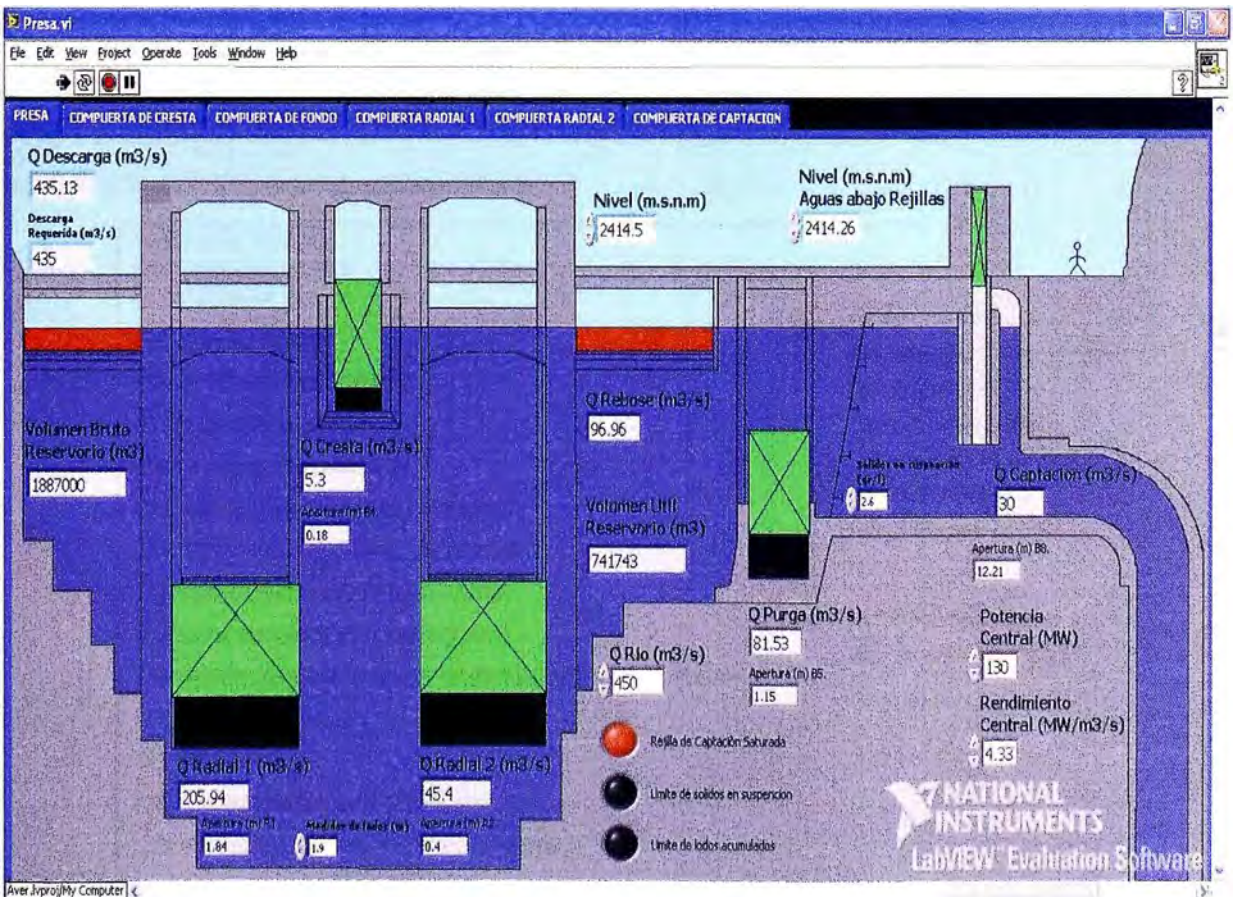


Fig. 5.7 Panel de control para escenario de reservorio con muy alto nivel de agua

## 5.2 Lógica programada en los PLC's auxiliares correspondientes a las compuertas deslizantes (B4, B8, B3.1, B3.2 y B5)

Desde la fig. 5.8 hasta la 5.18 se muestran los diagramas de bloques y las pantallas de control correspondientes a la programación de las compuertas deslizantes.

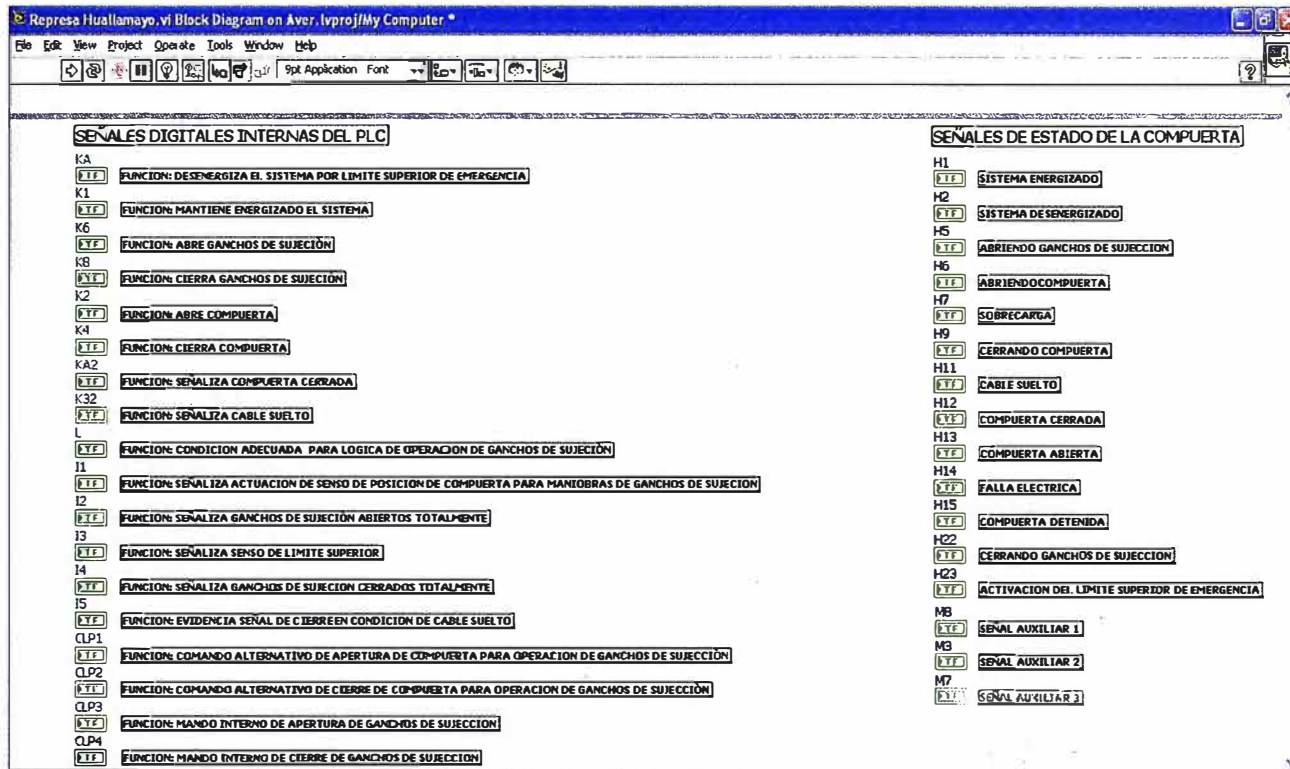


Fig. 5.8 Declaración del primer grupo de variables de las compuertas deslizantes

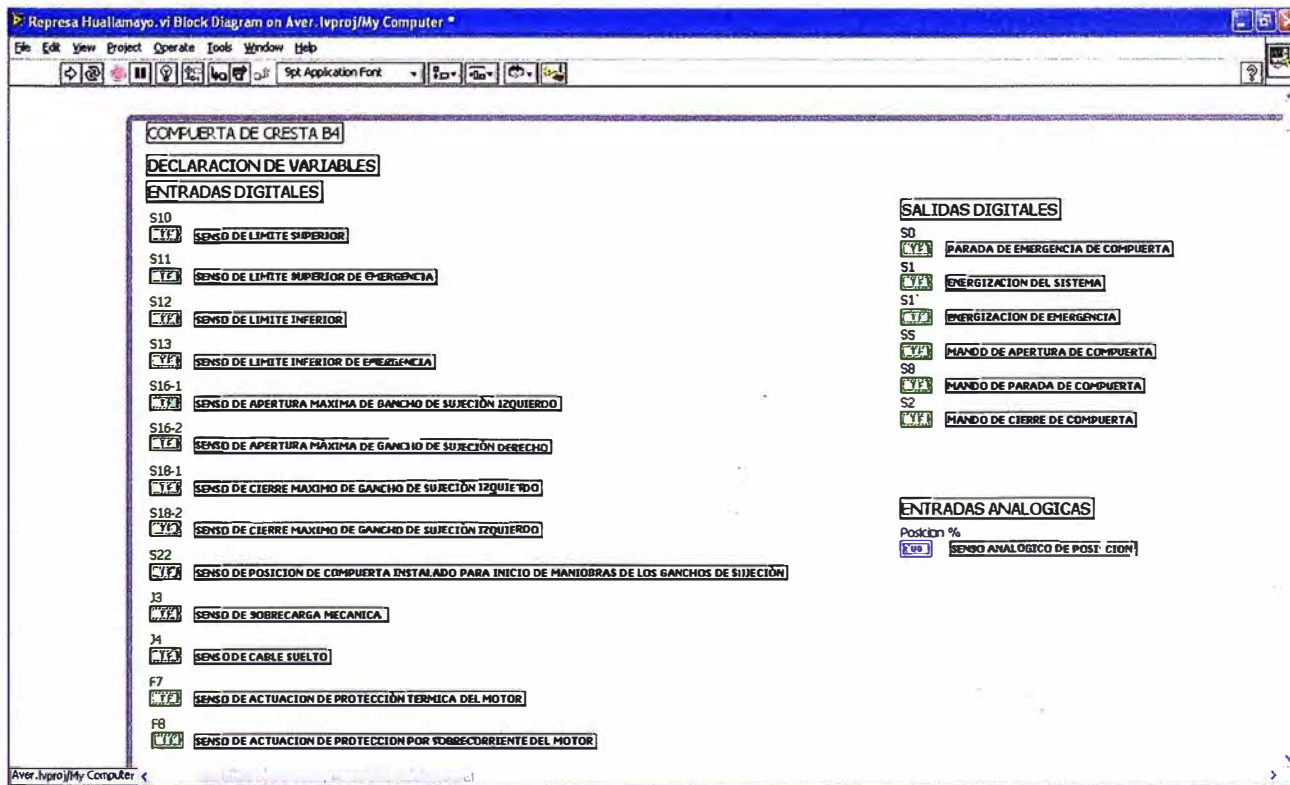


Fig. 5.9 Declaración del segundo grupo de variables de las compuertas deslizantes

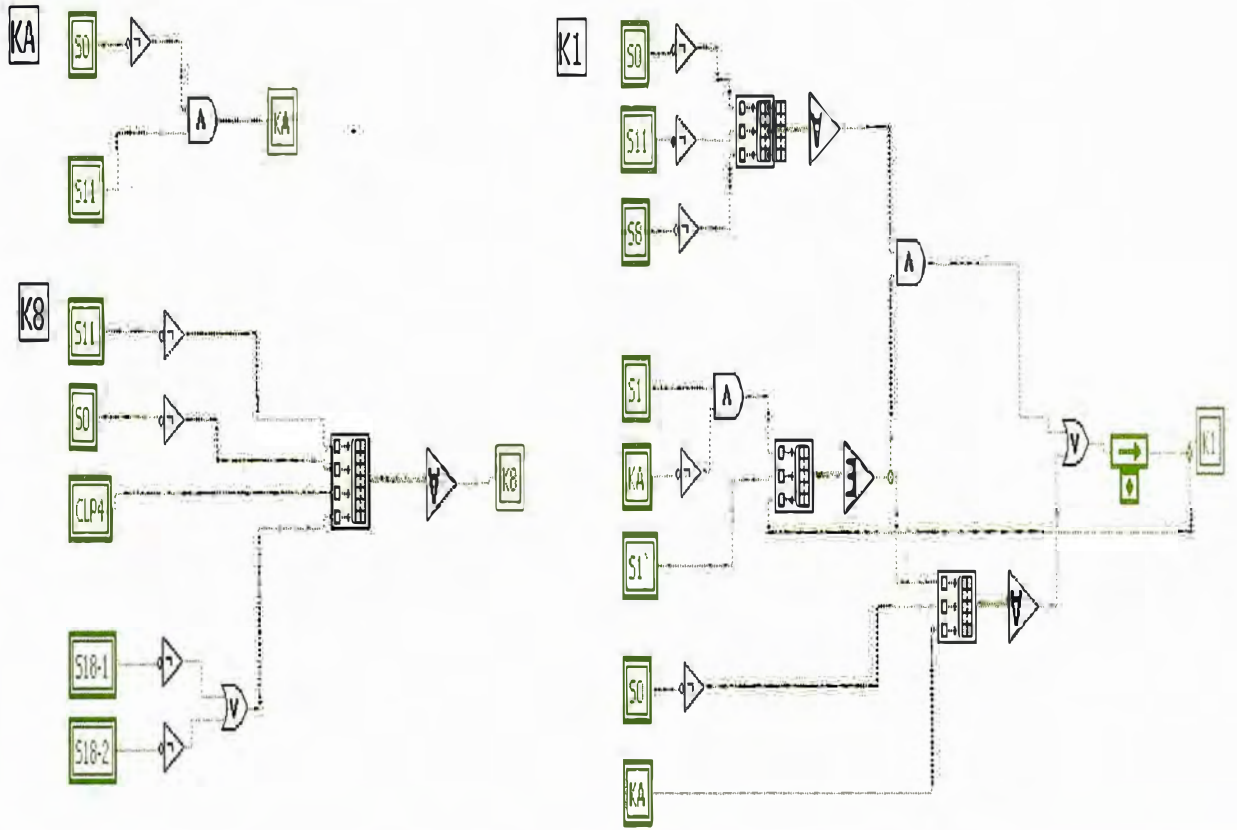


Fig. 5.10 Lógica digital de los relés auxiliares KA, K8 y K1

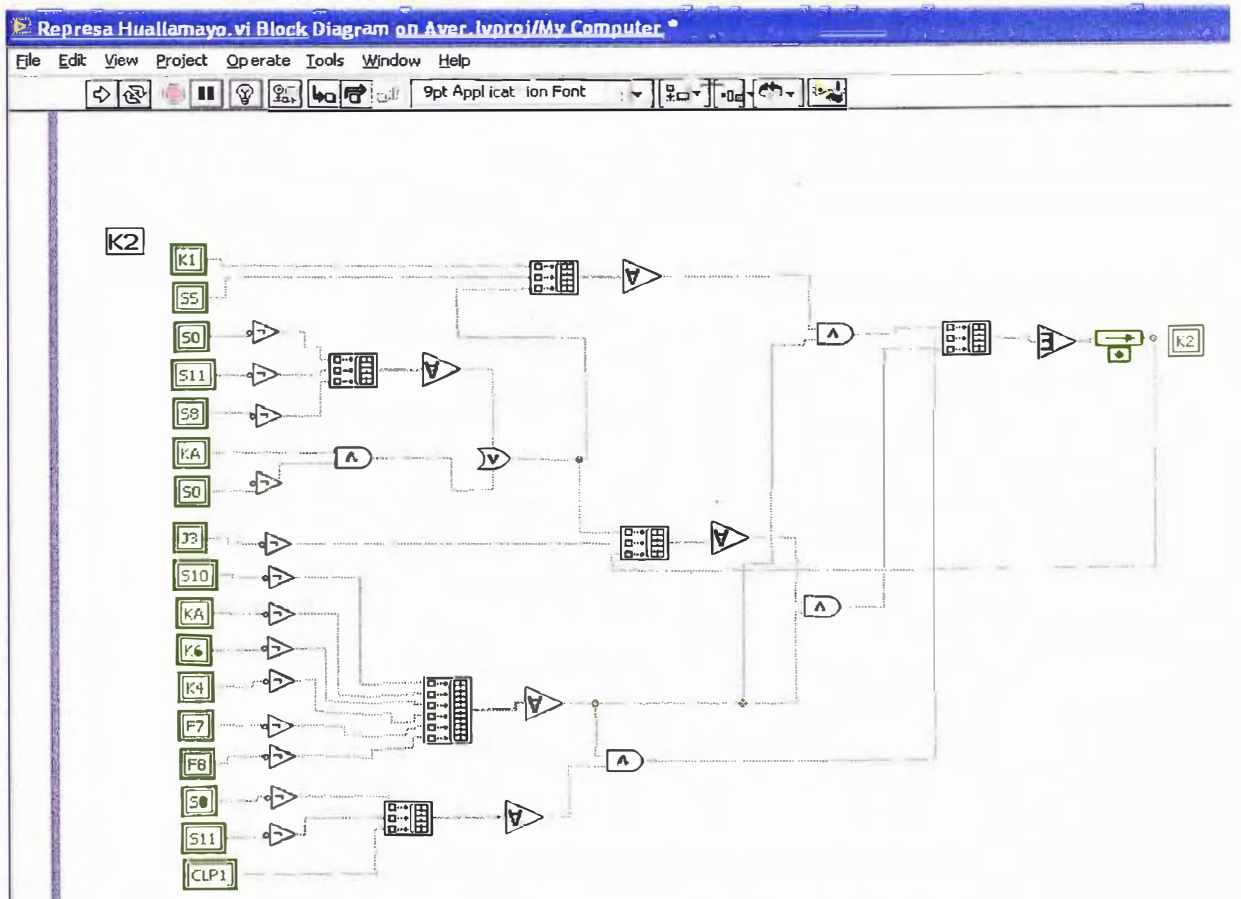


Fig. 5.11 Lógica digital del relé auxiliar K2



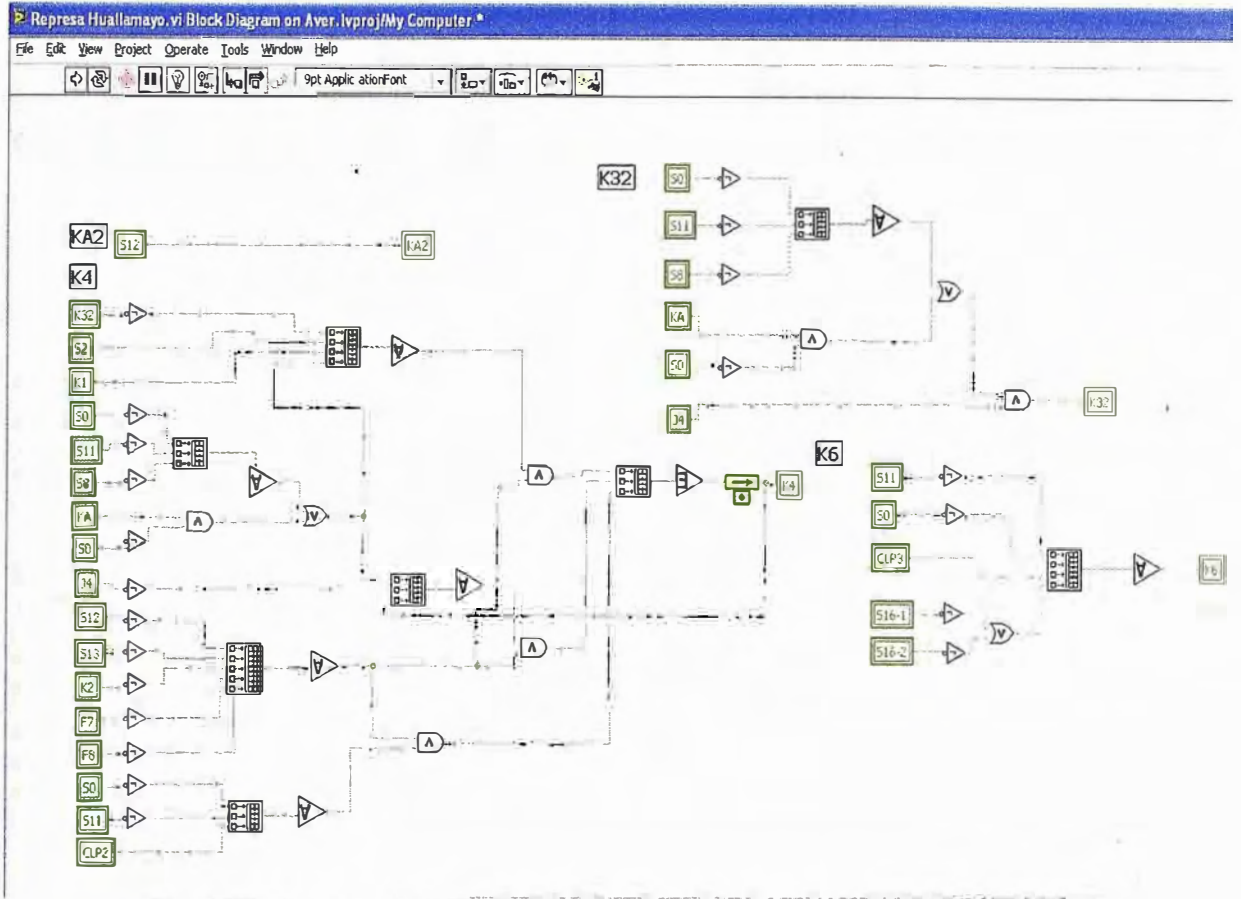


Fig. 5.12 Lógica digital de los relés auxiliares KA2, K4, K32 Y K6

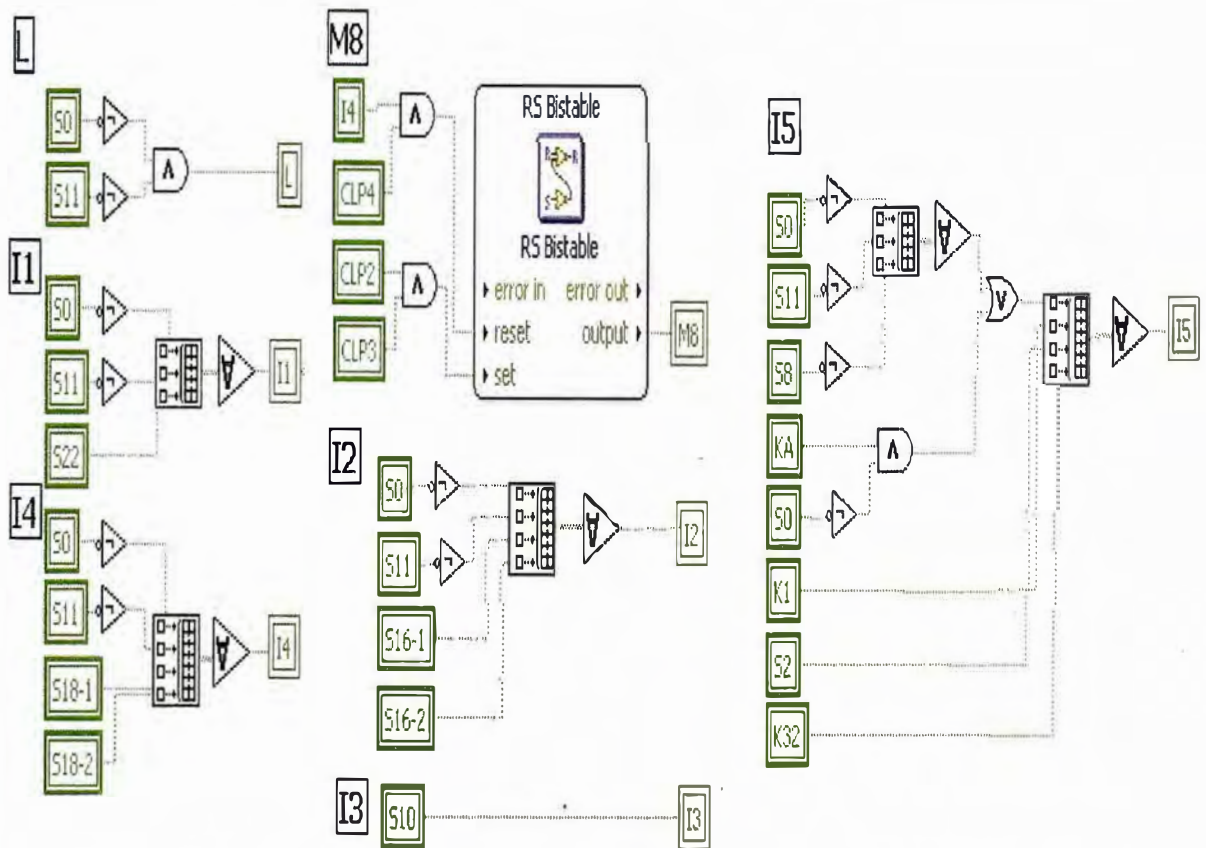


Fig. 5.13 Lógica digital de las variables internas L, I1, I2, I3, I4, I5 y M8

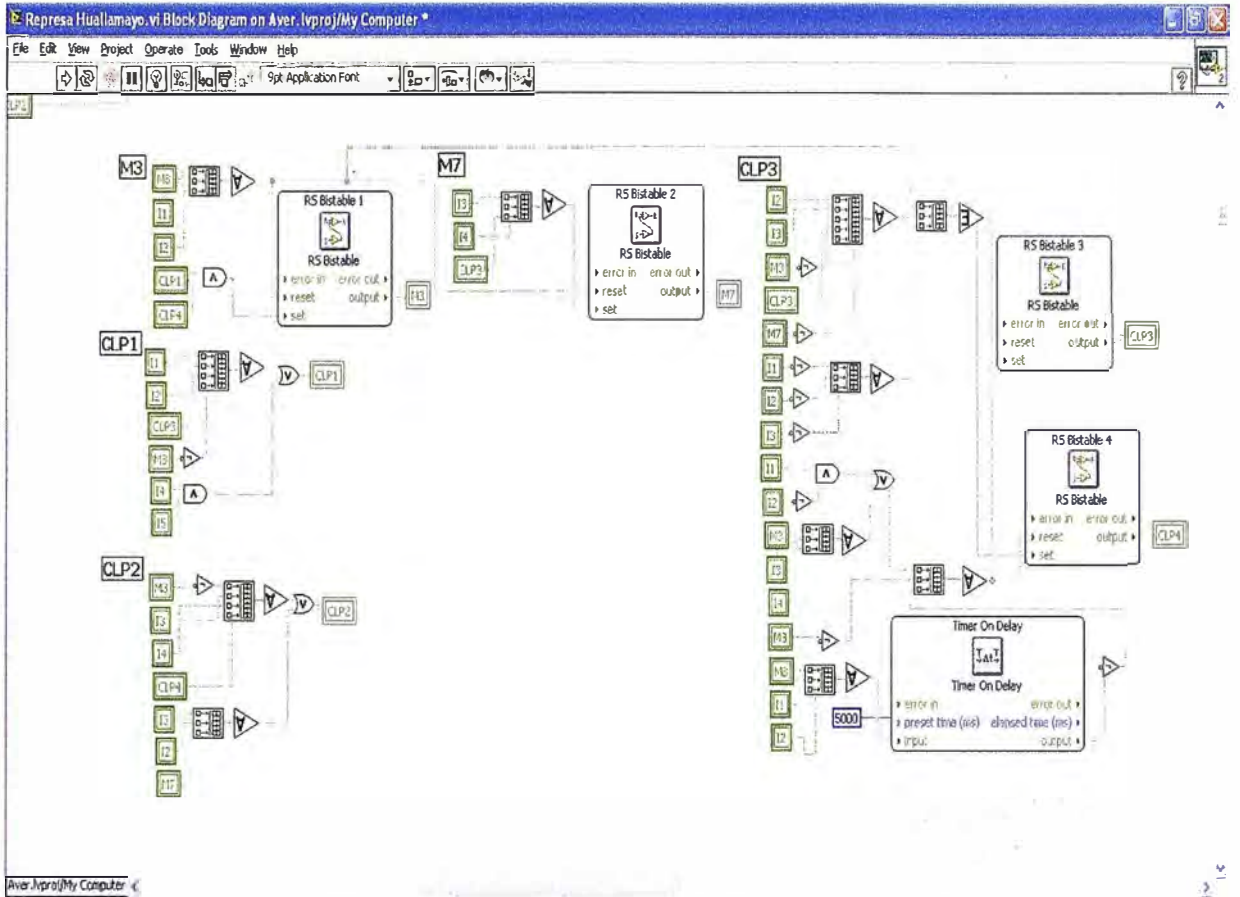


Fig. 5.14 Lógica digital de las variables internas M3, M7, CLP1, CLP2, CLP3 y CLP4

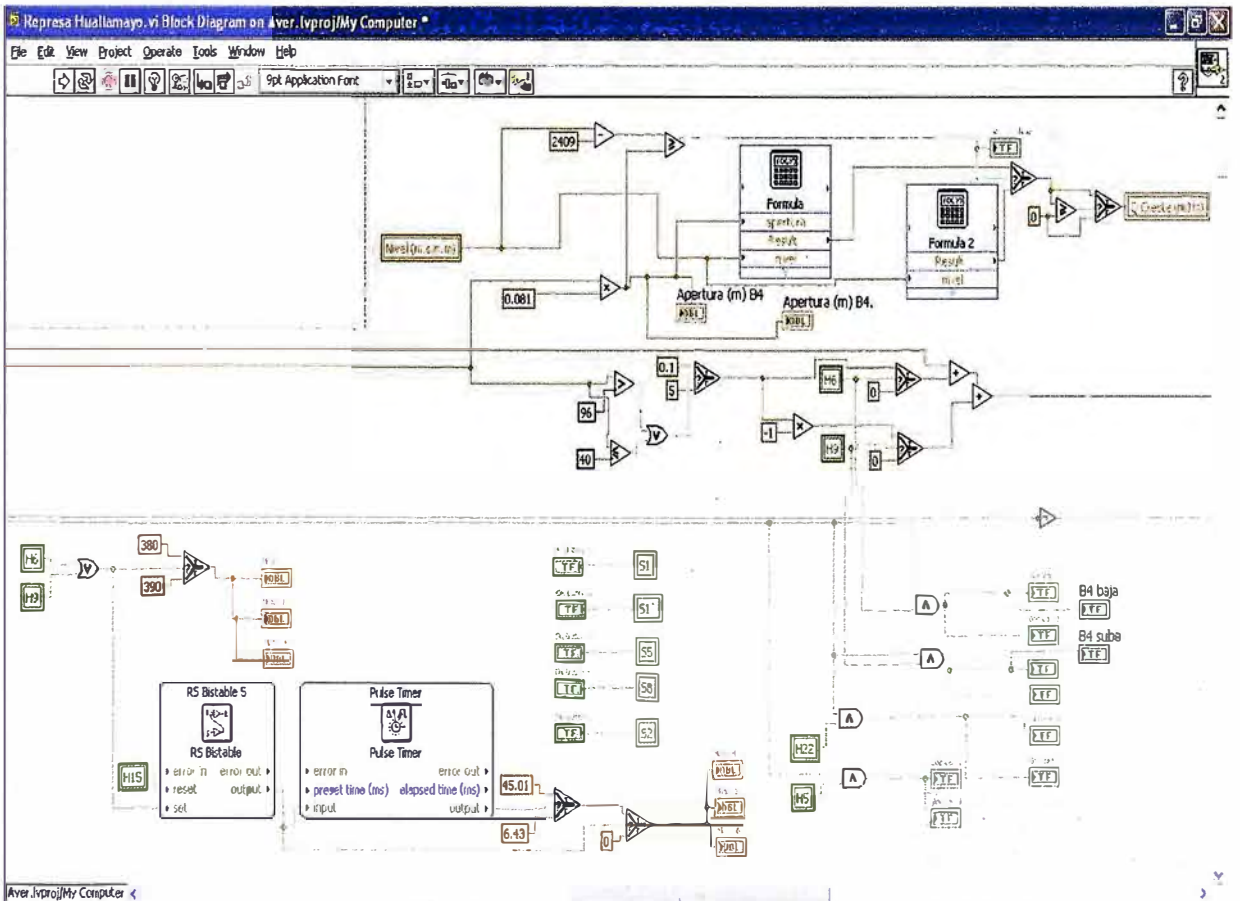


Fig. 5.15 Lógica de indicadores de estado y cálculo del caudal de descarga

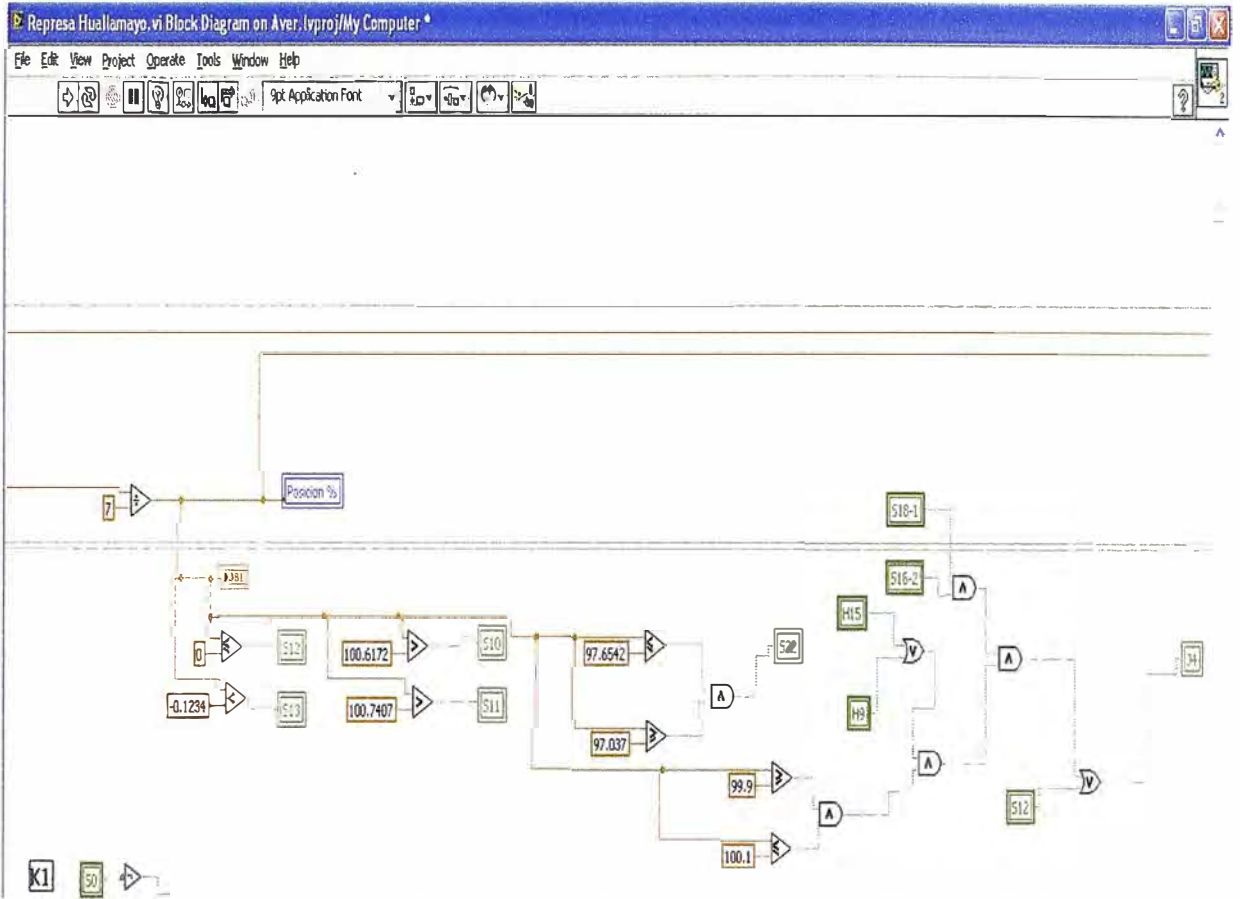


Fig. 5.16 Lógica de simulación de sensores S12, S13, S10, S11, S22 Y J4

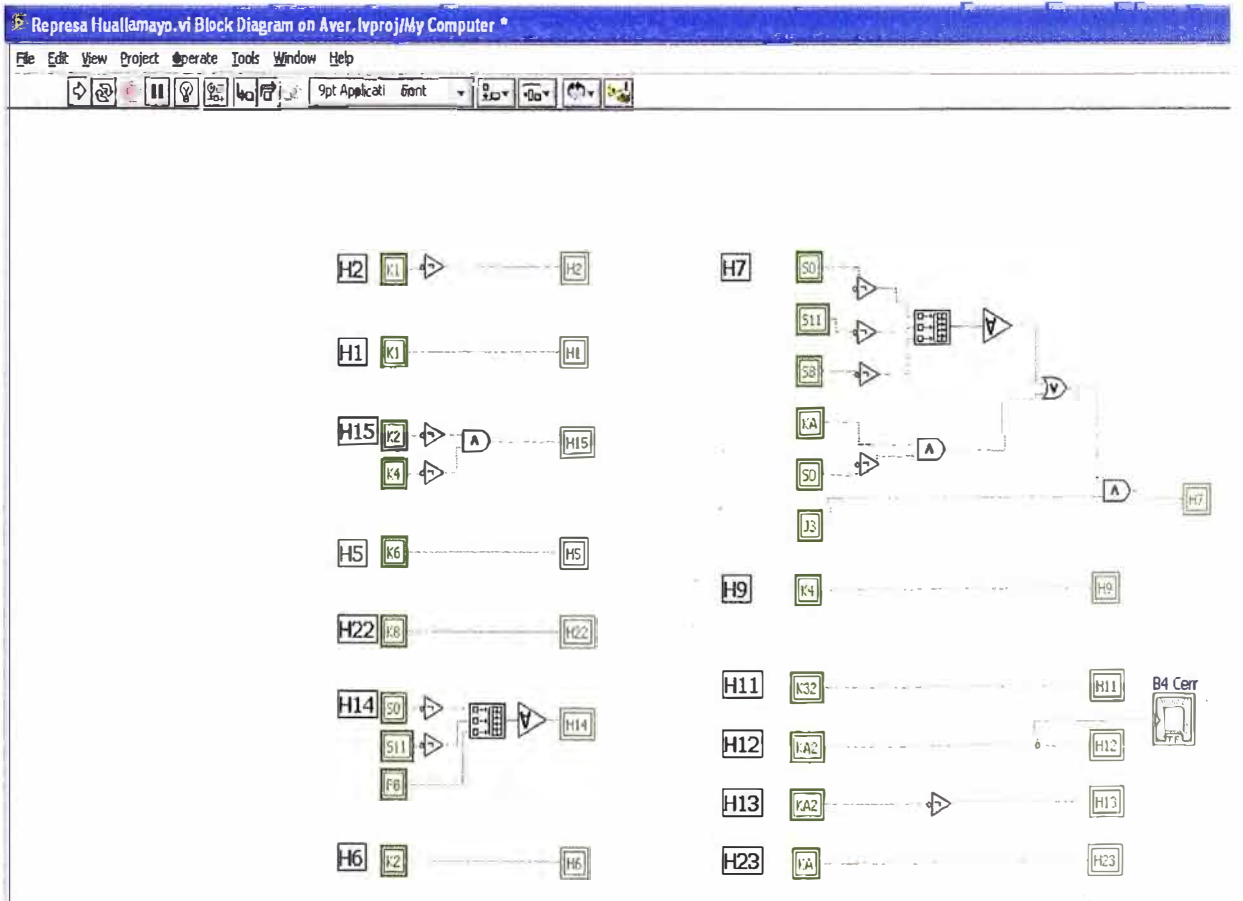


Fig. 5.17 Lógica de indicadores de estado de la compuerta deslizante

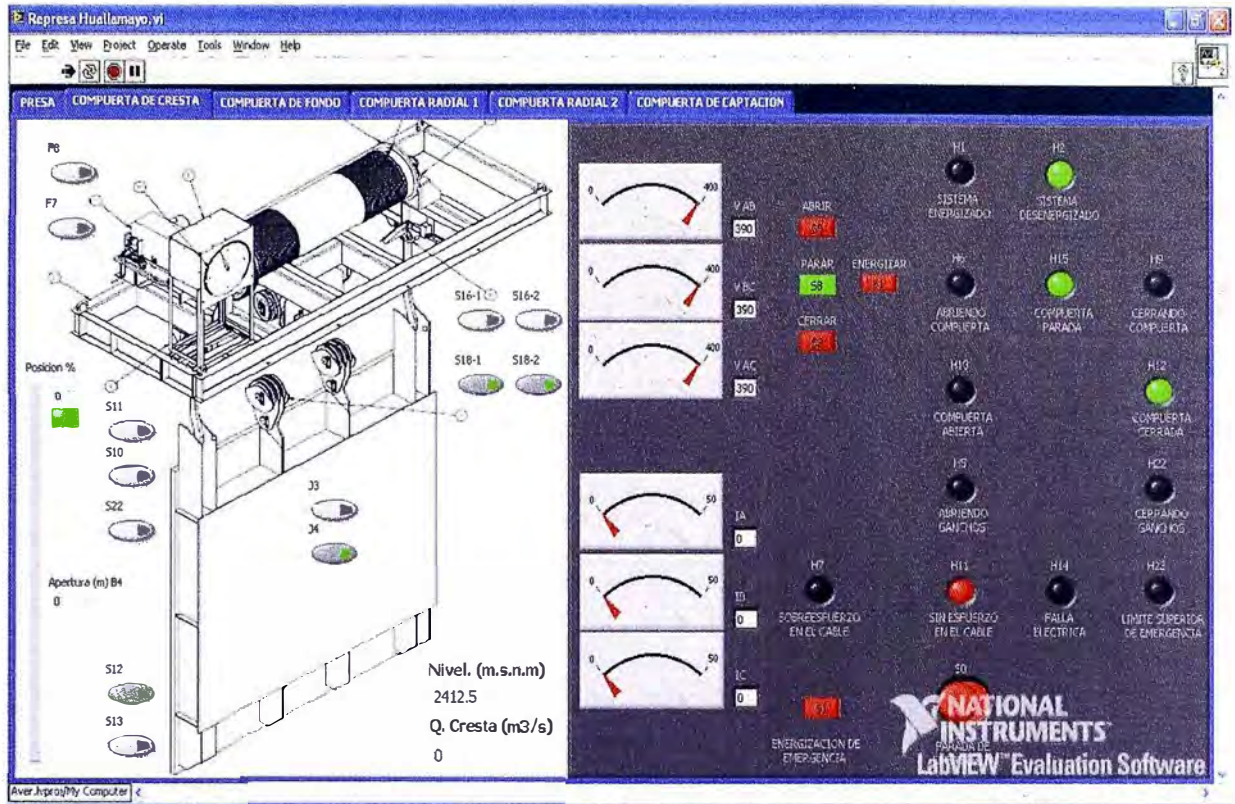


Fig. 5.18 Panel de control y monitoreo de una compuerta deslizante

### 5.3 Lógica programada en los PLC's auxiliares correspondientes a las compuertas radiales (B1.1 Y B1.2)

Desde la fig. 5.19 hasta la 5.24 se muestran los diagramas de bloques y las pantallas de control correspondientes a la programación de las compuertas radiales.

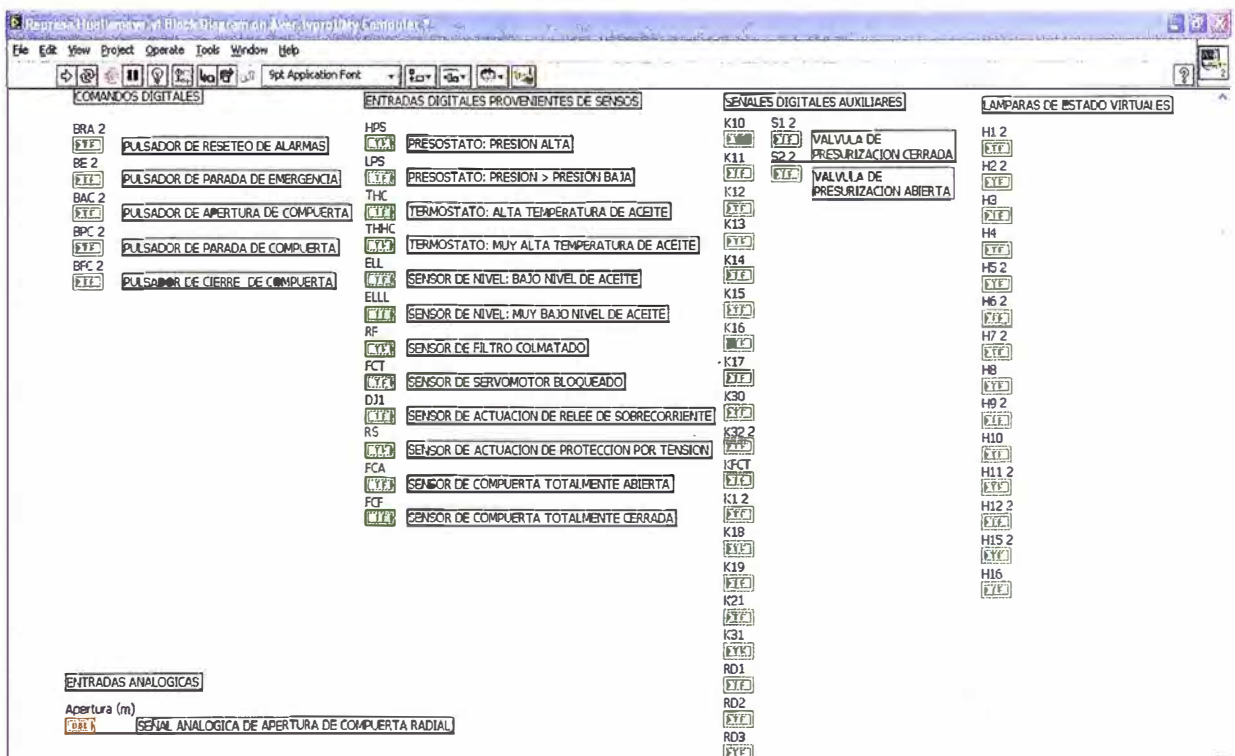


Fig. 5.19 Declaración de las variables de las compuertas radiales



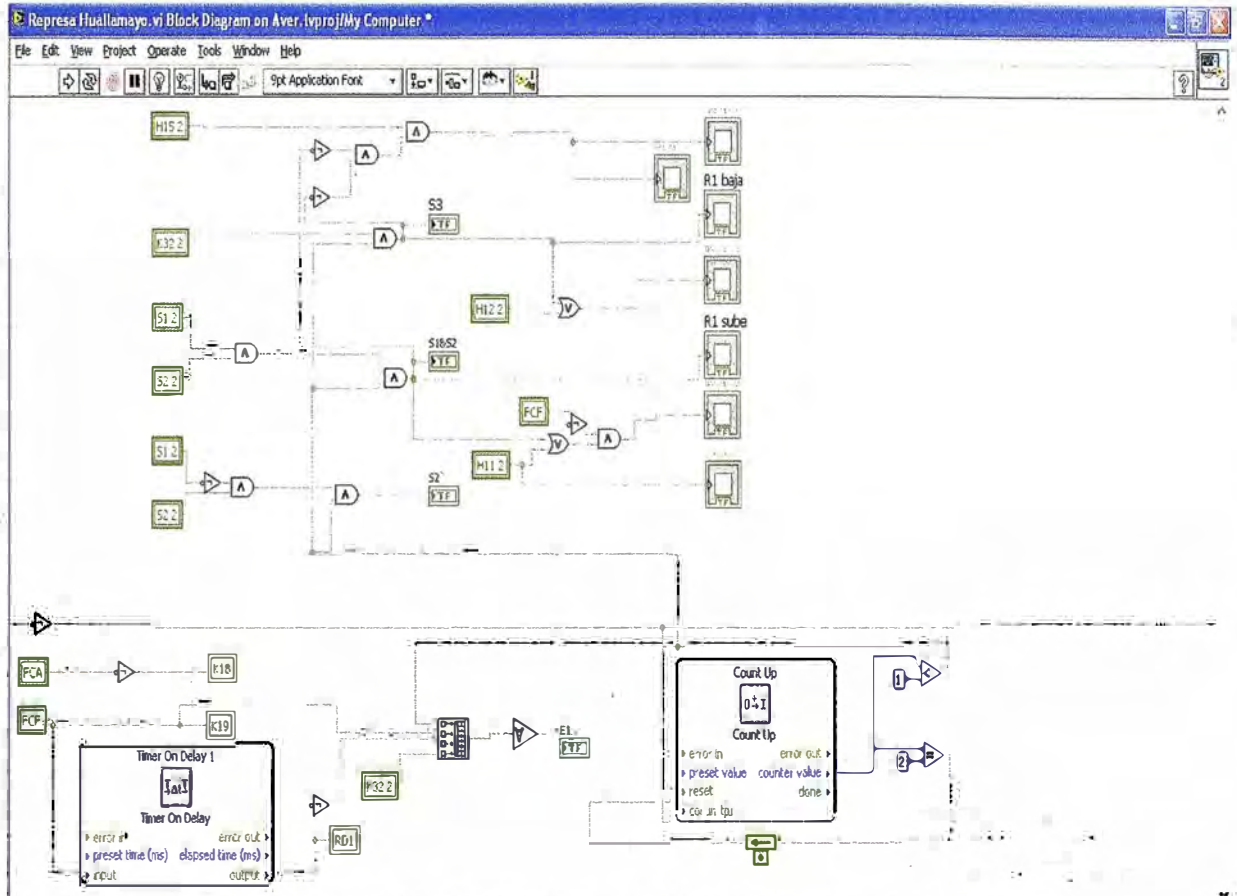


Fig. 5.22 Lógica digital para señalización complementaria

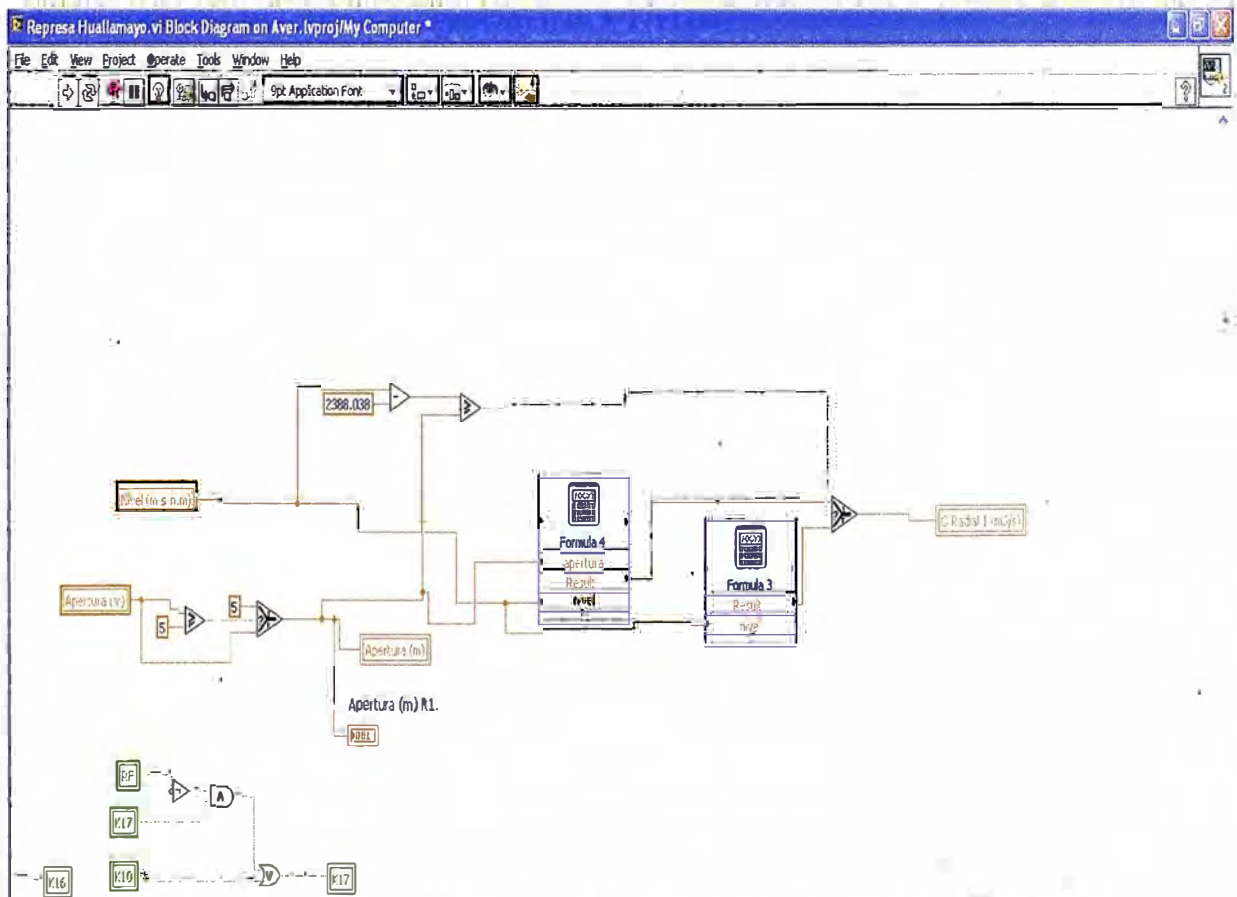


Fig. 5.23 Calculo del caudal de descarga de una compuerta radial

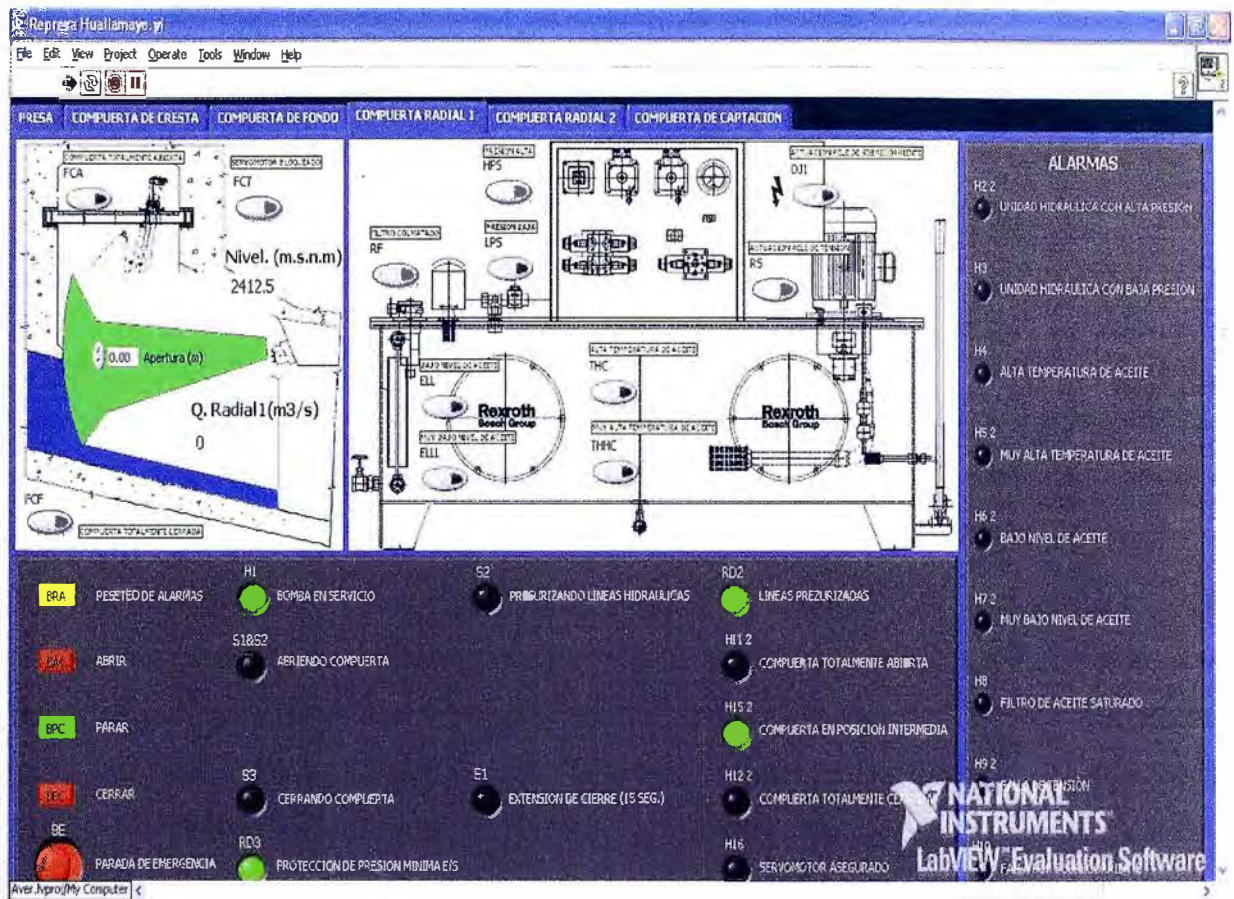


Fig. 5.24 Panel de control y monitoreo de una compuerta radial

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

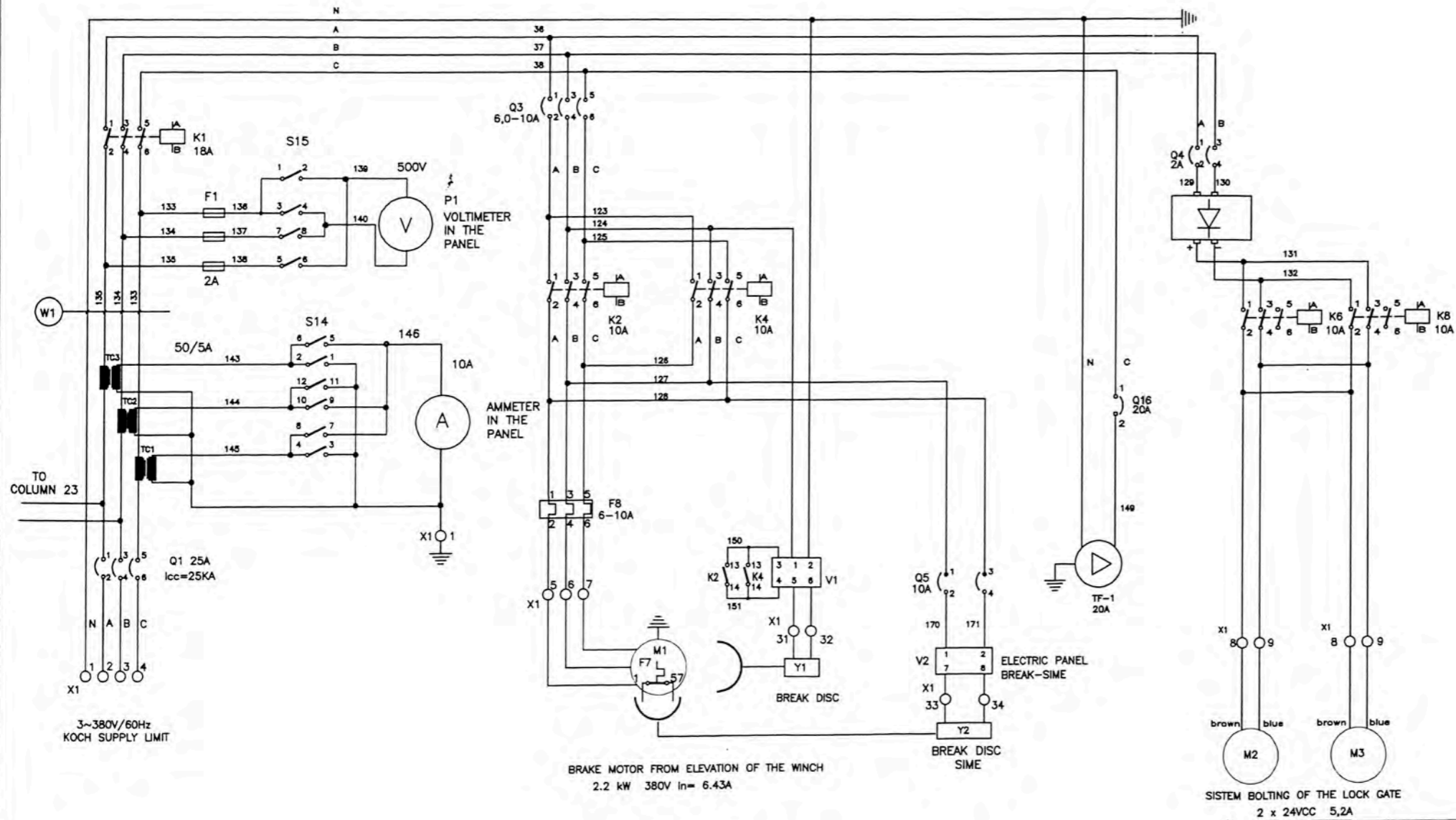
1. Un mejoramiento en la instrumentación de una represa conlleva a tener mayores mediciones de parámetros para tomar decisiones más acertadas sobre las maniobras operativas que deben realizarse para una adecuada aprovechamiento hídrico.
2. Los tableros de control y medición basados en elementos electromecánicos como relees, contactores y temporizadores tienen alto riesgo de falla ya que sus elementos suelen fallar por desgaste mecánicos, cortocircuitos que son ocasionados por simple cumplimiento de la vida útil, falta de limpieza o por vibración crónica de los mismos. Hoy en día la tecnología alternativa nos permite realizar un cambio fundamental y reemplazar toda lógica cableada por un controlador cuyas conexiones pueden limitarse a la de los sensores, actuadores y fuentes de alimentación, reduciendo el riesgo a falla del sistema de control y minimizando el mantenimiento del mismo, aparte de reducir notablemente las dimensiones del equipamiento.
3. La implementación de fibra óptica, microondas y onda portadora como medios de comunicación son necesarios en instalaciones alejadas de las ciudades y donde se tenga implementado un sistema de telecontrol con estaciones remotas. Se recomienda que haya redundancia de comunicaciones para aumentar la confiabilidad de la operación, y reducir el riesgo de quedarse en una condición de pérdida de control total, fatal para una central hidroeléctrica.
4. La implementación de un scada en una represa conlleva a una serie de beneficios significativos para la gestión de operación y mantenimiento de la misma. Entre los principales beneficios tenemos:
  - Mejoramiento de la calidad operativa de la presa
  - Disponibilidad de data hídrica para planeamiento operativo
  - Disminución de la horas hombre correspondientes a la operación de la presa
  - Disponibilidad de control operativo de la presa frente a disturbios sociales en el área de influencia.




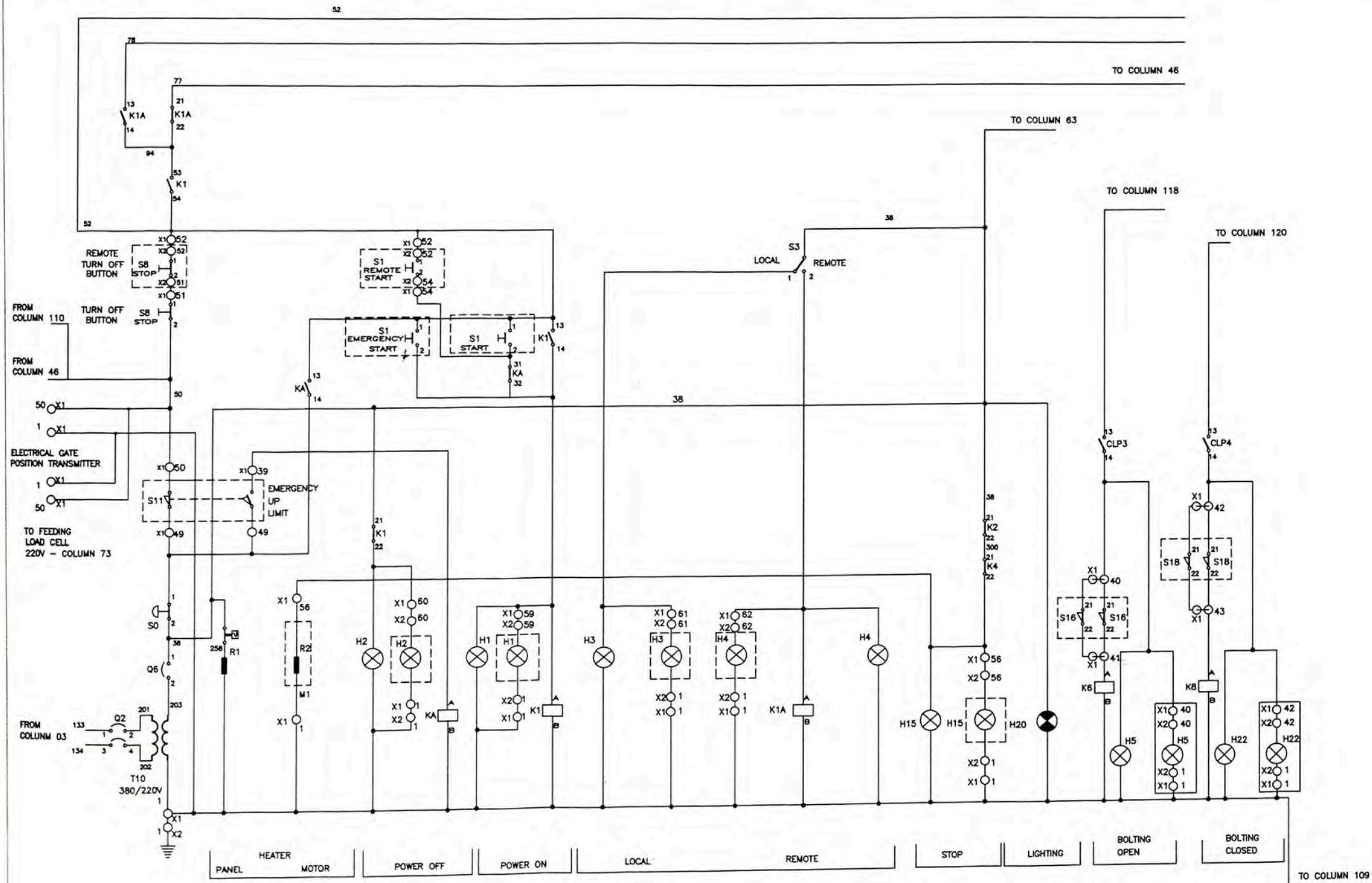
- Reducción de la exposición al riesgo de accidentes.
  - Reducción de la generación de residuos y su consecuente impacto ambiental
- 5.** Un sistema scada en una represa permite guardar una base de datos o histórico fundamental para realizar análisis comparativos en un programa de mantenimiento predictivo. Asimismo facilita el análisis de fallas debido a la disponibilidad de un histórico de alarmas, muy importante para que la jefatura de operaciones y de mantenimiento pueda tomar acciones correctivas sobre los equipos y sub.-sistemas.
- 6.** La represa de Huallamayo ha sido implementada con un adecuado sistema de telecontrol, circuito cerrado de televisión y reforzamiento de las estructuras de seguridad perimetral de sus instalaciones por lo que hoy en día puede operar en forma segura y confiable a pesar de las características geográficas y las condiciones sociales del medio en la que se encuentra. Esta represa puede tomarse como un modelo idealizado para las demás represas que aún no hayan implementado un sistema de automatismo y que busquen optimizar sus recursos y mejorar sus procesos.

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**PLANOS DE CONTROL DE LA LOGICA CABLEADA DE LAS COMPUERTAS**  
**DESLIZANTES**



				
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
ESPECIALIDAD:	UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	01 / 06
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
DIAGRAMA TRIFILAR ELECTRICO			GONZALO CONTRERAS LADINES	



PANEL HEATER MOTOR POWER OFF POWER ON LOCAL REMOTE STOP LIGHTING BOLTING OPEN BOLTING CLOSED TO COLUMN 109


NA/NF  
27 30  
65 49

NA/NF  
25 28  
31

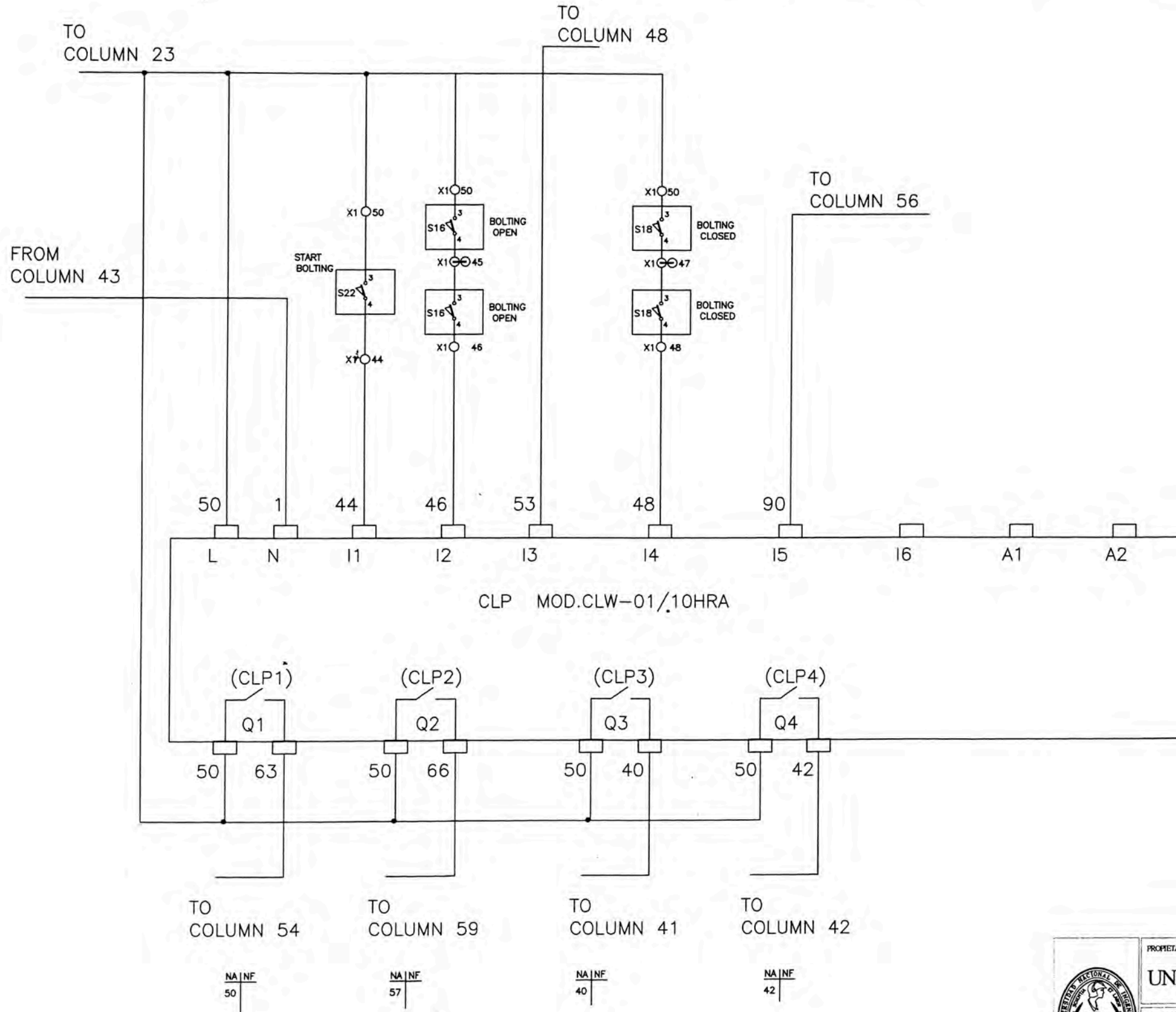
NA/NF  
24 25


NA/NF  
49

NOTAS:  
X1- IN THE PANEL FURNISHED BY KOCH  
X2- IN THE PANEL FURNISHED BY CLIENT

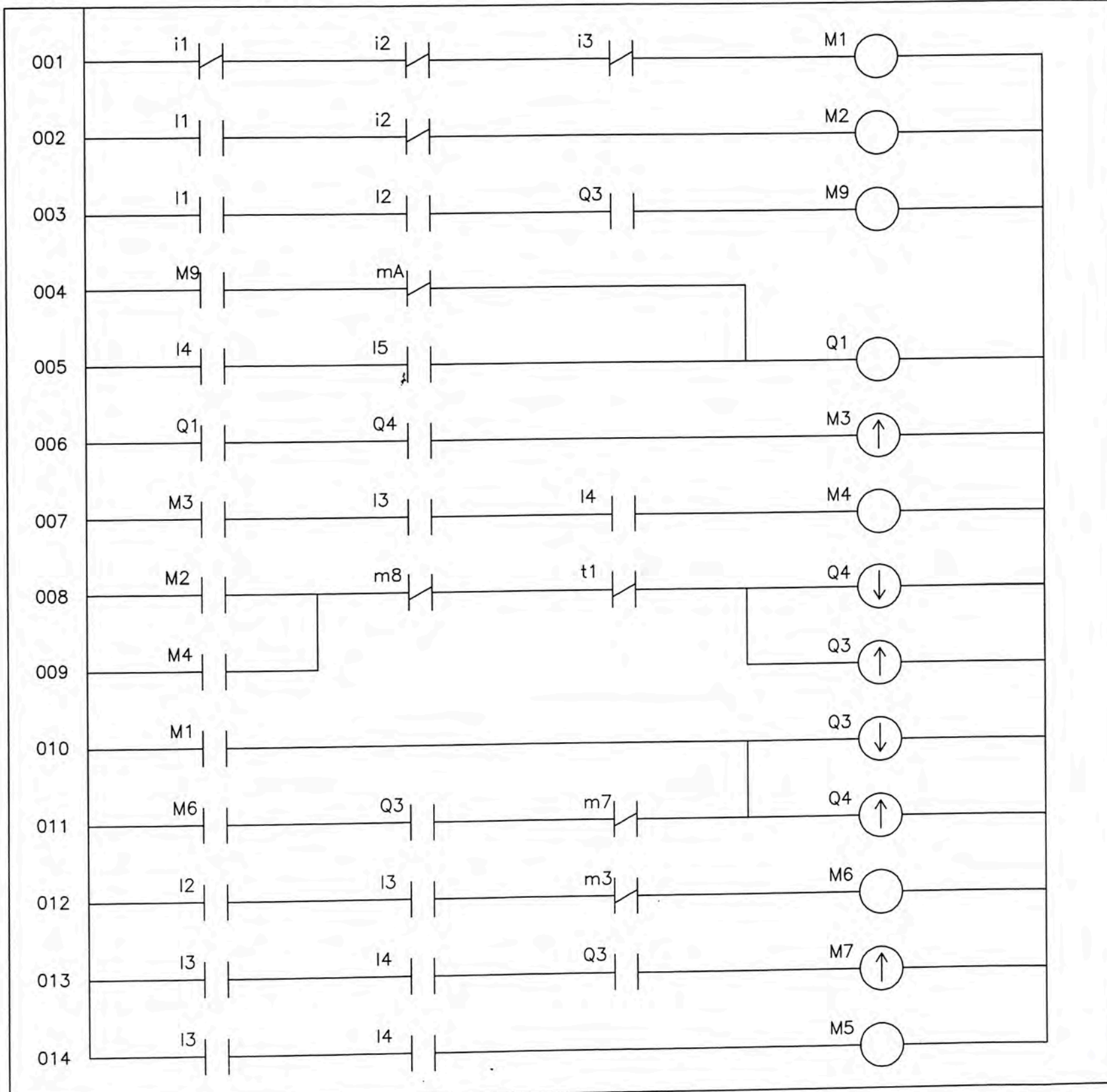
 PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
ESPECIALIDAD:	UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	02/06
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
LOGICA DE CONTROL CABLEADA - PARTE 1			GONZALO CONTRERAS LADINES	






				
PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>	LAMINA: <b>04/06</b>
DESCRIPCION: <b>CONEXIONES DEL MICROPLC</b>			PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>	

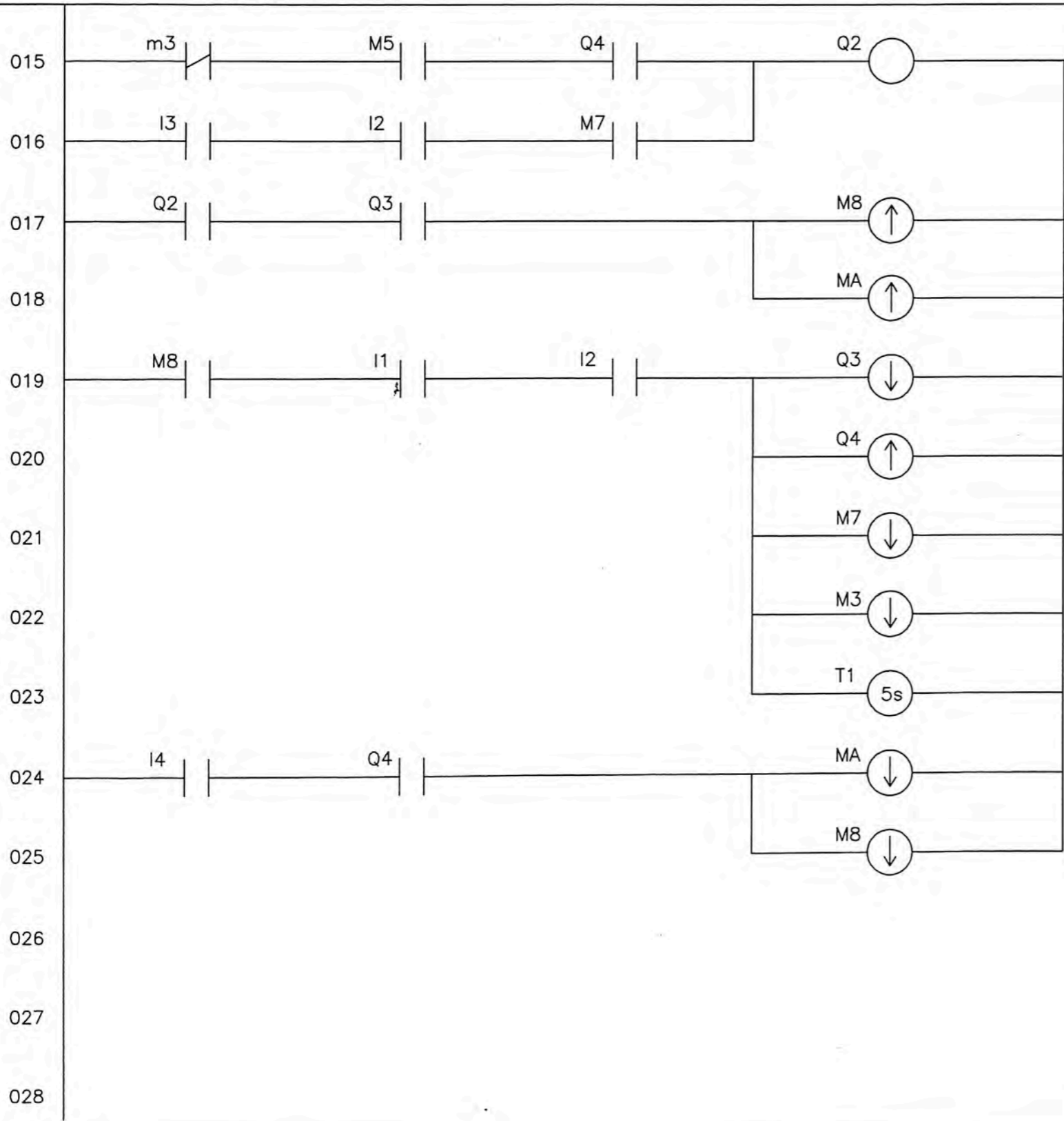
LINE PROGRAM




				
PROPIETARIO:				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
ESPECIALIDAD:	UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	05/06
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
LOGICA DEL MICROCONTROLADOR PARTE 1			GONZALO CONTRERAS LADINES	

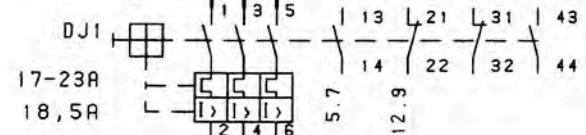
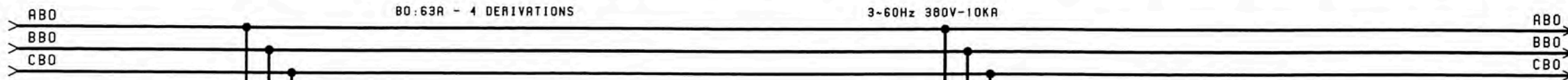


LINE PROGRAM



	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S / E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>	LAMINA: <b>06 / 06</b>
	DESCRIPCION: <b>LOGICA DEL MICROCONTROLADOR PARTE 2</b>		PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>		

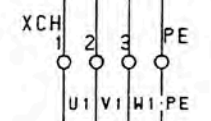
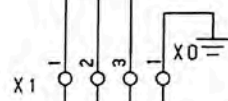
**ANEXO B**  
**PLANOS DE CONTROL DE LA LOGICA CABLEADA DE LAS COMPUERTAS**  
**RADIALES**



4mm<sup>2</sup>



4mm<sup>2</sup>



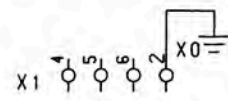
ME1

12,5CV

MAIN PUMP

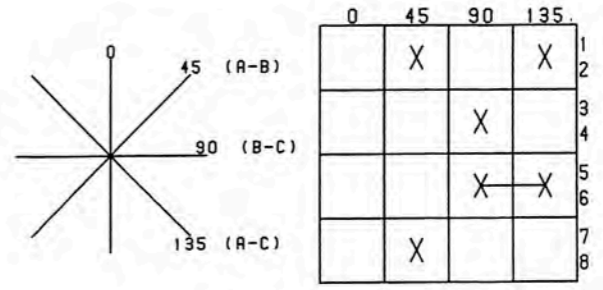
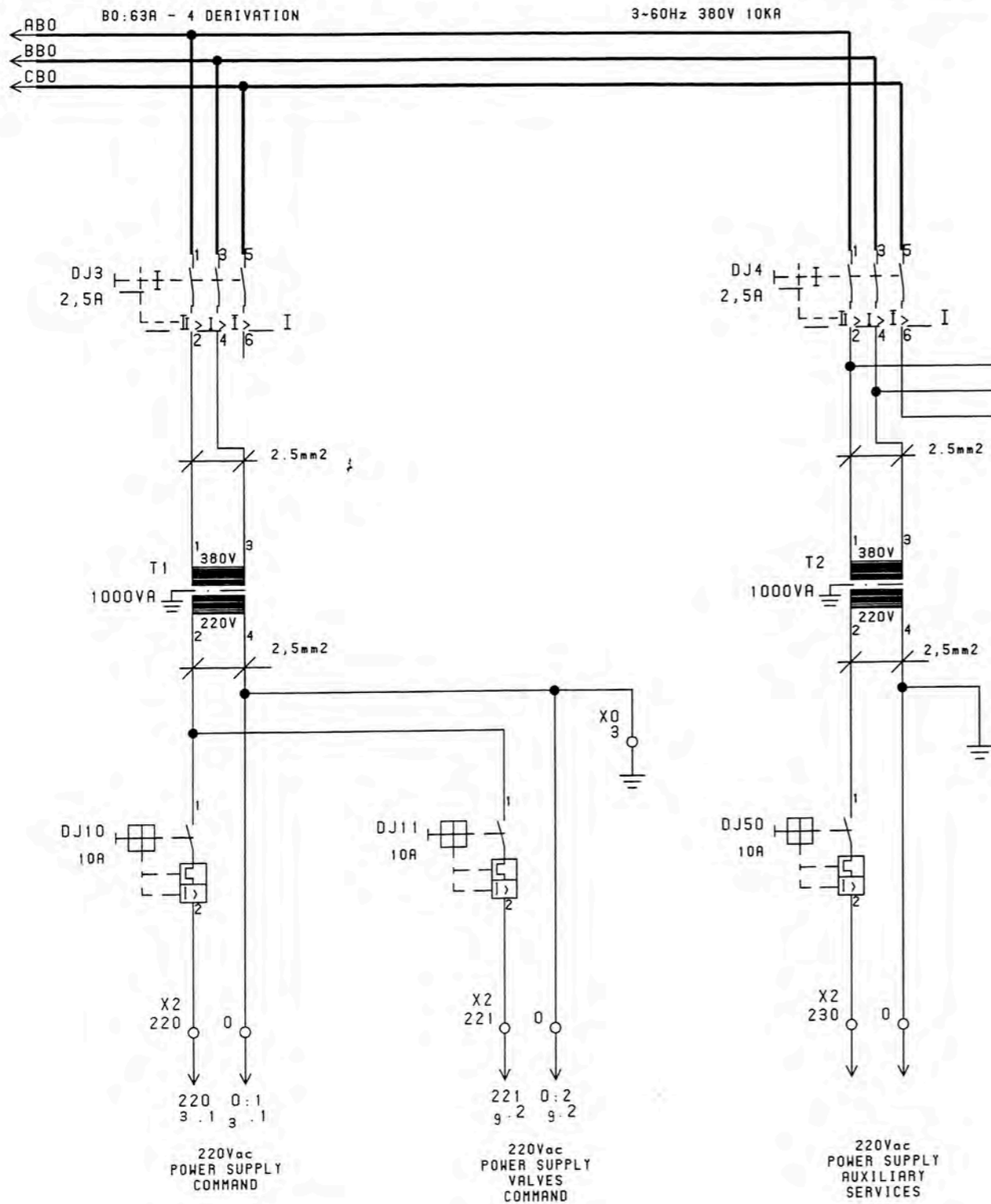
HYDRAULIC UNIT 1

+EXTERNAL

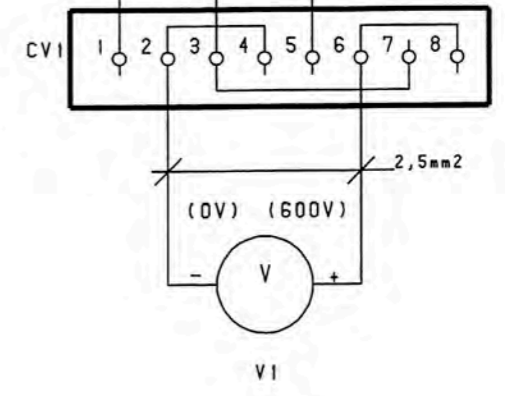
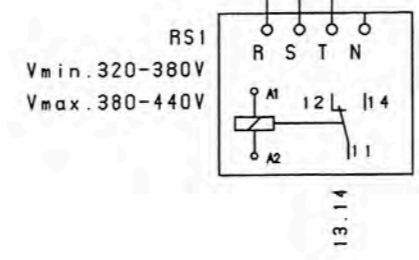


RESERVE DERIVATION

	PROPIETARIO			
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
	ESPECIALIDAD	UBICACION	ESCALA:	FECHA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	LAMINA
DESCRIPCION			PREPARADO POR:	
DIAGRAMA TRIFILAR ELECTRICO			GONZALO CONTRERAS LADINES	



CV1 CONTACT SCHEME




220Vac  
POWER SUPPLY  
COMMAND

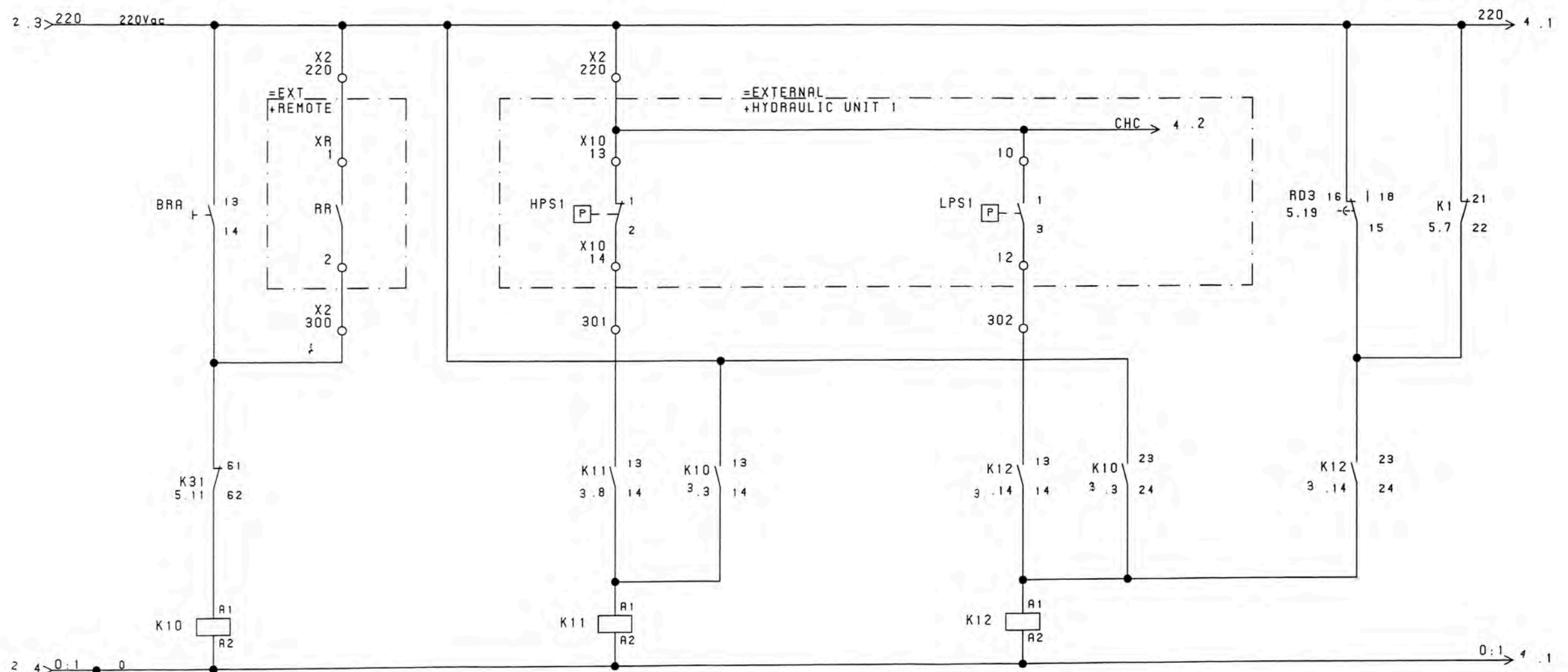
220Vac  
POWER SUPPLY  
VALVES  
COMMAND

220Vac  
POWER SUPPLY  
AUXILIARY  
SERVICES

THREE PHASE  
SUPERVISOR  
OF TENSION

COMMUTATOR  
KEY AND  
VOLTMETER

	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>	LAMINA: <b>02 / 13</b>
	DESCRIPCION: <b>SUMINISTRO DE ENERGIA</b>		PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>		



AUXILIAR ALARM RESET

3	10	13	14
3	15	23	24
	33	34	
4	10	43	44
	53	54	
4	16	63	64
4	19	73	74
7	16	83	84

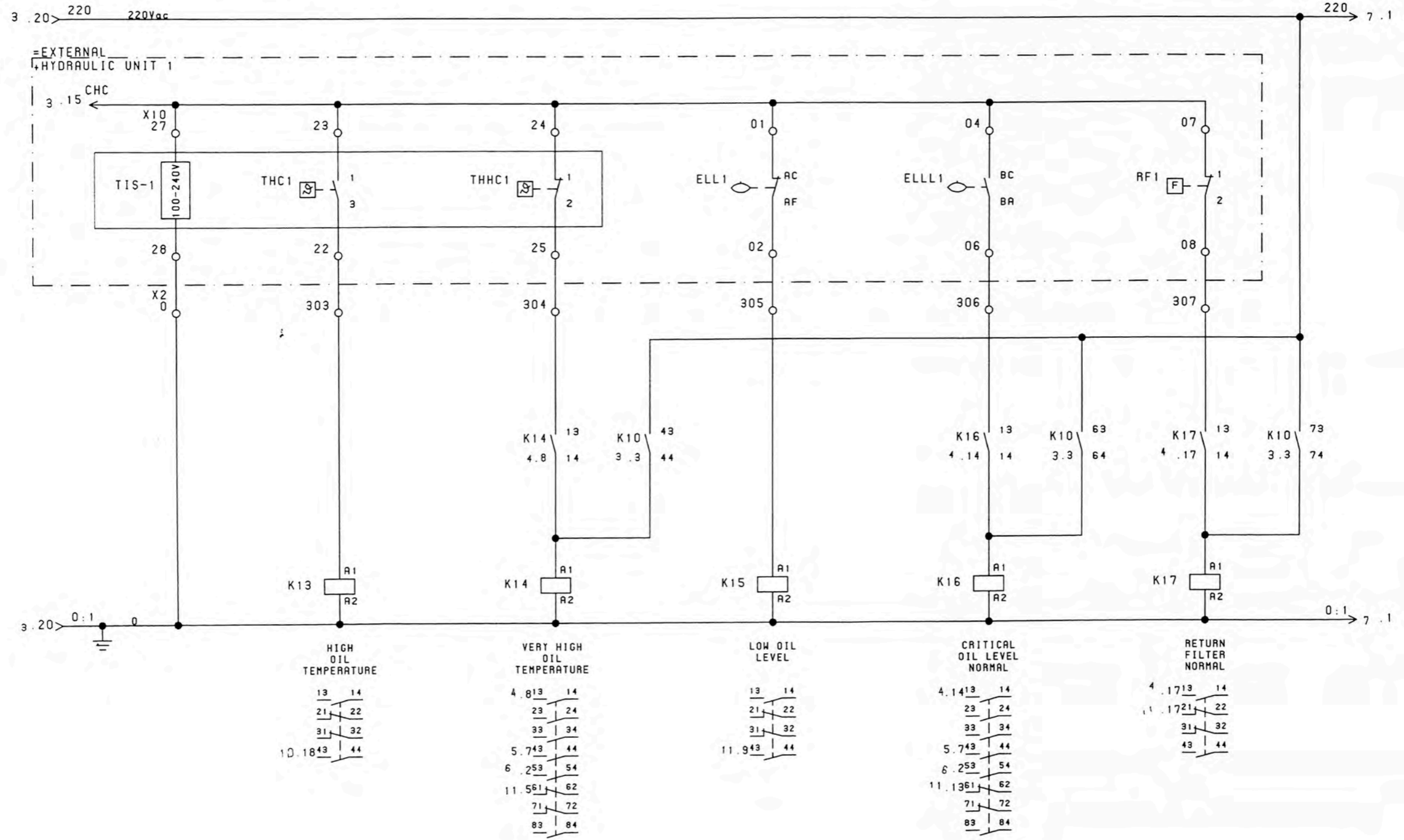
HIGH PRESSURE NORMAL HYDRAULIC UNIT 1

3	8	13	14
	23	24	
	33	34	
5	7	43	44
	53	54	
10	1	61	62
	71	72	
	83	84	

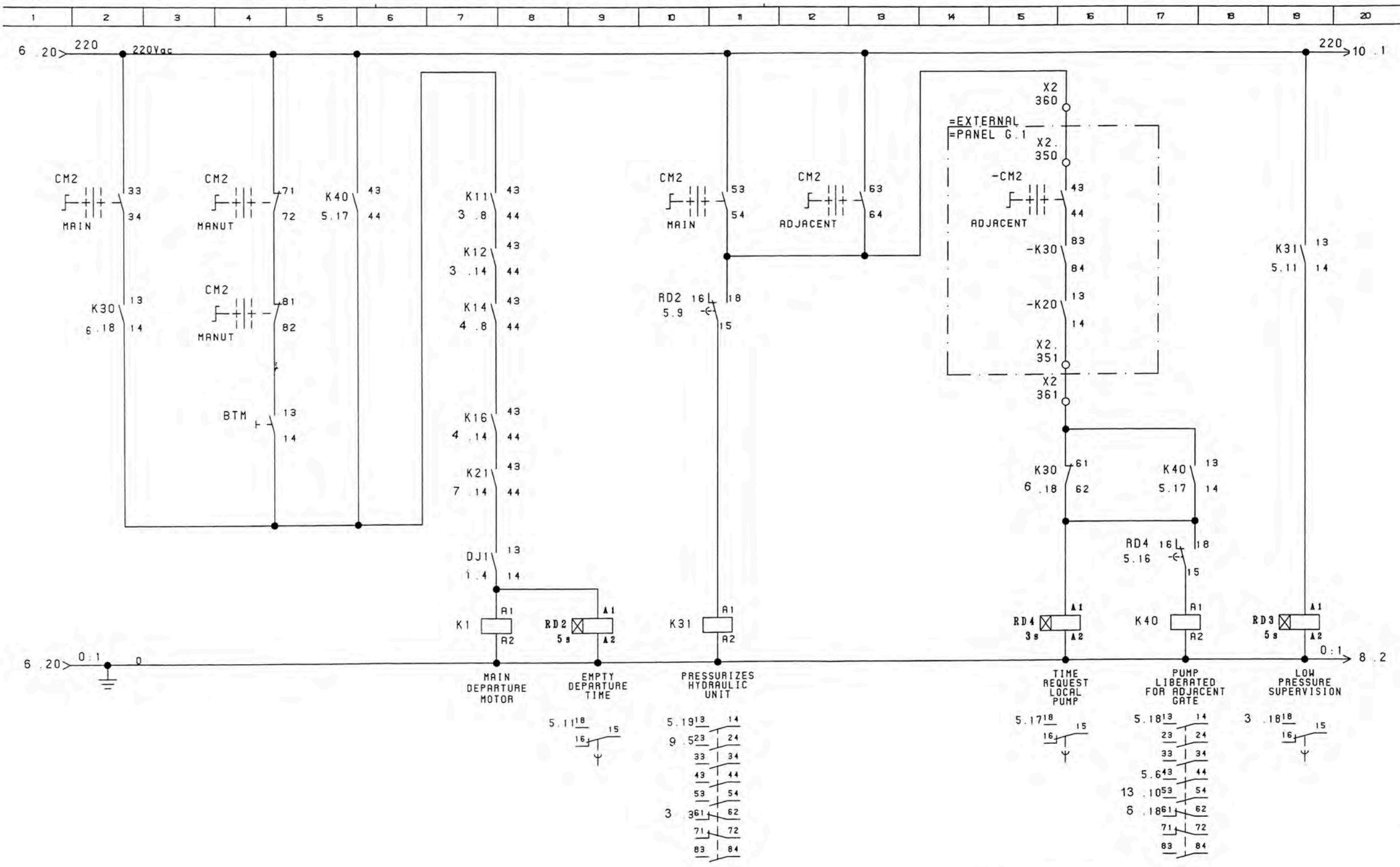
LOW PRESSURE NORMAL HYDRAULIC UNIT 1

3	14	13	14
3	18	23	24
	33	34	
5	7	43	44
	53	54	
10	14	61	62
	71	72	
	83	84	

	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>
	DESCRIPCION: <b>SENSORES - PARTE 1</b>		PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>	
			LAMINA: <b>03 / 13</b>	



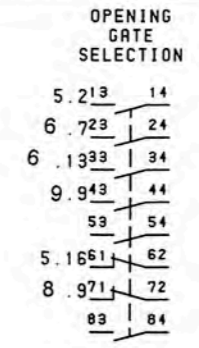
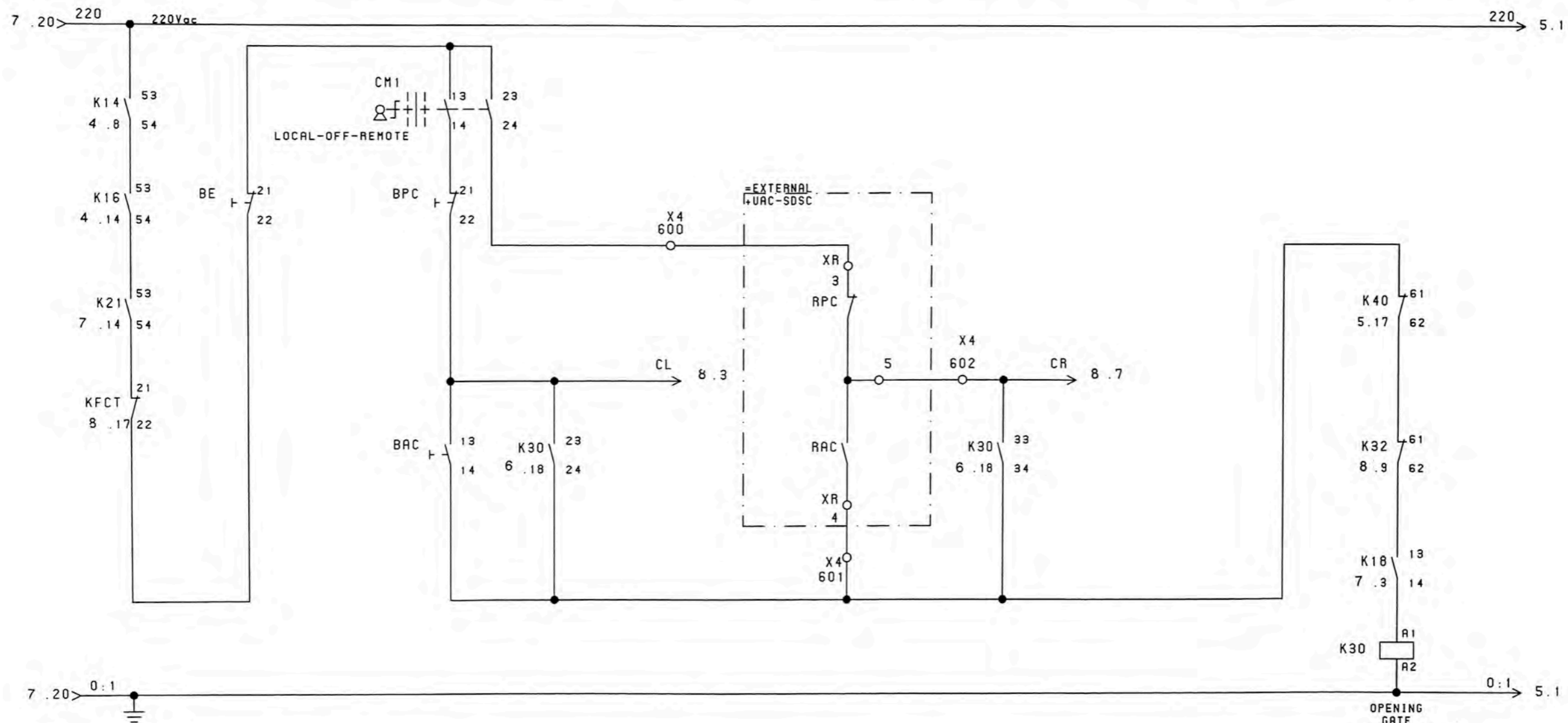
PROPIETARIO:				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
ESPECIALIDAD:	UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	04/13
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
SENSORES - PARTE 2			GONZALO CONTRERAS LADINES	




PROPIETARIO:  
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

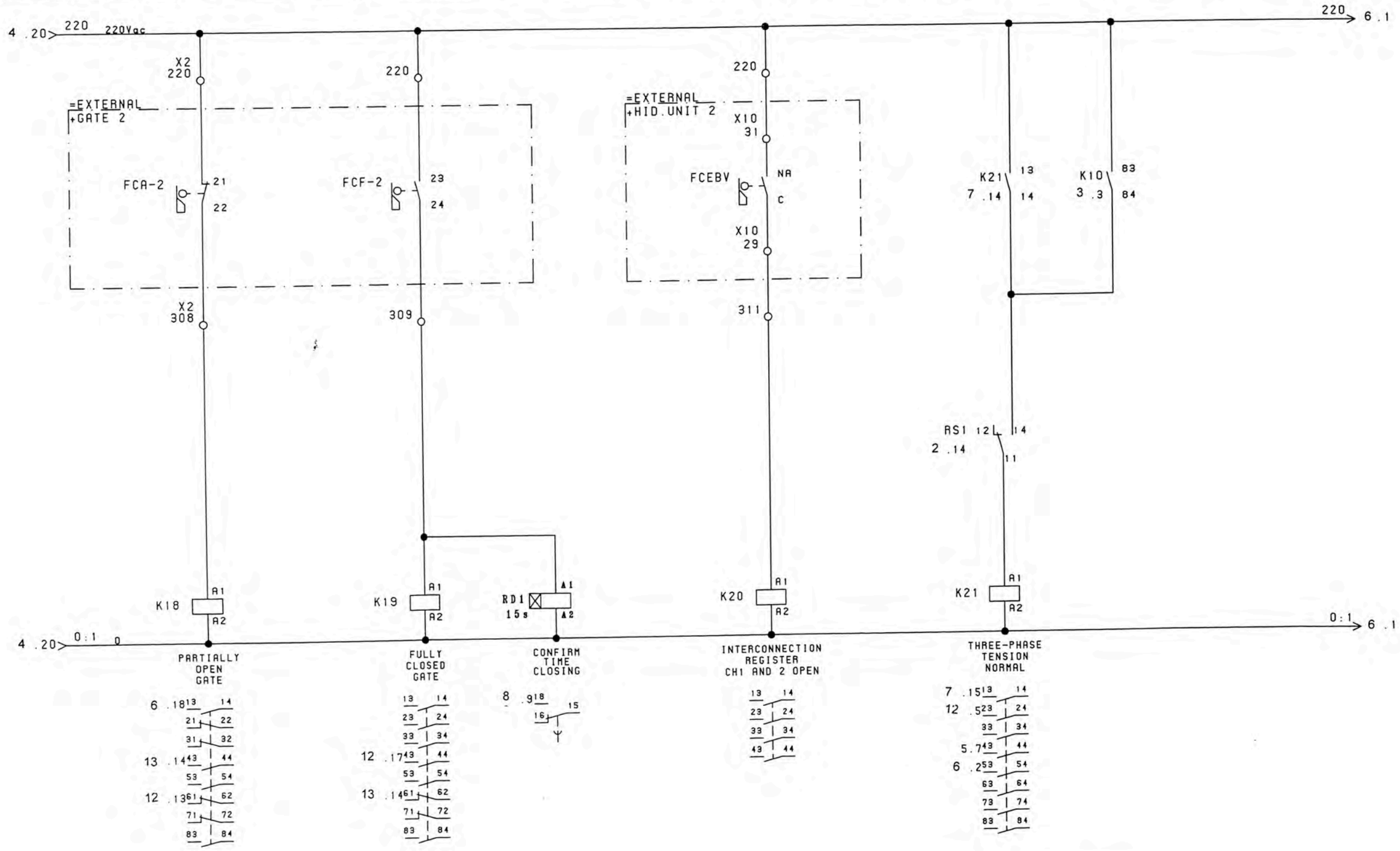
ESPECIALIDAD: **ELECTRICIDAD**      UBICACION: **PRESA HUALLAMAYO**      ESCALA: **S/E**      FECHA: **ABRIL 2010**      LAMINA: **05 / 13**


DESCRIPCION: **COMANDO DE BOMBA OLEOHIDRAULICA**      PREPARADO POR: **GONZALO CONTRERAS LADINES**

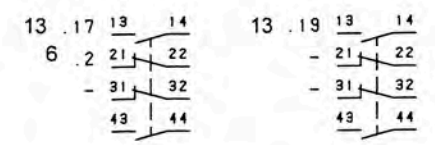
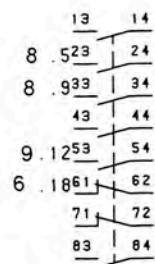
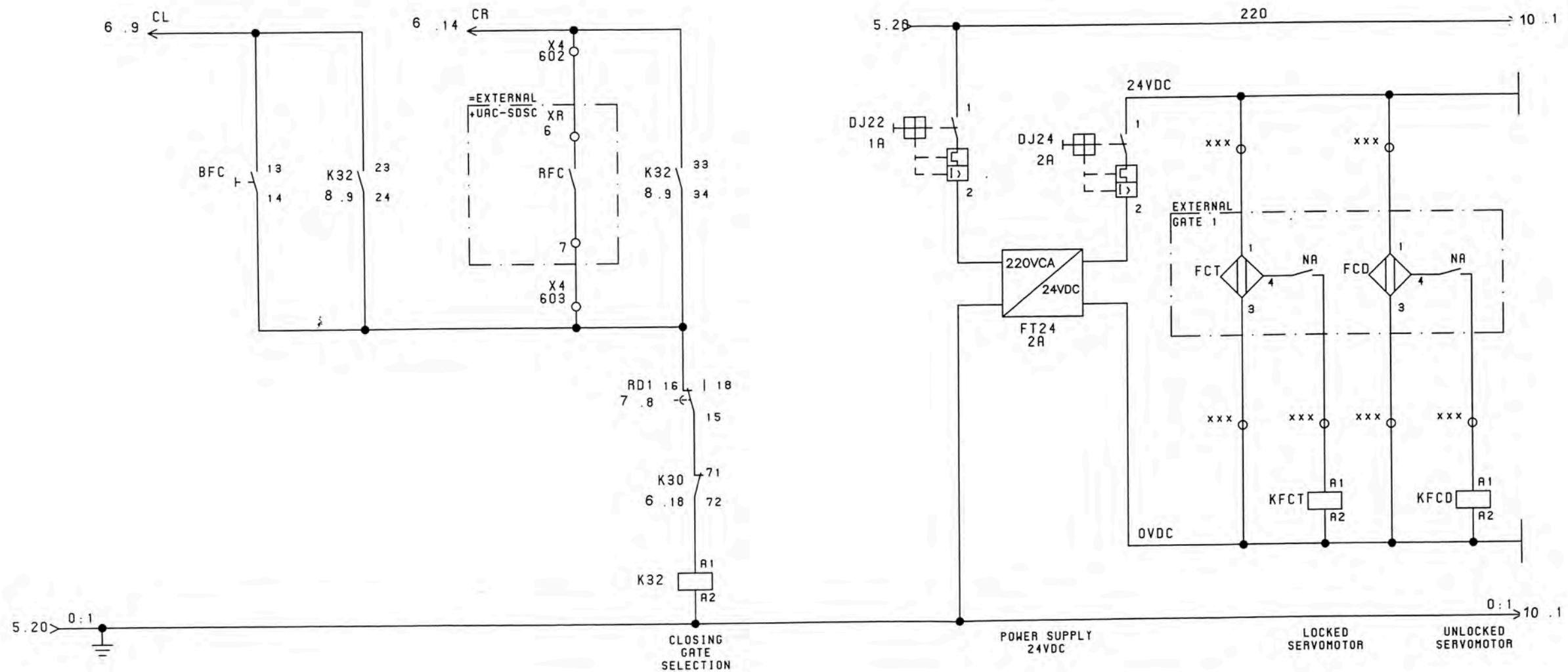


	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>
	DESCRIPCION: <b>COMANDO DE APERTURA DE COMPUERTA</b>		PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>	
		LAMINA: <b>06 / 13</b>		



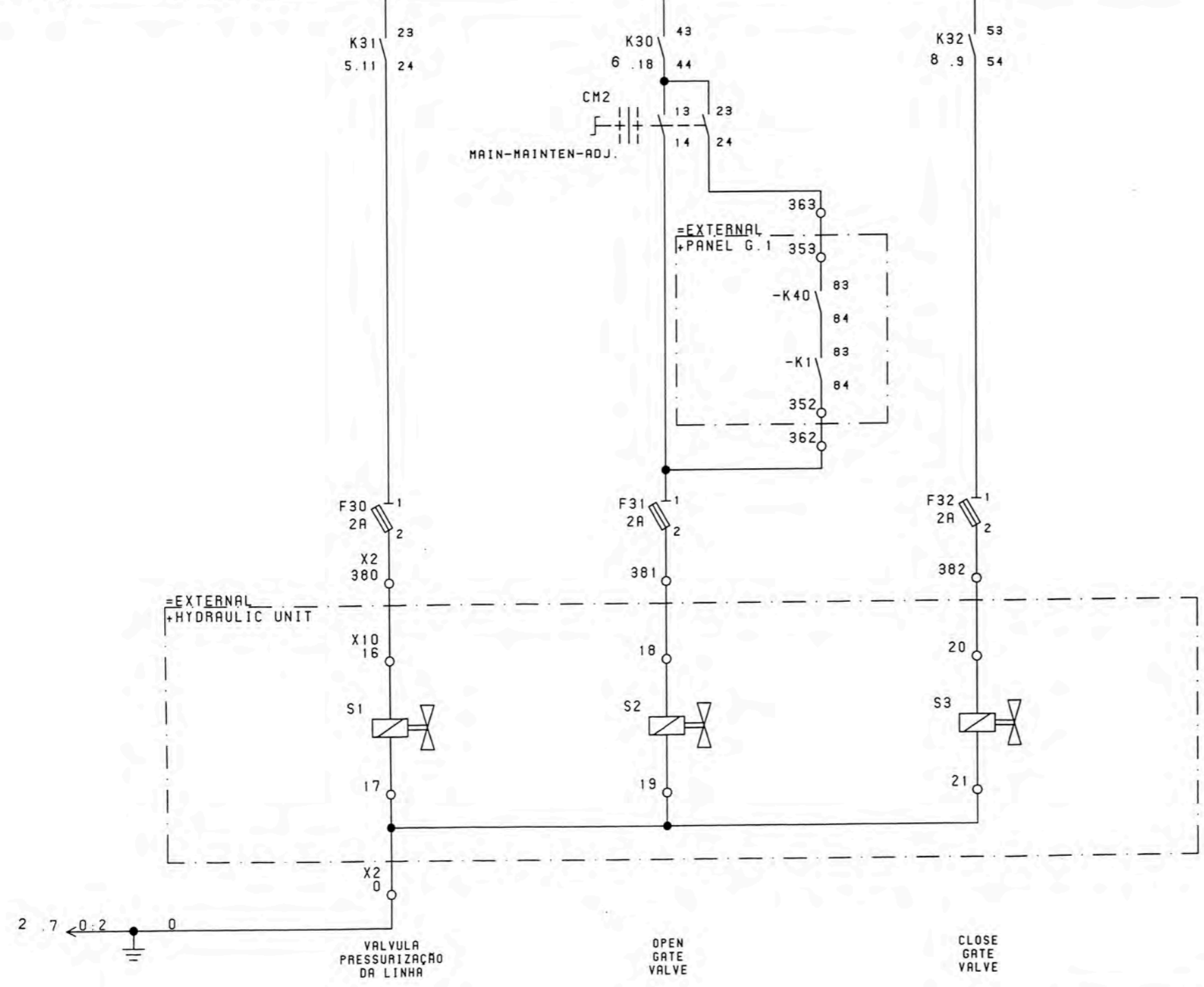


	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>	LAMINA: <b>07/13</b>
	DESCRIPCION: <b>SEÑALES INTERNAS Y EXTERNAS</b>			PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>	



	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>
	DESCRIPCION: <b>COMANDO DE CIERRE DE COMPUERTA</b>			LAMINA: <b>08 / 13</b>
	PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>			

2 .6 ← 221 220Vac (VALVULAS)




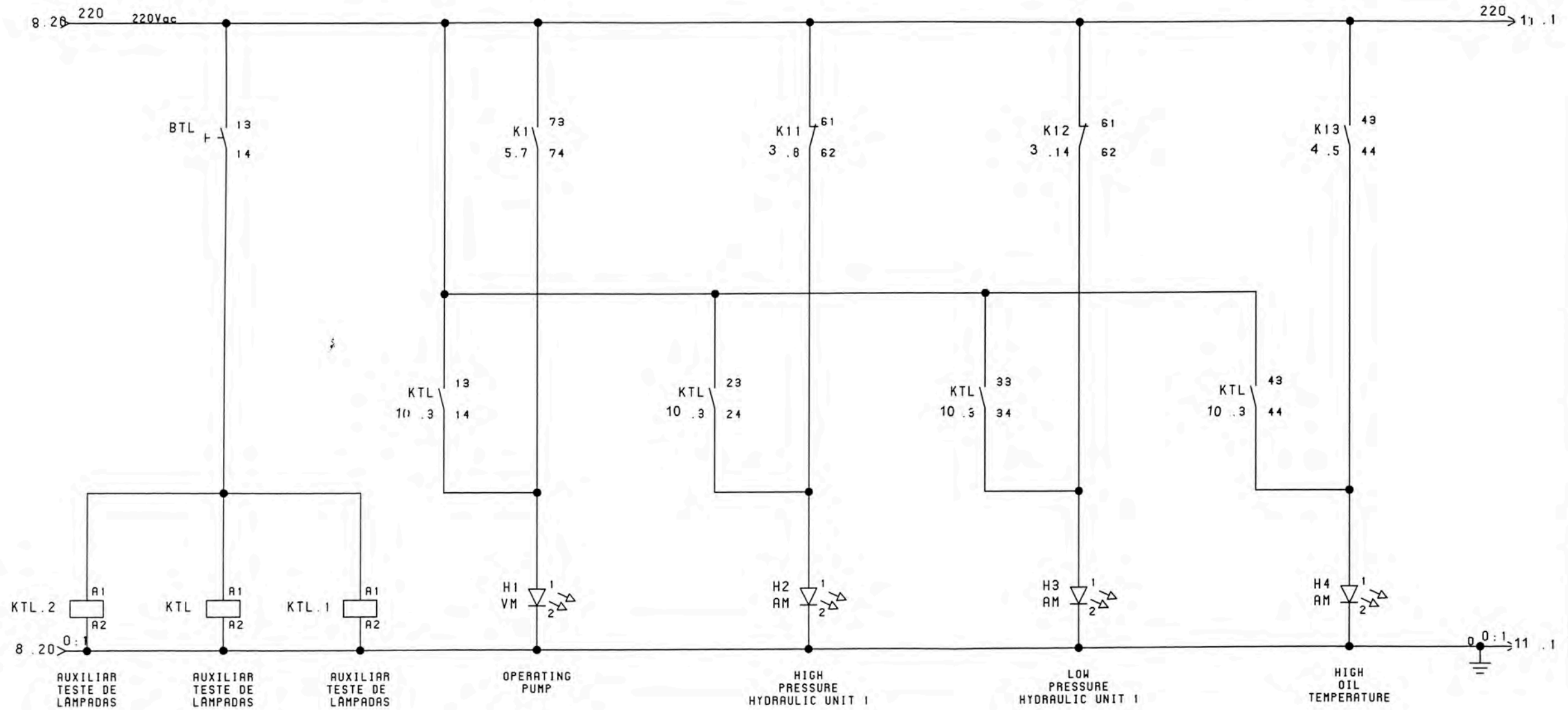
2 .7 ← 0.2 0

VALVULA PRESSURIZACAO DA LINHA


OPEN GATE VALVE

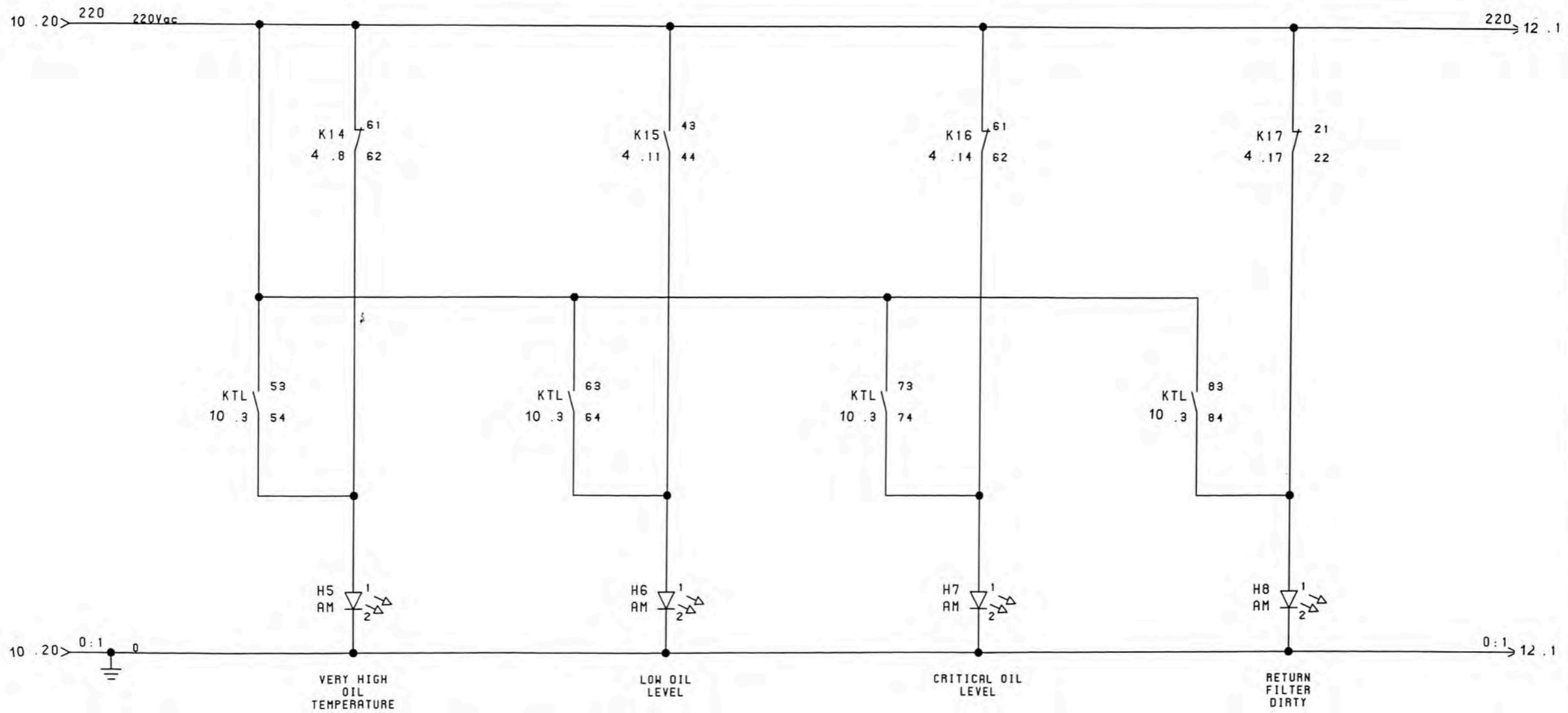
CLOSE GATE VALVE


				
PROPIETARIO:				
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
ESPECIALIDAD:	UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	09/13
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
COMANDO DE ELECTROVALVULAS			GONZALO CONTRERAS LADINES	

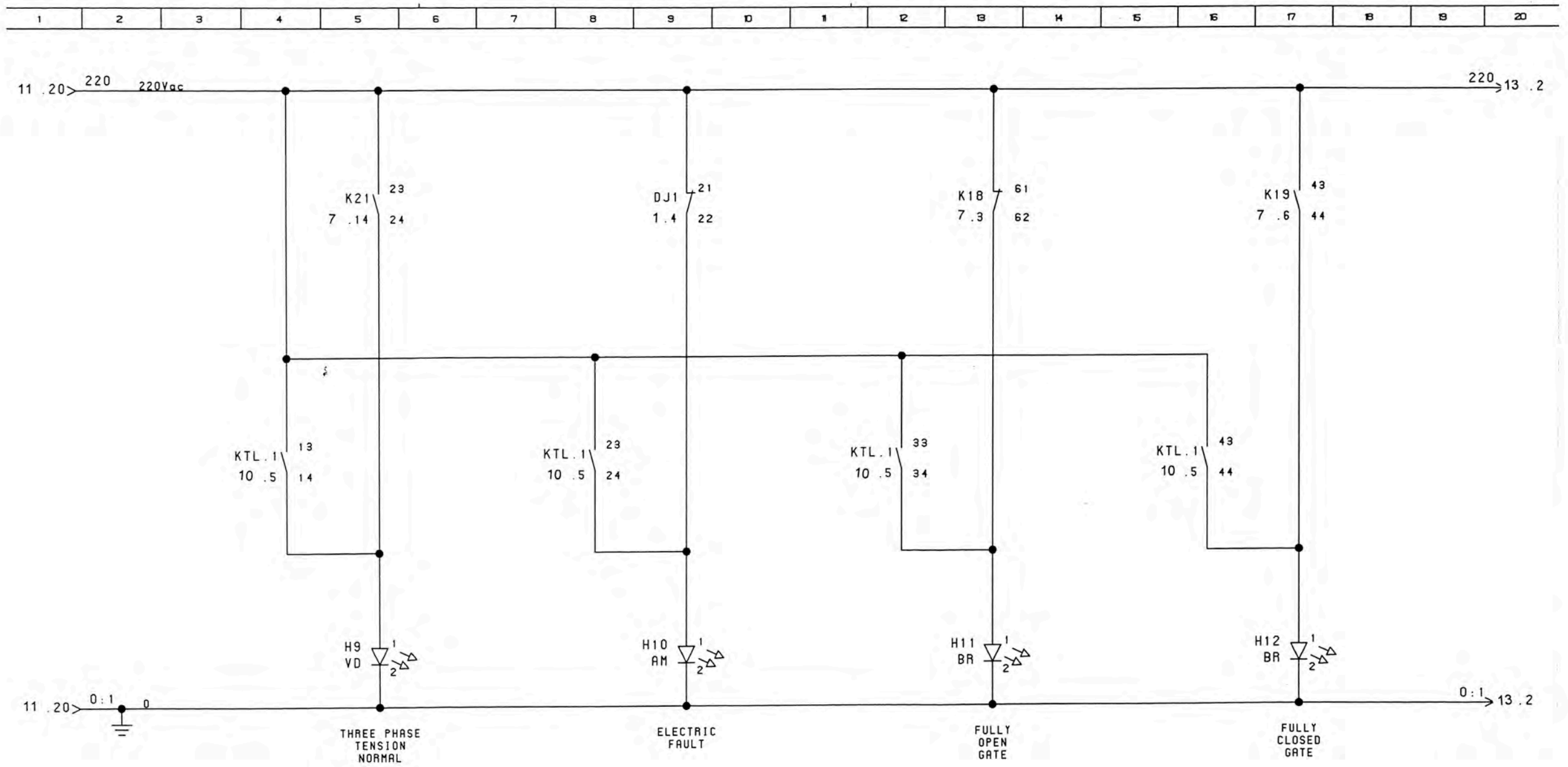



13 . 10 13 14	10 . 613 14	12 . 413 14
23 24	10 . 1023 24	12 . 823 24
33 34	10 . 1333 34	12 . 1233 34
43 44	10 . 1643 44	12 . 1643 44
	11 . 453 54	13 . 553 54
	11 . 863 64	13 . 963 64
	11 . 1273 74	13 . 1373 74
	11 . 1683 84	13 . 1783 84

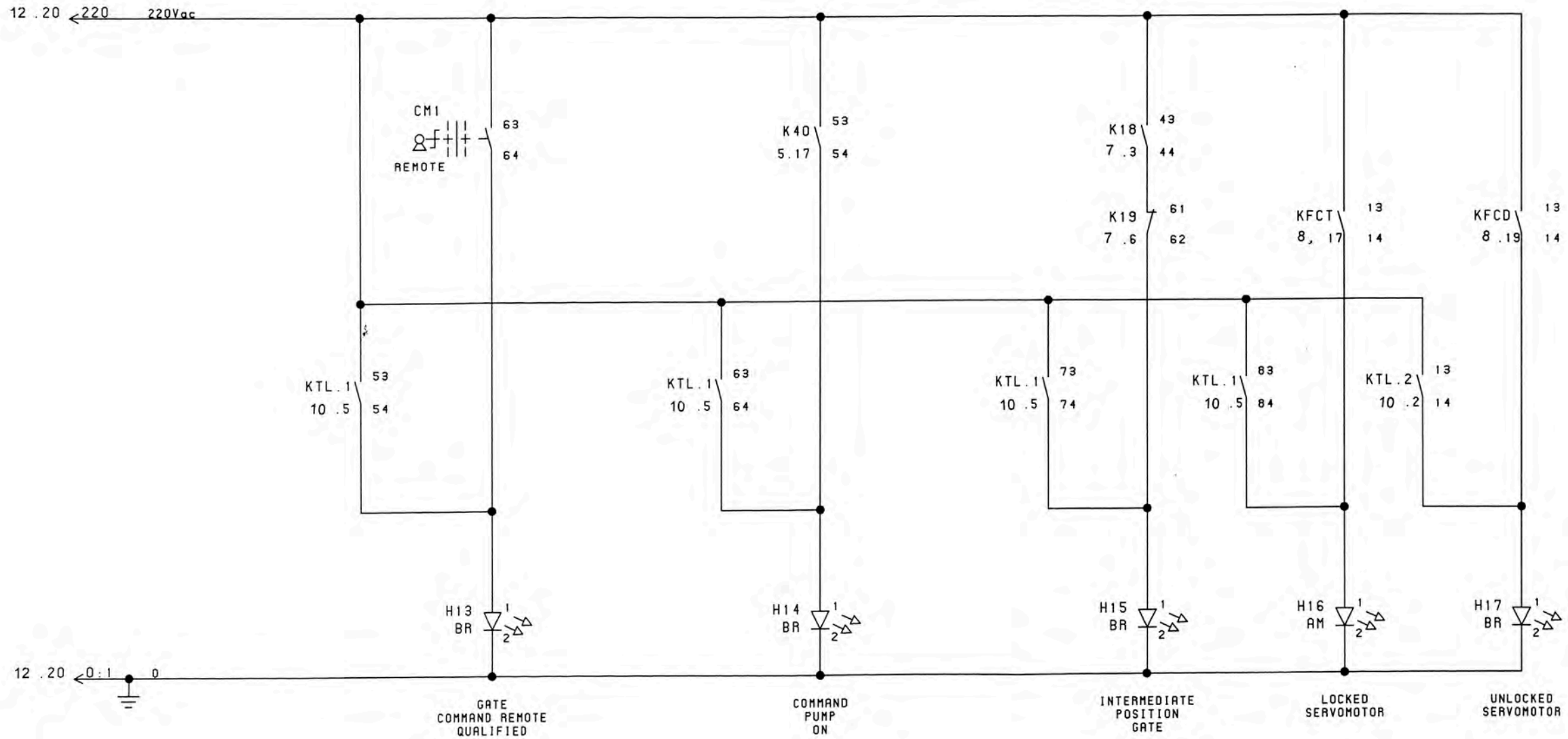
				
PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
ESPECIALIDAD	UBICACION	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	10/13
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
LEDs INDICADORES DE ESTADO - PARTE 1			GONZALO CONTRERAS LADINES	




	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>			
	ESPECIALIDAD: ELECTRICIDAD	UBICACION: PRESA HUALLAMAYO	ESCALA: S/E	FECHA: ABRIL 2010
	DESCRIPCION: LEDS INDICADORES DE ESTADO - PARTE 2		PREPARADO POR: GONZALO CONTRERAS LADINES	
		LAMINA: 11 / 13		



 PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>				
ESPECIALIDAD:	UBICACION:	ESCALA:	FECHA:	LAMINA:
ELECTRICIDAD	PRESA HUALLAMAYO	S/E	ABRIL 2010	12/13
DESCRIPCION:			PREPARADO POR:	
LEDS INDICADORES DE ESTADO - PARTE 3			GONZALO CONTRERAS LADINES	



	PROPIETARIO: <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>			
	ESPECIALIDAD: <b>ELECTRICIDAD</b>	UBICACION: <b>PRESA HUALLAMAYO</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	FECHA: <b>ABRIL 2010</b>
	DESCRIPCION: <b>LEDS INDICADORES DE ESTADO - PARTE 4</b>		PREPARADO POR: <b>GONZALO CONTRERAS LADINES</b>	
		LAMINA: <b>13 / 13</b>		

## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] Norma Internacional ISO 9001: 2000, “Sistemas de gestión de la calidad – requisitos”.
- [2] Norma Internacional ISO 14001:2004, “Sistemas de gestión ambiental – requisitos”.
- [3] Norma Internacional OHSAS 18001:1999, “Sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional – Especificación”.
- [4] National Instruments, “Manual de usuario 7330” - USA, 2009.
- [5] Jose Acedo Sánchez, “Instrumentación y control avanzado de procesos”, editorial Díaz de Santos - España, 2006.
- [6] Katsuhiko Ogata, “Ingeniería de control moderna”, tercera edición, 1970.