

+
621.381
V63

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica



TESIS

**TITULO: "MODERNIZACION DEL SISTEMA DE
SUPERVISION Y CONTROL DEL DIQUE
FLOTANTE 104 DEL SIMA"**

AUTOR(es):

✓ **Bach. VIGIL SUAREZ, Franck Carlos**

ASESOR:

Msc. NICANOR RAUL BENITES SARAVIA

Bellavista – Callao

2013

Id. Publ. 15868
Id. Ejemplar: 38917

HOJA REFERENCIA

*Quiero dedicarle este trabajo
A dios que me ha dado la vida y las fuerzas para poder terminar este
proyecto de investigación.
A mis padres y hermanas que siempre estuvieron para incentivarne a
seguir adelante*

INDICE

	Pág.
CARATULA	1
HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACION	2
DEDICATORIA	3
INDICE	4
PROLOGO	7
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION	11
1.1 Determinación del Problema	11
1.2 Formulación del Problema	12
1.3 Objetivos de la Investigación	12
1.4 Justificación de la investigación	13
1.5 Limitaciones y Facilidades	13
1.6 Hipótesis de Partida	14
II. MARCO TEORICO	14
2.1 Antecedentes del Estudio	14
2.1.1 Sistema actual del dique flotante 104 del SIMA	14
2.1.2 Sistema propuesto del dique flotante 104 del SIMA	25
2.2 Fundamento Teórico	26
2.2.1 Controlador lógico programable (PLC)	26
2.2.2 Redes con PLC	45

2.2.3	Transductores de nivel	50
2.2.4	Sistema SCADA	61
2.2.5	Análisis De Los Tipos De Buses De Campo	66
III.	DISEÑO GRAFICO SIMULACION Y PRUEBAS	70
3.1	Controlador ON/OFF	70
3.2	Escalamiento para la adquisición de datos	71
3.3	Diseño de la interfaz gráfica	79
3.4	Bombas de lastre	82
3.5	Equipos del sistema de lastre	83
3.6	Bombas de cebado	83
IV.	COMPARACIÓN COSTO BENEFICIO	85
4.1	Costo y tecnología del sistema actual	85
4.2	Costo y tecnología del sistema propuesto	88
V.	METODOLOGIA	90
5.1	Relación entre las variables de Investigación	90
5.2	Operacionalización de Variables	90
5.3	Tipo de Investigación	91
5.4	Diseño de Investigación	91
5.5	Etapas de la Investigación	92
5.6	Población y muestra	92
5.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	92

5.8 Procedimiento estadístico y análisis de datos	92
VI. RESULTADOS	93
6.1 Resultados Parciales	93
6.2 Resultados Finales	93
VII. DISCUSION DE RESULTADOS	93
7.1 Contrastación de hipótesis con los resultados	93
VIII. CONCLUSIONES	93
IX. RECOMENDACIONES	94
X. BIBLIOGRAFIA	96
ANEXOS	97
• Matriz de consistencia	
• Otros Anexos Necesarios de Acuerdo al tema y su desarrollo	

PRÓLOGO

Toda empresa industrial tiene que estar constantemente en la modernización de sus equipos y maquinas industriales para un mejor servicio, una mayor producción y en este caso para una mayor seguridad a los operarios encargados de la maniobra del dique y a los operarios y embarcaciones que se encuentran a sus alrededores. El dique al contar con un sistema antiguo y que se encuentra en mal estado, obliga a que la maniobra de este sea realizada por operarios sumamente habilidosos y experimentados, pero aun así esto no te garantiza que la maniobra se realice de manera perfecta, esto se debe a que los operarios realizan sus cálculos de centrado debido solo a la experiencia sin saber a qué nivel de agua se encuentra cada tanque y sin saber a qué profundidad se encuentran del suelo del mar, por lo tanto es una necesidad reemplazar el sistema antiguo que consta de 18 campanas una campana por tanque, donde cada campana a través de una sonda se comunica con un manómetro analógico donde cada vez que varía la presión también variara el valor observado en el manómetro.

Se plantea reemplazar el sistema analógico que se encuentra obsoleto por un sistema moderno digital, el sistema propuesto consta de 18 sensores de presión uno por cada tanque, estos sensores a su salida entregan una señal de corriente estandarizada de 4 a 20mA, para poder así captar estas señales a través de un PLC, el PLC se encarga de convertir estas señales de corriente en información binaria para poder visualizar la variación de presión en una pantalla donde se encuentra nuestro diseño gráfico que simulara los niveles en tiempo real de los 18 tanques.

Al iniciar la maniobra del dique las válvulas serán energizadas pero no estarán en funcionamiento debido a que el relé que controlaremos aun no será activada. Para la etapa de control realizaremos la activación y desactivación de los relés que serán los que dejen pasar la energía para activar las válvulas, A través de nuestro SCADA podremos controlar las válvulas de llenado y achique a su vez podremos supervisar el nivel de cada tanque y el movimiento que realiza el dique para el ingreso o egreso de las embarcaciones, el sistema nos indicara a través de alarmas de cualquier eventualidad por parte de la maniobra del dique a su vez podremos visualizar los niveles de cada

tanque y ver cómo va el movimiento de la embarcación, el control que se realizara será un control ON/OFF debido a que el tipo de movimiento e infraestructura del dique así lo requiere.

Ha sido un reto para mí poder converger en el desarrollo de este análisis, ya que requiere poner en práctica muchas áreas de la ingeniería, sin embargo he concluido con éxito la elaboración de esta tesis, en la que ha sido necesario desarrollar, once (11) capítulos cuyos contenidos son:

El capítulo I, presenta el planteamiento inicial del problema, una descripción de los objetivos generales, justificaciones y limitaciones para el desarrollo de la investigación. En este capítulo se presenta el proyecto de manera metodológica siguiendo el lineamiento de la investigación descriptiva, aplicada y científica.

El capítulo II, presenta el desarrollo del marco teórico que enriquece los conocimientos para el control, supervisión y programación del PLC y sistemas SCADA.

El capítulo III, da a conocer sobre el diseño gráfico del sistema de supervisión y control ON/OFF, que permitirán modelar nuestro control del dique flotante del SIMA. Además se hace el estudio de los antecedentes técnicos y experimentales para la simulación y prueba de nuestra hipótesis.

El capítulo IV, da a conocer sobre el costo beneficio de implementar este sistema de control SCADA al dique 104 del SIMA.

El capítulo V, se presenta la solución mediante una secuencia metodológica, relación entre variables y descripción del tipo de investigación.

El capítulo VI, se muestra los resultados obtenidos de la investigación, para ello mostramos cuadros comparativos de niveles de satisfacción de calidad de suministro, normativa aplicada y niveles de sobretensión.

El capítulo VII, se presenta la contratación de los resultados teóricos con los resultados de la investigación, esto validad para la hipótesis que hemos planteado, para el desarrollo de la solución del problema.

El capítulo VIII, presenta la conclusiones que se obtuvieron en el desarrollo del presenta trabajo.

El capítulo IX, se hace las recomendaciones del trabajo y futuras mejoras que se pueden aplicar y finalmente en el Capítulo X, se presentan las fuentes bibliográficas de consulta para el desarrollo del presenta trabajo de Investigación, así como los anexos correspondientes.

RESUMEN

El sistema cuenta con 18 campanas cada una de estas está instalada individualmente en cada uno de los tanques, estas campanas tienen comunicación a cada uno de los manómetros, esta comunicación es a través de una sonda por donde circula una cierta presión asiendo variar el valor medido por el manómetro. El sistema propuesto contara con 18 sensores de nivel por presión, cada uno de estos sensores ira instalado en la parte más baja de cada uno de los tanques los cuales enviarian una señal de 4 a 20mA que es una señal estandarizada para realizar el cálculo a qué nivel de agua se encuentra el tanque, cuando el tanque se encuentre en su nivel más bajo enviara la mínima señal que es de 4mA y cuando llegue a su máximo nivel, enviara la señal de 20mA.

El sistema actual cuenta con una pantalla donde se encuentran empotrados los 18 manómetros, de los cuales muchos de ellos se encuentran inoperativos debido al desgaste por el tiempo de uso, su manera de visualización es una manera analógica y muy poco comprensible, debido a ello la pantalla actual se reemplazara por una pantalla industrial donde se visualizara de manera gráfica en tiempo real el movimiento del dique sea para el ingreso de las embarcaciones o para la salida de ellos. Esta pantalla contara con un estándar grafico para que al momento de su visualización sea comprensible para cualquier operador con conocimientos en el área de control.

En el sistema actual su sistema de supervisión se encuentra alejado de su sistema de control en una mesa de comandos, que consiste en una serie de botoneras, en el sistema propuesto la etapa de supervisión y control se encontraran en una misma pantalla con el objetivo de facilitar el manejo del dique y la supervisión de este, los botones serán dibujados en el ruevo sistema con ciertos colores para su identificación correspondiente de cada una de las válvulas.

Se debe tener en cuenta que este análisis es del tipo descriptivo y permitirá generar un aporte para futuras investigaciones.

ABSTRACT

The system has 18 bells each of these individually installed in each of the tanks, these hoods are communicating each of the gauges, this communication is through a tube through which flows a certain pressure measured value grasping vary by the manometer. The proposed system will have 18 pressure level sensors, each of these sensors will be installed in the lower part of each of the tanks which send a signal of 4 to 20mA which is a standard signal to perform the calculation to which is water level tank when the tank is at its lowest level send a high signal is 4mA and when you reach your highest level of 20mA signal sent.

The current system has a screen which are embedded the 18 gauges, of which many of them are inoperative due to wear by the time of use, the way analog display is a way and very hard to understand, because it's current screen is replaced by industrial screen where a graphical visualized in real time the movement of the dam is for the entry of ships or to output them. This display will feature graphic standard for viewing when it understandable for any trader with knowledge in the area of control.

In the current system the monitoring system is far from its control system command on a table which consists of a series of buttons, in the proposed system monitoring and control stage were in the same screen with the goal of facilitate management of the dam and the supervision of this, the buttons will be drawn into the new system with certain colors for proper identification of each of the valves.

It should be noted that this analysis is descriptive and will generate a contribution for future research.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. DETERMINACION DEL PROBLEMA

En toda industria, surge la necesidad de mejorar y modernizar los equipos y maquinas que son los que te garantizan un mejor servicio y una buena rentabilidad económica, al automatizar los sistemas de control y supervisión se ofrece a los clientes un mejor servicio y que los operarios tengan una mayor seguridad y confiabilidad de la maniobra que se encuentran realizando.

Todas las empresas sean de servicios o producción se encuentran en una mejora constante de sus sistemas y no debería ser una excepción que el SIMA modernicé en este caso el dique ADF 104 que fue obtenido en el año 1980 y que requiere de manera urgente una modernización en sus tableros indicadores del llenado de los tanques de agua, debido a que se encuentran obsoletos.

Todos los sistemas de control en una empresa industrial requieren de un sistema de supervisión ya que este brindara una información visible de lo que se está realizando en ese proceso, y hoy en día lo que se utiliza es un sistema digital para una mayor comodidad del usuario y mejor confiabilidad del proceso.

El sistema que se reemplazara será un sistema analógico de los años ochenta por uno digital, donde se mejorara su manera de visualización, ya no serán indicadores a través de agujas (manómetros) sino que lo visualizaremos de manera gráfica en un software de supervisión. Ya no usaremos campanas a través de sondas, ahora emplearemos sensores para realizar la supervisión de manera digital y un método más confiable de medición.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El dique flotante 104 cuenta con 18 tanques, 6 en estribor, 6 en babor y 6 al centro. Para la modernización de su sistema de supervisión, es una necesidad la instalación de 18 sensores uno por tanque para tener el control de nivel de cada uno de ellos. El acceso a estos tanques y la instalación de los sensores es muy dificultoso, por eso es que se ha elegido trabajar con sensores de nivel por presión para una mejor instalación y comodidad al operario al momento de realizar una calibración o un mantenimiento a los sensores. Al momento de realizar la maniobra, el dique presenta un modelo matemático no lineal con considerables variaciones de sus parámetros para distintas maniobras realizadas por este y en algunos casos por los fenómenos naturales como es el caso del movimiento del mar. Por tal motivo su control tiene que ser cuidadosamente estudiado y desarrollado, motivo por el cual se adquirirá un PLC altamente confiable.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

a. OBJETIVO GENERAL

- Monitorear y controlar las maniobras realizadas del dique ADF 104 para el ingreso y egreso de las embarcaciones.

b. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Proponer una modernización del sistema de supervisión y control de todos los diques del sima.
- Demostrar que con un gasto menor de inversión en el mantenimiento de los diques se puede llegar a automatizar sus sistemas.

1.4. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de tesis, se justifica pues con la modernización del sistema de supervisión y control se reemplazara será un sistema analógico de los años ochenta por uno digital, donde se mejorara su manera de visualización, ya no serán indicadores a través de agujas sino que lo visualizaremos de manera gráfica en un software de supervisión. Ya no usaremos campanas a través de sondas, ahora emplearemos sensores para realizar la supervisión de manera digital y un método más confiable de medición.

1.5. LIMITACIONES Y FACILIDADES

a. Limitaciones

La limitación de este trabajo se debe a que debemos encontrar el reporte de toda la información de los últimos años, que se ha obtenido del dique 104, del SIMA, en este sentido, podemos afirmar que al no tener conocimiento sobre ello, debemos ir en búsqueda de los archivos.

b. Facilidades

Dentro de las facilidades es que contamos con el acceso al dique y sobre todo a la plataforma de control y supervisión, a su vez manejamos el software de simulación para el SCADA.

1.6. HIPOTESIS

En virtud de lo comentado sobre este tema de tesis planteamos la siguiente hipótesis:

a. HIPOTESIS PRINCIPAL

Es factible realizar un sistema SCADA para la supervisión y el control del dique flotante 104 del sima.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Sistema actual del dique flotante 104 del sima

El sistema actual con el que cuenta el dique es un sistema obsoleto y que debido a que su sistema de visualización es analógico no se garantiza la medición exacta del nivel del tanque. El sistema cuenta con 18 campanas, cada una de estas está instalada individualmente en cada uno de los tanques, estas campanas tienen comunicación a cada uno de los manómetros, esta comunicación es a través de una sonda por donde circula una cierta presión asiendo variar el valor medido por el manómetro. El sistema actual cuenta con una pantalla donde se encuentran empotrados los 18 manómetros, de los cuales muchos de ellos se encuentran inoperativos debido al desgaste por el tiempo de uso, su manera de visualización es una manera analógica y muy poco comprensible, debido a ello la pantalla actual se reemplazara por una pantalla industrial donde se visualizara de manera grafica en tiempo real el movimiento del dique sea para el ingreso de las embarcaciones o para la salida de ellos. Esta pantalla contara con un estándar grafico para que al

momento de su visualización sea comprensible para cualquier operador con conocimientos en el área de control.

En el sistema actual su sistema de supervisión se encuentra alejado de su sistema de control en una mesa de comandos, que consiste en una serie de botoneras, en el sistema propuesto la etapa de supervisión y control se encontraran en una misma pantalla con el objetivo de facilitar el manejo del dique y la supervisión de este, los botones serán dibujados en el nuevo sistema con ciertos colores para su identificación correspondiente de cada una de las válvulas.

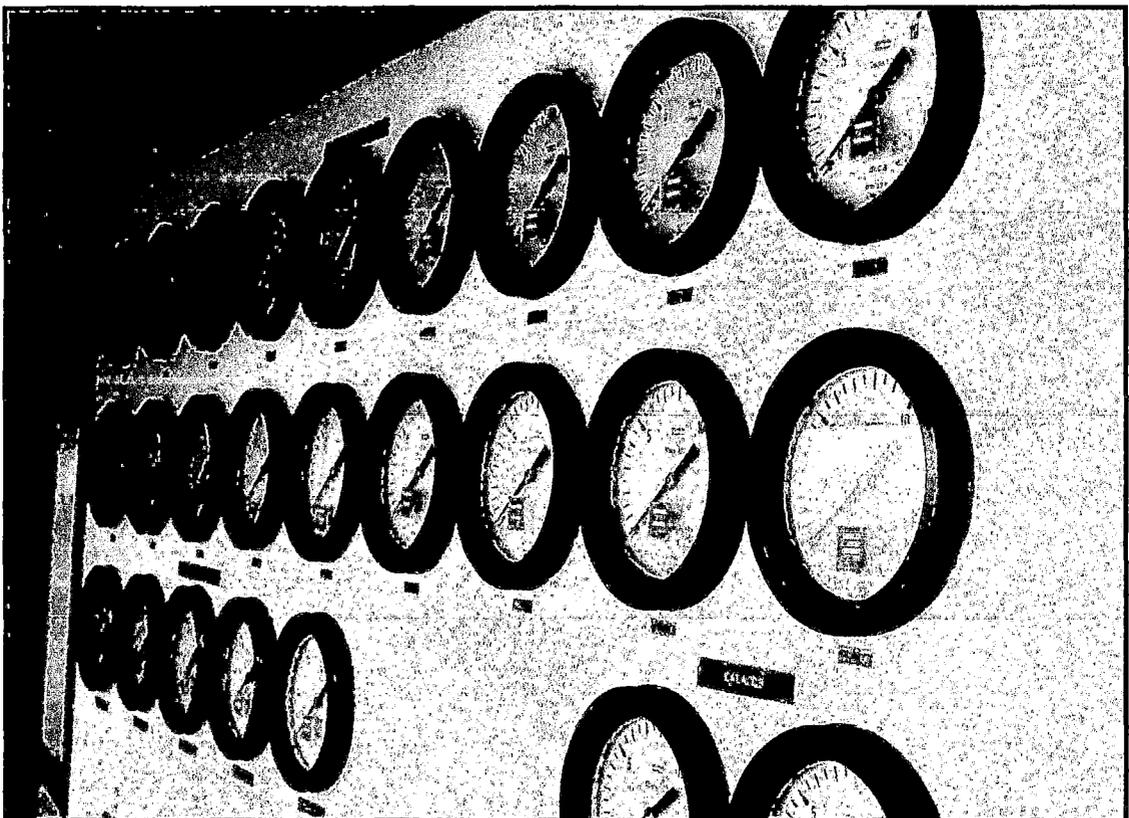


Figura 1: Sistema actual de supervisión, conformado por dieciocho manómetros.

A. CONTROL Y SUPERVISIÓN PARA EL INGRESO DE LAS EMBARCACIONES AL DIQUE CON EL SISTEMA ACTUAL

Para la realización de la maniobra de ingreso de la embarcación se debe realizar la elaboración de planilla y armado de la cama por parte del maestro de dique y previa detección de gases, se dará paso a la inundación para ingreso de la embarcación. La maniobra de ingreso de la embarcación es realizada por el maestro de dique previo centrado de la embarcación el cual cuando el dique se encuentra en calado de 4 metros aproximadamente se cerraran las válvulas de los tanques centrales para mantener con mas lastre en la parte central del dique hasta llegar al calado de servicio de 3.10 metros proa y popa. En el achique se tendrá en cuenta el aseguramiento de la embarcación para que la embarcación quede bien segura.

Si la forma del buque no da la garantía de aseguramiento en el asentado ya sea por la forma de la quilla y casco se deberá apuntalar con troncos de longitud adecuada para asegurar que no se ladee (escorarse) cuando se asiente sobre los calzos.

Para controlar la posición del buque en el dique se utiliza las miras o escuadras visoras para su acomodamiento mediante cabrestantes en la cama de varado.

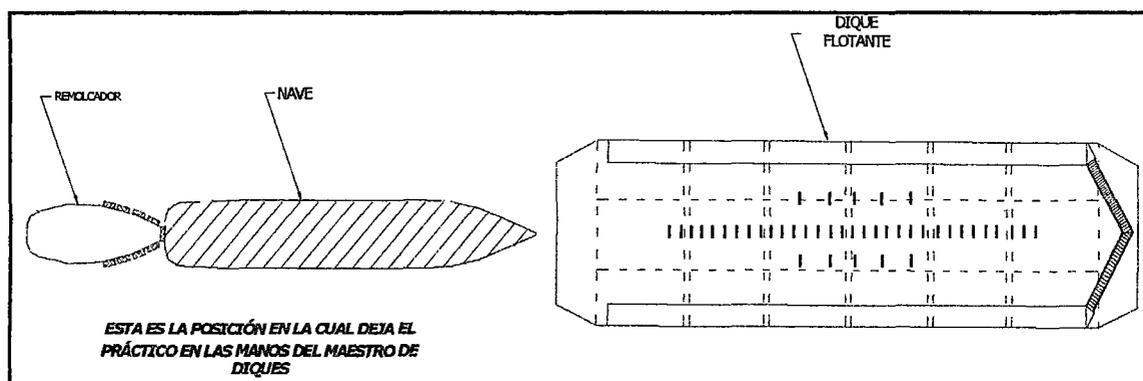


Figura 2: Posición inicial de ingreso de la embarcación al dique

Antes de la realización de la maniobra se debe de poner en puesta de servicio los siguientes equipos:

- 1) Compresor de aire.
- 2) Secador frigorífico.
- 3) Botella auxiliar acumuladora de aire.
- 4) Aire de absorción para el panel de manómetros.
- 5) Panel de válvulas y consolas de bombas.

Procedimiento:

- 1) Para el lanzamiento del compresor de aire se sigue los siguientes pasos que involucran algunos equipos antes mencionados. Por ello comenzaremos por el funcionamiento del compresor como sigue.
- 2) Conectar la llave principal en el tablero auxiliar (cubierta de seguridad de tanques de babor) de energía eléctrica.
- 3) Abrir la válvula de entrada y salida de la botella acumuladora de aire comprimido.
- 4) Abrir la válvula de purga para desalojar el condensado de agua de la botella acumuladora de aire.
- 5) Para el aire de absorción abrir la válvula de entrada y salida y colocar el selector en posición en marcha del cuadro de encendido del compresor de aire comprimido (Rollair).
- 6) Para el secador frigorífico se sigue la siguiente secuencia:
 - Abrir las válvulas de entrada y salida del secador frigorífico.
 - Poner en posición de marcha el selector.
 - En el tablero principal de energía eléctrica colocar en 1 el selector del circuito 24 (secador frigorífico).
- 7) Siguiendo con el procedimiento del compresor se coloca el selector del cuadro de tensión en la posición 1 y colocar el

selector del número de paradas en cascadas en el cuadro de suministro de energía.

- 8) Abrir la válvula de descarga del compresor.
- 9) Abrir la válvula de purga del compresor para desalojar el condensado de agua.
- 10) Verificar el nivel de aceite en 3/4.
- 11) Verificar el termómetro que indique 90°C como máxima temperatura de aceite.
- 12) Poner el selector (marcha/vaciado) del cuadro central de encendido del compresor de aire comprimido (Rollair).
- 13) Poner el selector (marcha continua / marcha auto) de parada en marcha continua.
- 14) Anotar la hora del contador de horas del tablero central del compresor de aire comprimido.
- 15) Presionar el botón de marcha del compresor.
- 16) Para la parada en marcha en automático el compresor se parara hasta alcanzar la presión de 7.5 kg/cm².
- 17) Para la cuarto de control se procederá a encender los selectores del cuadro de fuerza del selector frigorífico y aire de absorción.
- 18) Para el panel de manómetros neumático en el cuarto de control se procede a abrir la válvula de entrada de aire para dicho panel de manómetros neumáticos.
- 19) Para el panel de válvulas (válvulas de entrada libre, válvulas de lastre) y válvulas de interconexión de pontonas que se abren manualmente y consola de bombas (bombas de lastre y bombas de cebado) del circuito #4 y circuito #5.

Operación de inundación del dique flotante 104

- 1) Abrir las válvulas de llenado directo de los tanques centrales (tanque 3 y tanque 4); tanque 2 (popa) y tanque 5 (proa); tanque 1 (popa) y tanque 6 (proa). Siempre en esta secuencia del centro hacia proa y popa.
- 2) Para mantener con mas lastre en la parte central del dique por ser la columna vertebral del dique se abren las válvulas de los tanques centrales 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6 durante cinco minutos antes de abrir las demás válvulas.
- 3) Abrir las válvulas de los tanques laterales (Br y Er) 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6.

Para el caso que el dique escorara tanto a babor o estribor se cerraran las válvulas laterales de babor o estribor por ejemplo:

- Si se escora a estribor se cerrara las válvulas de los tanques de estribor 3 y 4.
- Si se escora a babor se cerrara las válvulas de los tanques de babor 3 y 4.
- Para el adrizamiento del dique se usaran los tanques centrales y tanques laterales en proa y popa.

Si el dique se empieza a encabuzar (proa) o asentar (popa) se hará lo siguiente:

- Si se encabuza se cerrara la válvula de llenado directo de proa (tanque 6).
 - Si se sienta se cerrara la válvula de llenado directo de popa (tanque 1).
- 4) Cuando el dique se encuentra en calado aproximado de 9 metros o a 40 minutos del inicio de la inundación se cerraran las válvulas de los tanques centrales 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6 por ser

los primeros que empezaron a rebalsar y los primeros tanques en abrirse para llenado.

- 5) Cuando se llegue a un calado de 10 metros se cerraran las válvulas de llenado directo de los tanques laterales babor y estribor siempre con la secuencia del centro a extremos 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6. Para lo cual el dique se encontrara listo para la aproximación del buque y la maniobra de ingreso. Es muy importante que las grúas #1 y #2 permanezcan en su lugar de reposo al momento de lastrar y deslastrar el dique cuya posición es el centro de los tanques laterales de estribor y babor.

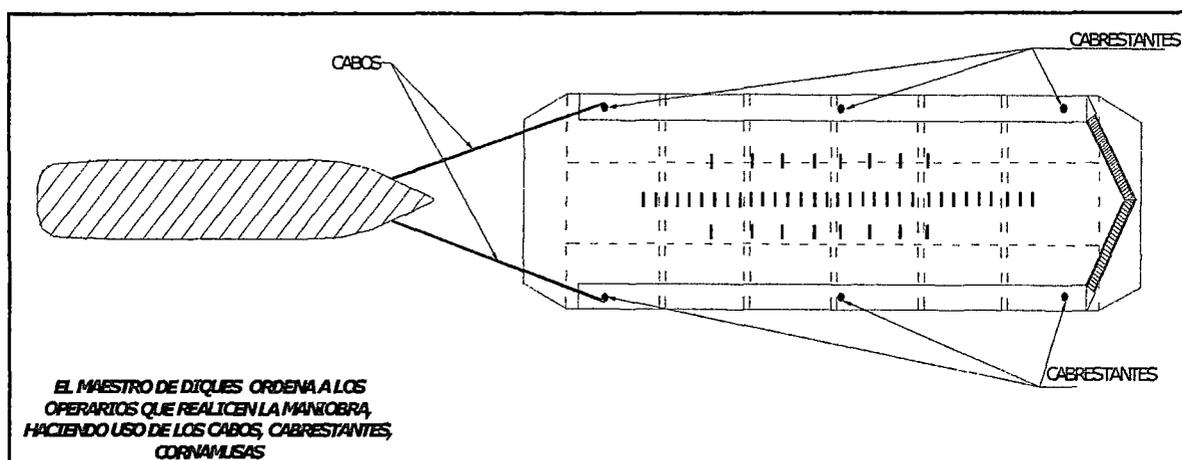


Figura 3: Forma de amarre para el ingreso de las embarcaciones

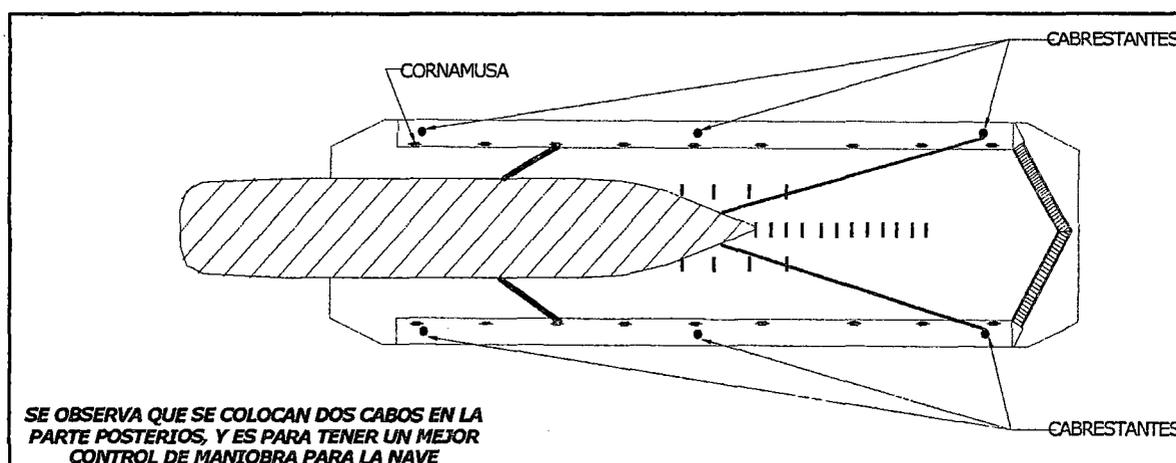


Figura 4: Ingreso de la embarcación al dique

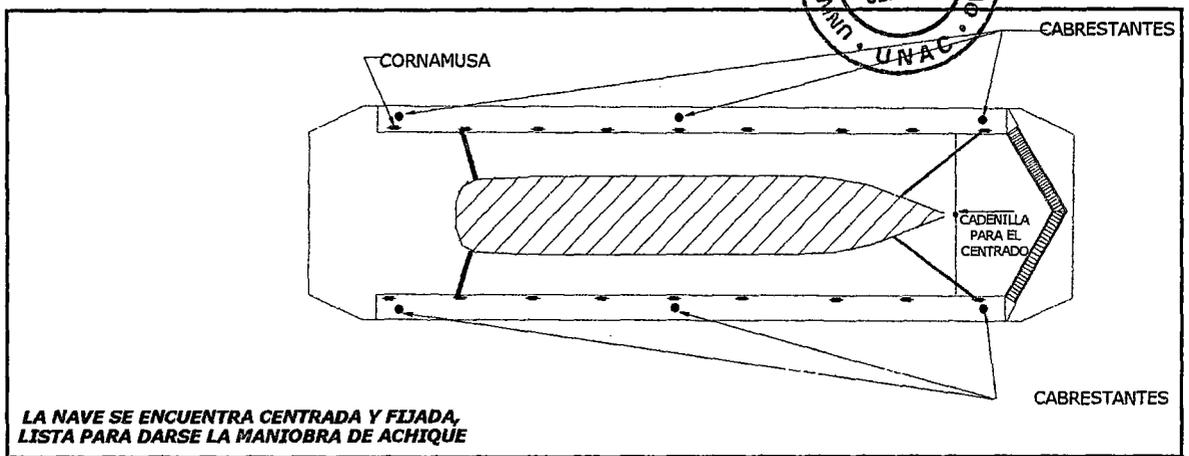


Figura 5: Ubicación final de la embarcación dentro del dique

Achique o deslastre del dique con el buque centrado

Procedimiento para el deslastre del dique luego de que el buque haya sido posicionado en el dique mediante miras y escuadras visoras realizada por el maestro de diques.

- Abrir las válvulas de las electrobombas de lastre 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6.
- Abrir las válvulas centrales y laterales de los tanques 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6.
- Poner en servicio las electrobombas 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6 considerando el arranque del motor y que se prenda la luz verde del panel de válvulas y deba indicar 60 amperios para el buen funcionamiento de la electrobomba de lastre.

Se debe tener en cuenta que luego de haber lanzado las 06 electrobombas de lastre no se deba parar sin autorización.

Para mantener el adrizamiento se debe seguir lo siguiente:

- Si se escora a babor se cerraran las válvulas del tanque de estribor 3 o tanque 4 por estar achicándose más rápidamente en estribor por lo cual se cerraran las válvulas de estribor momentáneamente hasta obtener el adrizamiento deseado.

- Si se escora a estribor se cerrara las válvulas de babor de los tanques centrales 3 ó 4.
- Si el dique empieza a asentarse se abrirá las válvulas de llenado directo del tanque 6 (proa) entonces se realizara un circuito cerrado de achique e inundación por lo cual retardara el achique a proa pero se seguirá achicando firmemente en popa hasta lograr el adrizamiento longitudinal del dique.
- Recuerde que en la maniobra de achique o deslastre no se debe parar ninguna electrobomba.
- Si el dique empieza a encabuzarse, se abrirá la válvula de llenado directo del tanque 1 y se sigue el anterior procedimiento.

El comportamiento de escora y adrizado deberá ser controlado con el clinómetro longitudinal y transversal.

Cuando el dique se encuentra en calado de 4 metros aproximadamente para terminar el achique se deben cerrar las válvulas de los tanques centrales 3 y 4; 2 y 5; 1 y 6, porque deben mantener más lastre.

Cuando el dique haya llegado al calado de servicio de 3.10 metros en proa y popa se pararan las electrobombas de lastre 3 y 4, 2 y 5; 1 y 6 y al mismo tiempo se cerraran las válvulas de las electrobombas de lastre y de los tanques laterales de babor y estribor siguiendo la secuencia de los tanques 3 y 4, 2 y 5; 1 y 6.

Para la maniobra de deslastre con una electrobomba menos o una maniobra de emergencia se tomaran la siguiente secuencia.

Por el caso que la electrobomba de lastre 6 se encuentra inoperativa se abrirá todas las válvulas para una maniobra normal pero además se abrirá manualmente las válvulas de enlace de tanque a tanque de la pontona 5

(tanque central y laterales (Br, Er) 5) y pontona 6 de tal manera de utilizar la electrobomba cercana a la inoperativa.

B. CONTROL Y SUPERVISIÓN PARA LA SALIDA DE LAS EMBARCACIONES DEL DIQUE CON EL SISTEMA ACTUAL

Para la maniobra de salida del buque se debe realizar el arranchado del dique que consiste en los siguientes pasos:

- El arranchado del dique consiste en retirar todos los obstáculos del dique (calzos, andamios, equipos, etc.) para dejar el paso libre para la inundación y la maniobra de salida del buque.
- La orden para realizar esta operación está considerada en la orden de trabajo general de reparaciones del buque para el cual debe ser coordinada con todas las áreas que realizan trabajos en el buque y comprobar la finalización total de las operaciones y autorizar el arranchado.
- Verificar la consistencia de la cama de varado y proceder a calzar y asegurar la cama en los lugares donde se observen alteraciones.
- Juntar los calzos sobrantes de la cama, apilar la madera unas sobre otras, al igual que las maderas de andamiaje.
- Pasar estrobos de acero o nylon alrededor de las planchas de madera y colocarlos en los ganchos de las grúas para su retiro fuera del plan del dique.
- Retirar los andamios tubulares usando estrobos de acero o nylon, colocando al gancho de la grúa y proceder a izarlos colocándolos en la explanada del dique a estribor y babor o en el muelle.
- Pedir al buque las cuatro espías o cabos y amarrarlos a las cornamusas de las explanadas del dique para asegurar al buque cuando flote.

- Verificar que el lastre del buque sea el mismo con el que ingreso para evitar el escorado del buque, esto a cargo del maestro de diques.
- Retirar los puntales de madera (en caso se halla colocado) con ayuda de la grúa cuando el buque se encuentre a flote.
- Para evitar que el buque derive durante la operación de salida, es necesario asegurar al buque en la dirección transversal por cabos fijados a los elementos de amarre del dique antes de la inmersión, esta línea debe ser reajustada cuando el dique este a flote.
- El dique seria sumergido hasta que la parte superior de los calzos de quilla estén a 30 cm de la quilla de buque.
- El retiro del buque fuera del dique será hecho de acuerdo a las prácticas normales empleadas por el astillero, ya sea por el uso de remolcadores o mediante los cabrestantes en el extremo de ingreso.

INUNDACIÓN DEL DIQUE.

- El dique flotante 104 se inunda y achica mediante pontonas y tanques laterales superiores. Asimismo cuenta con tanques estancos (flotabilidad). El dique flotante 104 son abiertos en proa y popa.
- Inundar el dique accionando las electroválvulas y llenando los tanques estancos y laterales abriendo las válvulas colocadas en los tanques y en los mamparos transversales. Esto está a cargo del personal militar.
- Remolcar la embarcación tirando las espías por medio de los cabrestantes eléctricos del dique, controlando los demás cabos para la salida del buque del dique.
- Una vez que el buque haya salido del dique el maestro de diques ordenara achicar o deslastrar el dique (levantamiento).

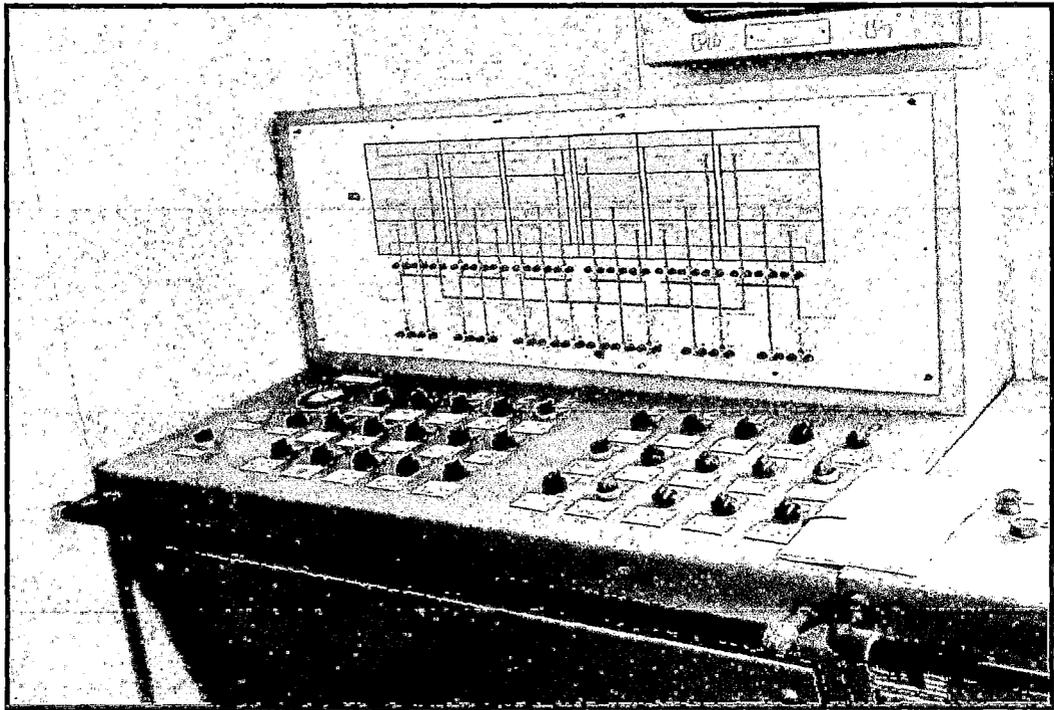


Figura 6: Consola de control del sistema actual

Achique del dique

Para el procedimiento de deslastre del dique luego de que el buque haya salido del dique es similar al procedimiento de achique en la maniobra de ingreso del buque al dique ya tratado anteriormente.

2.1.2. Sistema propuesto para el dique flotante 104 del sima

En el sistema propuesto para la etapa de supervisión se instalarán 18 sensores de presión, cada uno de estos sensores irá instalado en la parte más baja de cada uno de los tanques los cuales enviarán una señal de 4 a 20mA que es una señal estandarizada para realizar el cálculo a qué nivel de agua se encuentra el tanque. El monitoreo se realizará de manera constante donde la señal que recibiremos será escalada según el nivel de agua que tengamos en el tanque, cuando el tanque se encuentre en su nivel más bajo enviara la mínima señal que es de 4mA y cuando llegue a su máximo nivel, enviara la señal de 20mA.

En la etapa de control se realizara un control de tipo ON-OFF, debido a dos razones, la primera razón es que no es necesario contar con una precisión del nivel del agua y esto se debe a que las dimensiones de los tanques del dique son de un tamaño considerable. La segunda razón es que al realizar este tipo de control es un ahorro considerable para la empresa. Debido a que se utilizaran componentes de menor capacidad y menores variables. Sin implicar que este tipo de control perjudique al sistema a implementar. Para esta etapa se utilizaran ocho relays de activación para poder alimentar a las bombas tanto de cebado y de lastre cuando se mande la orden a través del SCADA.

En el sistema propuesto la etapa de supervisión y control se encontraran en una misma pantalla con el objetivo de facilitar el manejo del dique y la supervisión de este, los botones serán dibujados en el nuevo sistema con ciertos colores para su identificación correspondiente de cada una de las válvulas.

2.2. Fundamento Teórico

2.2.1. Controlador Lógico Programable (PLC)

El PLC se define como un equipo electrónico inteligente basado en microprocesadores, que consta de unidades o módulos que cumplen funciones específicas, tales como, una unidad central de procesamiento (CPU), que se encarga de casi todo el control del sistema, módulos que permiten recibir información de todos los sensores y comandar todos los actuadores del sistema, siendo además posible agregarle otros módulos inteligentes para funciones de pre-procesamiento y comunicación.

El PLC es utilizado para automatizar sistemas eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos de control discreto y analógico. Las múltiples funciones que pueden asumir estos equipos en el control, se debe a la

diversidad de operaciones de las que dispone para realizar los programas lógicos sin la necesidad de contar con equipos adicionales. Los PLC son usados para control secuencial principalmente, aunque actualmente realizan también control continuo en algunas aplicaciones especiales.

Existen diferentes marcas y modelos con diferentes niveles de capacidades y complejidades y son continuamente actualizados y mejorados para cumplir con los requerimientos industriales. De este modo se pueden encontrar pequeños PLC's de tipo compacto o controladores grandes de composición modular, con la consola de programación (o programador) incorporada o externa, con una cantidad variable de entradas y salidas.

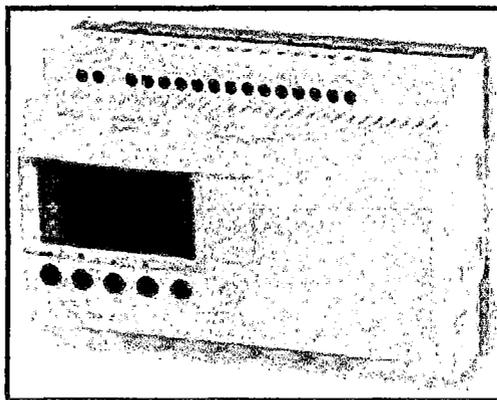


Figura 7: PLC compacto

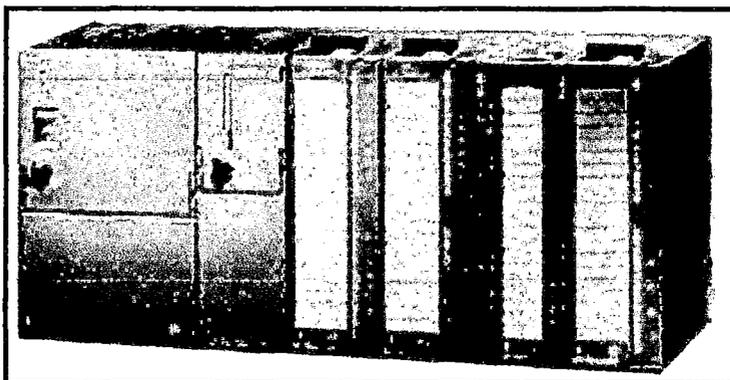


Figura 8: PLC modular

Es importante, también, resaltar el bajo costo que representa respecto a una serie de equipos que cumplen las mismas funciones, tales como: relés auxiliares, temporizadores, contadores, algunos tipos de controladores, etc. Pero no solamente el PLC está limitado a realizar este trabajo, sino a múltiples funciones avanzadas.

A las diversas ventajas que tiene el PLC respecto a la alternativa convencional, se suma la capacidad que tiene para integrarse con otros equipos, a través de redes de comunicación. Esta posibilidad toma, cada día, mayor aceptación en la industria, por su capacidad de comunicarse con otros equipos y por el costo adicional razonable.

A. VENTAJAS DE LOS PLC'S RESPECTO A LA LÓGICA CONVENCIONAL

Son muchas las ventajas que resaltan, a simple vista, la utilización de los PLC's en lugar de los tableros eléctricos de control para automatizar sistemas caracterizados por secuencias de trabajo programadas, desde aplicaciones básicas hasta muy complejas. Actualmente, su uso es tan difundido que ya no se requiere mucho análisis para decidir que técnica emplear para este tipo de aplicaciones: si la lógica cableada en base a relés o la lógica programada en base al PLC. Sin embargo, a continuación se fundamenta cada una de estas ventajas, con el propósito de aclarar el panorama.

Menor costo

Las razones que justifican una mayor economía a la alternativa del uso del PLC, especialmente en aplicaciones complejas, se da porque prescinde del uso de dispositivos electromecánicos y electrónicos, tales como: relés auxiliares, temporizadores, algunos controladores, contadores, etc., ya que las funciones de estos dispositivos se

encuentran incluidas en el PLC sin realizar una inversión adicional. El costo que implica invertir en los equipos anteriormente señalados, es muy superior al costo del PLC, además de otras ventajas con que cuenta y no son cuantificadas.

Menor espacio

Un tablero de control que gobierna un sistema automático mediante un PLC, es mucho más compacto que un sistema controlado con dispositivos convencionales (relés, temporizadores, contadores, controladores, etc.) esto se debe a que el PLC está en capacidad de asumir todas las funciones de control. La diferencia de espacio se hace muy notable, cuando por medios convencionales se cuenta con varios tableros de control.

Confiabilidad

La probabilidad para que un PLC pueda fallar por razones constructivas es insignificante, exceptuando errores humanos que pueden surgir en algunas partes vulnerables (módulos de salida). Esto se debe a que el fabricante realiza un riguroso control de calidad, llegando al cliente un equipo en las mejores condiciones; además sus componentes son de estado sólido, con pocas partes mecánicas móviles, haciendo que el equipo tenga una elevada confiabilidad.

Versatilidad

La versatilidad de estos equipos radica en la posibilidad de realizar grandes modificaciones en el funcionamiento de un sistema automático con solo realizar un nuevo programa y mínimos cambios de cableado. Además, es importante resaltar que el tiempo empleado en realizar

modificaciones, comparado con la técnica por lógica cableada, es muy bajo.

Mantenimiento mínimo

Estos equipos, por su constitución compacta y porque cuentan con muy pocos componentes electromecánicos, no requieren un mantenimiento periódico, sino el necesario para mantenerlo limpio y con sus terminales ajustados a los bornes y puesta a tierra.

Fácil instalación

Debido a que el cableado de los dispositivos, tanto de entrada como de salida, se realiza de la misma forma y de la misma manera más simple y sin que sea necesario mucho cableado, su instalación resulta sumamente sencilla en comparación a la lógica convencional, la cual si se requiere de conocimientos mayores.

Lugar de instalación

Todo PLC presenta una serie de requisitos relacionados con su instalación, tales como: temperatura ambiente, humedad, ruido eléctrico, variaciones de voltaje de la línea de alimentación, distancias de conexión, etc. Sin embargo, debido a los márgenes que el fabricante ofrece para dichos requisitos, existe una gran flexibilidad en cuanto al lugar en la planta en donde puede instalarse, aun en ambientes hostiles.

Conectividad con dispositivos sensores y actuadores

Actualmente las normas establecen que los sistemas y equipos sean diseñados bajo un modelo abierto, de tal manera que para el caso de los PLC's, estos puedan fácilmente conectarse con cualquier equipo sin

importar la marca ni procedencia. Hoy en día, casi todos los fabricantes de PLC's utilizan este concepto.

Detección de fallas

La detección de una falla resulta sencilla porque dispone de leds indicadores de diagnóstico tales como: del estado de la CPU, de la batería, de los terminales de entrada y salida (E/S ó I/O por sus siglas en ingles), etc. Además mediante el módulo de programación, se puede acceder al programa en el modo de funcionamiento y recurrir a la memoria de errores ubicada en la CPU.

Fácil programación

Programar los PLCs resulta fácil, por la sencilla razón que no es necesario conocimientos avanzados en el manejo de las PCs utilizadas para su programación, siendo suficientes conceptos básicos. Por otro lado, existen diversas representaciones de programación donde fácilmente el usuario se adapta a la representación que le resulte más familiar. Sus instrucciones y comandos son transparentes y entendibles, requiriendo de poco tiempo para lograr ser un especialista.

Menor consumo de energía

Cualquier equipo electromecánico y electrónico requiere de energía para su funcionamiento, siendo dicho consumo representativo cuando se tiene una gran cantidad de estos. El consumo de energía en un PLC sin embargo es muy bajo, lo que se traduce en un ahorro sustancial.

Integración en redes industriales

El avance acelerado de la tecnología de las comunicaciones obliga a que estos equipos tengan la capacidad de comunicarse a través de una red y

de este modo trabajar en sistemas jerarquizados o distribuidos, permitiendo un mejor trabajo en los niveles técnicos y administrativos de la planta.

B. CARACTERÍSTICAS DEL PLC

Típicamente un controlador lógico programable se compone de tres partes en líneas generales como se describen brevemente a continuación:

Sistema de entradas y salidas (I/O): basado en los conversores de entrada que convierten las señales de alto nivel que provienen de los dispositivos de campo en señales de nivel lógico que el procesador puede leer. Los módulos de salida convierten las señales de salida de nivel lógico en señales de alto nivel que se requieren en los diferentes dispositivos de campo.

Procesador: que es el dispositivo que lee las entradas y entrega salidas basadas en un programa determinado.

Programador/monitor del programa: el cual ingresa el programa del usuario a la memoria o lo cambia y monitorea la ejecución del mismo.

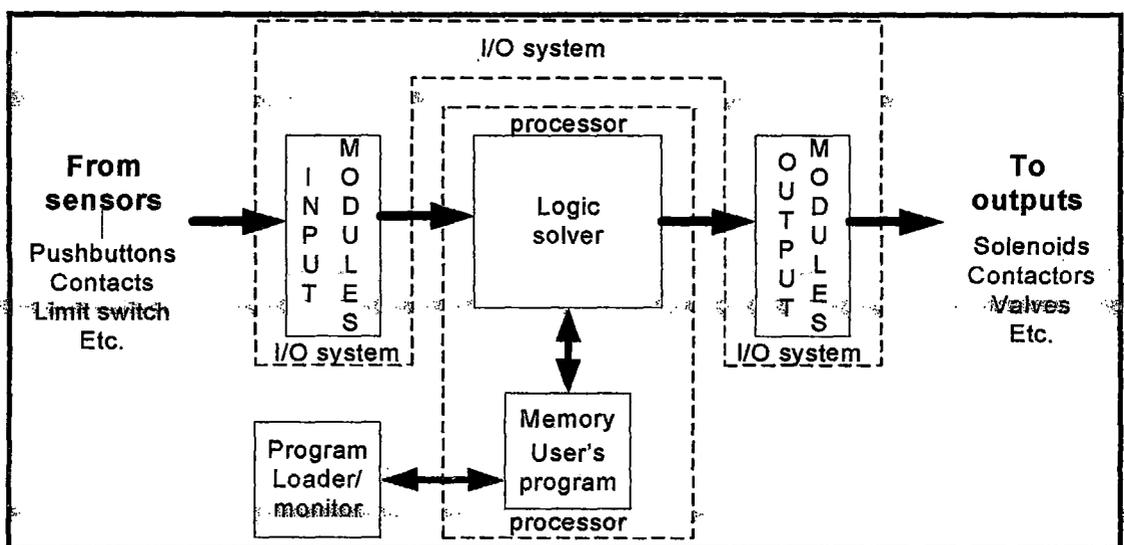


Figura 9: Diagrama en bloques de un PLC

C. SECCIÓN DEL PROCESADOR

Esta sección de un PLC se compone de cuatro elementos principales: la fuente de alimentación, la memoria, la unidad central de procesamiento (CPU) y la interfaz de entradas y salidas

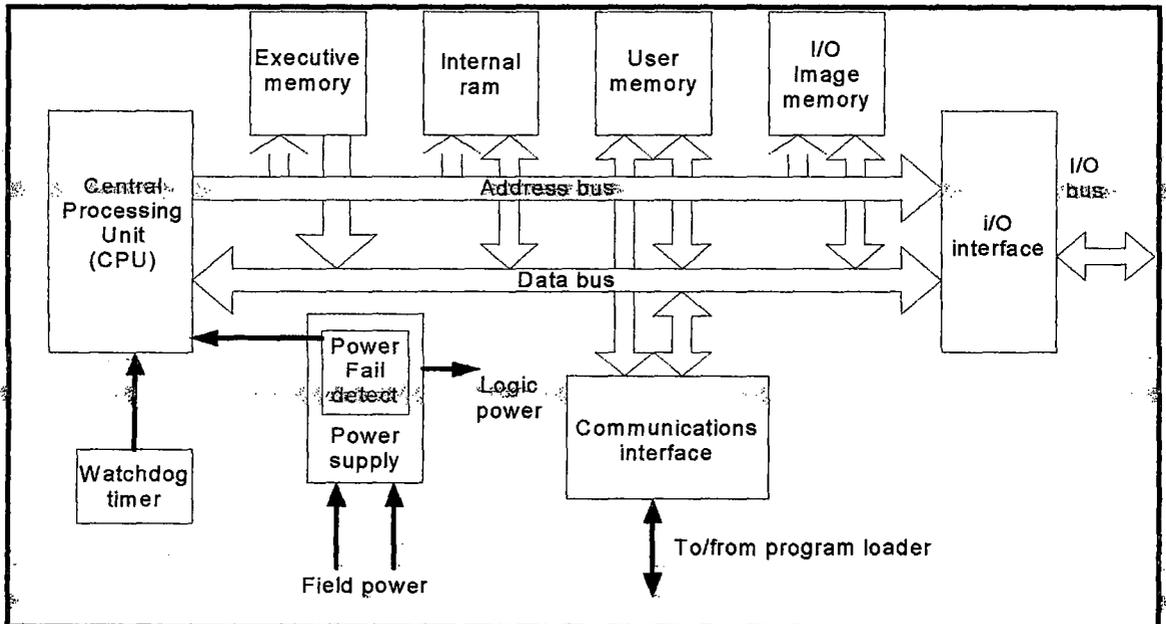


Figura 10: Diagrama en bloque de la sección del procesador

Fuente de alimentación

Su función básica es convertir la alimentación de línea en voltajes requeridos por los dispositivos electrónicos del PLC (típicamente +5Vdc o +/-12Vdc). Este es uno de los componentes más críticos del PLC por dos razones:

Es típicamente no redundante, es decir una falla en ella determina una falla en el sistema completo.

Contiene típicamente componentes de alto voltaje, por lo tanto una falla de aislamiento puede crear un potencial peligroso.

Memoria

Puede ser de dos tipos, volátil y no volátil. La primera, pierde su contenido cuando se quita la alimentación, lo que no ocurre con la segunda. En el

primer caso, la referencia es con respecto a la RAM (Random Access Memory), la cual en caso de una pérdida de la energía eléctrica, se mantiene gracias a la ayuda de una pequeña pila. En la memoria RAM, las memorias no volátiles utilizadas son las EPROM, las cuales son regrabables.

Unidad central de procesamiento

La construcción del CPU determinara la flexibilidad del PLC (expansión o modificación futura) así como la velocidad del mismo. La velocidad es expresada en términos de que tan rápido podrá “escanear” un programa dado. La CPU al igual que para las computadora, se pueden clasificar de acuerdo a la capacidad de su memoria y las funciones que puedan realizar, además de su velocidad de procesamiento. El tiempo de lectura del programa está en función del número y tipo de instrucciones, y por lo general es del orden de los milisegundos. Este tiempo tan pequeño significa, que cualquier modificación de estado en una entrada, modifica casi instantáneamente el estado de una señal de salida.

D. SOFTWARE DEL PROCESADOR

El hardware del PLC no difiere grandemente con respecto de la mayoría de los computadores. Lo que lo hace especial es el software ejecutivo. El software ejecutivo es el programa interno que provee el fabricante para la ejecución del programa del usuario. Este determina que funciones están disponibles para el programa del usuario, como el programa es resuelto, como se atienden a las entradas y salidas y que hace el PLC durante una ausencia o retorno de energía eléctrica o ante condiciones de faltas.

La forma como un PLC realiza diagnósticos y lo que hace durante las fallas difiere según el fabricante; el ignorar este aspecto puede resultar en un

sistema inseguro. Algunos PLC's son capaces de ejecutar múltiples tareas con un solo procesador. Estas multitareas pueden tomar diferentes formas y dependen del tipo de procesador y sistemas empleados en el equipo.

E. SOFTWARE DEL USUARIO

Este es el software que el ingeniero de control escribe y guarda en la memoria para realizar un control sobre una maquina o proceso. Este software puede contener tanto los datos de configuración y los programas basados en cierto lenguaje.

Configuración:

El proceso de configuración típicamente consiste en asignar puntos I/O determinados rack de I/O indicando al procesador cuanta memoria y entradas y salidas tiene, asignar una memoria específica para tareas, determinar faltas fatales versus no fatales y asignar otros aspectos interactivamente con un programador. No todos los PLC's requieren ser configurados pero el poder configurar el procesador puede mejorar la eficiencia del PLC.

Lenguajes de programación:

Conjuntamente con la demanda por mejoras en aspectos como interfaz con el operador; comunicaciones; adquisición de datos y control supervisorio, esta la demanda por mejoras en los lenguajes de programación; los aspectos importantes relacionados con el lenguaje de programación.

Que se consideran al momento de seleccionar un PLC incluyen el tipo de variables empleadas, la programación en línea (on line) y fuera de línea (off line), el control de flujo relacionado con la facilidad de tomar decisiones

y controlar la ejecución del programa (por ejemplo si se pueden solamente dar instrucciones de salto condicional o también subrutinas o funciones de lazo), las funciones (básicas o avanzadas), la facilidad de modificaciones, la velocidad de ejecución y la eficiencia (cantidad de memoria requerida para implementar una función dada). Como ejemplo de lenguajes usados, se tienen:

Lenguaje de esquema de contactos o en escalera (ladder): que es fácilmente entendible pues se relaciona con la lógica de relés (aunque no es bueno en el control de flujo antes mencionado); provee una visualización gráfica del programa, haciendo fácil su modificación, es rápido y genera varios programas legibles para el control secuencial. En los esquemas realizados con este tipo de lenguaje, se deben evitar las agrupaciones de contactos acostumbrados en automatismos con relés, primando la funcionalidad, ya que el número de contactos disponibles no tiene más limitación que la propia capacidad de almacenamiento de la memoria del PLC.

Lenguaje booleano: que utiliza símbolos del álgebra de Boole, es generalmente usado en PLC's muy pequeños; emplea instrucciones como AND, OR, NOT, STORE y RECALL para describir la lógica del programa; no es fácil de modificar y aunque es rápido, no es muy funcional.

Listas de instrucciones: que parte de un esquema de contactos y permite la programación mediante una serie de claves que se corresponden con la conexión en serie o en paralelo de contactos, con señales de salida, etc. Cada fabricante tiene un código diferente para las mencionadas claves, no obstante, resulta sencillo familiarizarse con ellas. Se utiliza en pequeños PLC, puesto que la consola o unidad de programación, solo dispone en general de una pequeña pantalla de cristal líquido.

Lenguajes de alto nivel, como Visual Basic y C: pueden ser muy poderosas e idénticas a los empleados en computadoras. Tienen un excelente control

de flujo y funcionalidad y proveen acceso a muchos tipos de variables además de ser razonablemente rápidos. Sin embargo son difíciles de entender por personal de planta y de ser monitoreada la ejecución del programa en tiempo real.

Lenguajes de estado: que ayudan mucho en el diseño de programas complejos y grandes, permitiendo al ingeniero describir el proceso gráficamente antes de utilizar otro lenguaje como ladder para implementar las acciones de control. Como ejemplo, las cartas de función de secuencia (SFC), permiten al programa de control el ser expresado en términos de los estados de la maquina o del proceso y de las condiciones de entradas y salidas necesarias para la transición de un estado a otro. Una desventaja es que todos los estados de la máquina y sus transiciones deben ser definidos y programados exhaustivamente.

Formas de programación:

La forma en que un programa ingresa al PLC depende del equipo de programación que provee el fabricante. Es importante para el usuario familiarizarse con las funciones del programador, las cuales incluyen:

Programador: provee un ambiente para ingresar los programas. Es importante porque puede determinar el tiempo requerido para escribir un programa. Algunos programadores tienen herramientas muy sofisticadas que reducen el tiempo para eliminar errores en el programa. En general existen dos tipos de programadores, el de tipo "hand-held" con pantalla LCD o display con leds y el basado en computador, con una serie de variantes para su uso.

Monitoreo: provee un ambiente para el monitoreo de la ejecución del programa en tiempo real. La forma como se muestra esta, varia a veces grandemente entre un tipo de programador a otro.

Almacenamiento del programa: permite al programa ser almacenado en un determinado formato separado del propio PLC, generalmente en diskettes o disco duro de la computadora.

Documentación:

Permite obtener una copia impresa del programa. Algunos programadores permiten el usuario tener referencia cruzada de uso variable, ingresar comentarios en el programa y definir nombres para todas las variables.

F. MODULOS DE ENTRADA Y SALIDA

Los módulos de entrada o salida son las interfaces electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador programable y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir datos, o para el mando o control de las maquinas presentes en el proceso.

Los módulos de entrada, transforman las señales de entrada a niveles permitidos por la CPU. Mediante el uso de un acoplador óptico, los módulos de entrada aíslan eléctricamente el interior de los circuitos, protegiéndolo contra tensiones peligrosamente altas, los ruidos eléctricos y señales parasitas. Finalmente, filtran las señales procedentes de los diferentes sensores ubicados en las maquinas. Los dispositivos de campo de entrada más utilizados son: los interruptores, los finales de carrera, termostatos, pulsadores, sensores de temperatura, entre otros.

Los módulos de salida, permiten que la tensión llegue a los dispositivos de salida. Con el uso del acoplador óptico y con un relé de impulso, se asegura el aislamiento de los circuitos electrónicos del controlador, y se transmite las órdenes hacia los actuadores de mando. Los dispositivos de

campo de salida más utilizados son: los contactores principales, las lámparas indicadoras y los reguladores de velocidad.

Hay muchos tipos de circuitos I/O disponibles capaces de manejar cualquier tipo de carga y censar el estado de una gran variedad de sensores. La mayoría de estos circuitos I/O caen dentro de cinco categorías:

Salidas de seguridad piloto: salida de este tipo típicamente son usadas para manejar cargas electromagnéticas de alta corriente tales como solenoides, relés, válvulas y arrancadores de motores. Deberían incluir alguna forma de supresión de ruido debido al ruido eléctrico generado por dichas cargas.

Salidas de propósito general: son usualmente de baja corriente y bajo voltaje y son usadas para manejar luces indicadoras y cargas no inductivas. Pueden o no tener supresión de ruido.

Entradas discretas: son utilizadas para conocer el estado de interruptores de límite, botones pulsadores y otros sensores discretos. La supresión de ruido es de gran importancia para prevenir falsas indicaciones del estado de las entradas debido al ruido.

I/O Analógicas: sensan o manejan señales analógicas. Las entradas analógicas provienen de dispositivos como termocuplas, galgas extensiométricas o sensores de presión que proveen una señal en voltaje o corriente que es derivada de la variable de proceso. Las salidas analógicas pueden ser usadas para manejar dispositivos como voltímetros, registradores X-Y, variadores de velocidad de motores y válvulas.

I/O de propósito especial: circuitos de este tipo son usados para interfacear al PLC con tipos de circuitos muy específicos tales como servomotores, motores de paso, lazos PID, conteo de pulsos de alta velocidad, entradas de decodificadores, displays multiplexados y teclados.

Veamos los módulos de entrada y salida mayormente utilizados.

Módulos de entrada discreta: se usan como enlace o interfaces entre los dispositivos externos (denominados también sensores) y la CPU del PLC. Esos sensores son los encargados de captar la información del campo y se les dice que son del tipo discreto pues tienen la característica de informar solamente dos estados posibles (estados lógicos 1 ó 0); activado o desactivado. Los sensores pueden ser del tipo manual (pulsadores, conmutadores, selectores, etc.) o del tipo automático (finales de carrera, detectores de proximidad inductivos o capacitivos, interruptores de nivel, etc.).

En las figuras siguientes, se presentan los circuitos eléctricos equivalentes y elementales de los módulos de entrada discreta para DC y AC respectivamente. Ambos tipos de interfaz tienen el mismo principio, a diferencia que los de alterna incluyen una etapa previa de rectificación.

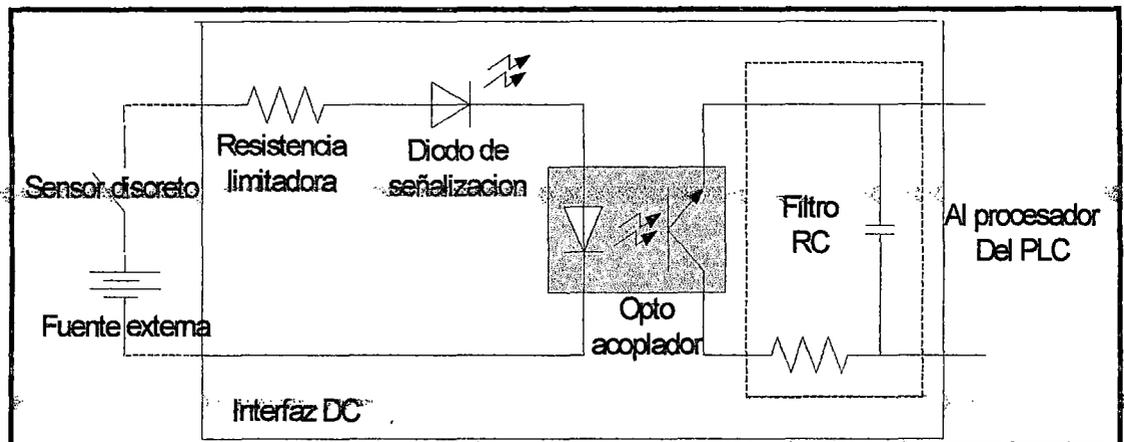


Figura 11: Interfaz para entrada discreta DC

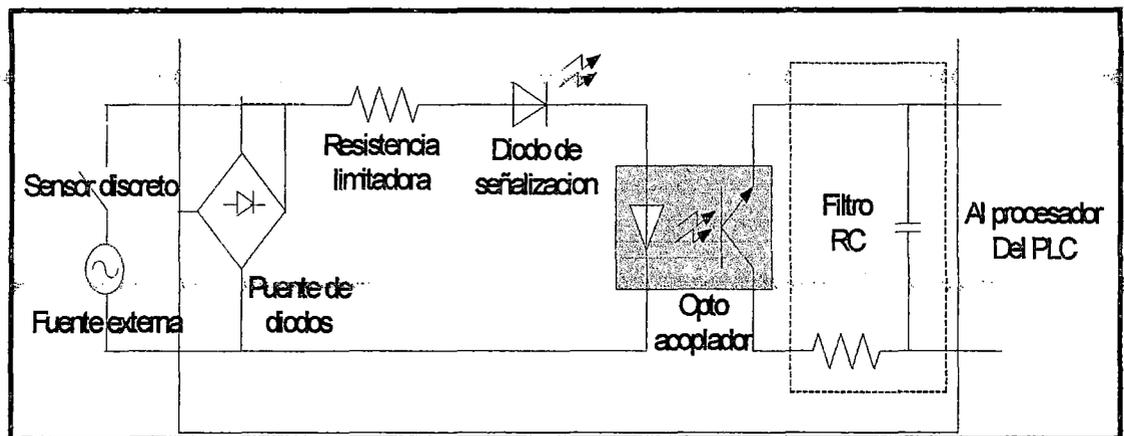


Figura 12: Interfaz para entrada discreta AC

Módulos de salida discreta: al igual que los módulos de entrada discreta, estos módulos se usan como interfaz entre el CPU del controlador programable y los dispositivos externos (actuadores). Estos reciben órdenes discretas solamente, estando por lo tanto en uno de los dos posibles estados lógicos, activado o desactivado. Los actuadores que se conectan a estas interfaces pueden ser: contactores, relés, lámparas indicadoras, electroválvulas, displays, anunciadores, etc.

Módulos de salida discreta tipo transistor: su principio de funcionamiento es a base de transistores, lo que significa una constitución íntegramente en estado sólido son características para trabajar en corriente continua (DC) de larga vida útil y con bajo nivel de corriente.

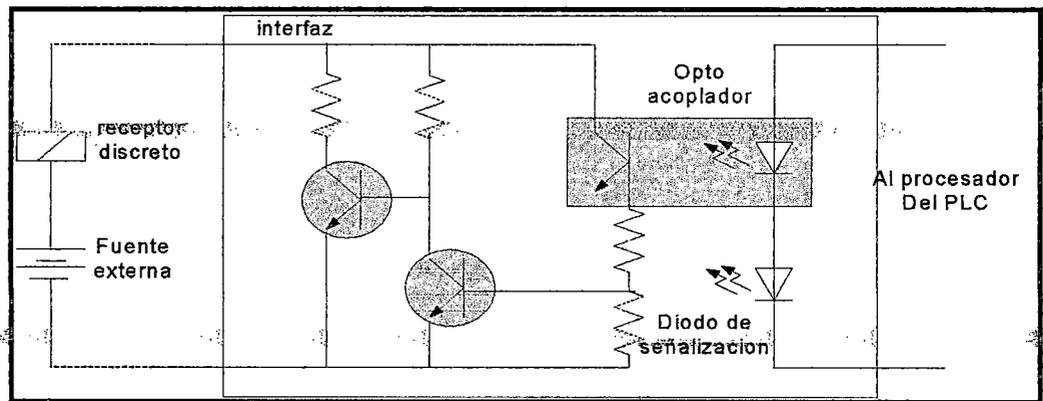


Figura 13: Interfaz de salida discreta del tipo a transistor

Módulos de salida discreta tipo triac: estas interfaces funcionan mediante la conmutación de un triac, son igualmente en estado sólido y se usan para manejar señales en corriente alterna.

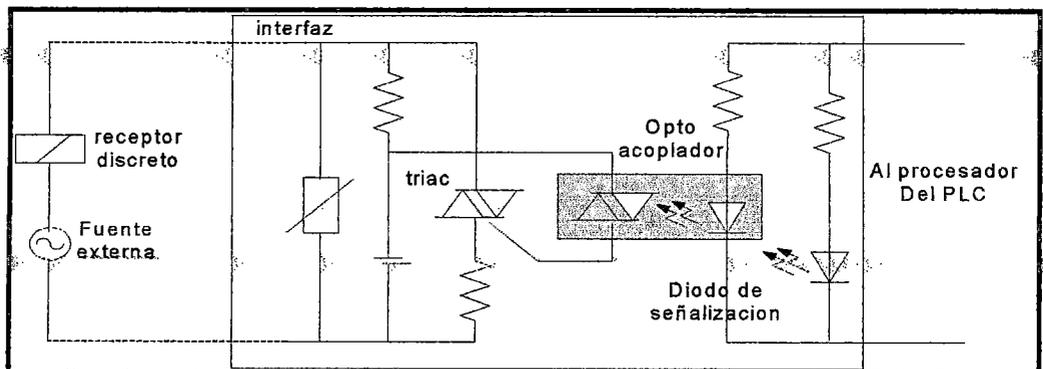


Figura 14: Interfaz de salida discreta en AC tipo triac

Módulos de salida discreta tipo relé: estos módulos a diferencia de los anteriores, están compuestos por dispositivos electrónicos y un micro relé electromagnético de conmutación. Su campo de acción le permite trabajar en AC y DC y con diferentes niveles de tensión, con la ventaja de manejar corrientes más elevadas pero con el inconveniente de una corta vida útil debido al desgaste de la parte móvil de los contactos.

Durante su funcionamiento estos módulos se caracterizan respecto a los de estado sólido, por el reconocible sonido de los contactos de conmutación que emiten los micro-relés.

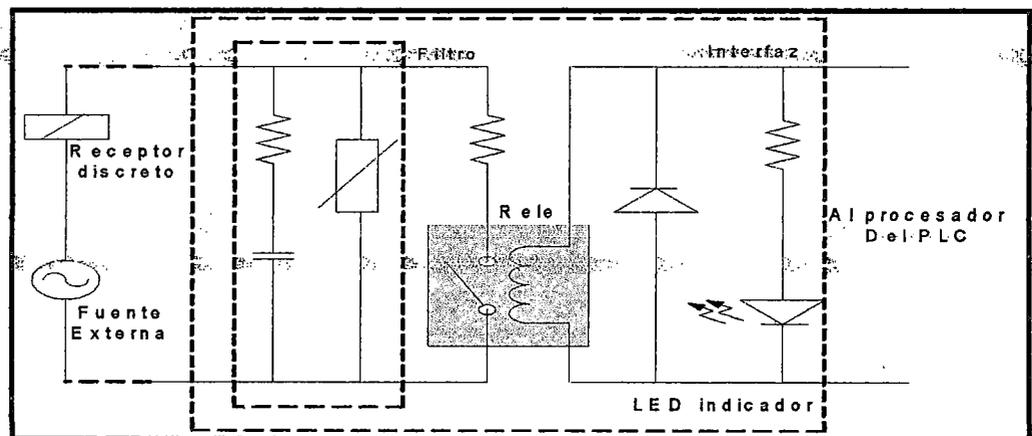


Figura 15: Interfaz de salida discreta en AC (Tipo relé)

Módulos de entrada analógica: los módulos de entrada analógica tienen como función, digitalizar las señales analógicas para que puedan ser procesadas por la CPU. Estas señales analógicas que varían continuamente, pueden ser magnitudes representativas de temperaturas, presiones, tensiones, corrientes, etc. A estos módulos, según su diseño, se les puede conectar un número determinado de sensores analógicos. A estos terminales de conexión se les conoce como canales. Existen tarjetas de 4, 8, 16 y 32 canales de entrada analógica.

Es importante señalar, que cualquier magnitud analógica que se desea procesar a través de los módulos de entrada analógicas, tiene que estar

representada por una señal de voltaje, corriente o resistencia y estar comprendidas dentro de los rangos aceptados por dichos módulos; para asegurar esto (en especial en lo referente a voltaje y corriente), estas señales provienen de transmisores o transductores de campo. Estos módulos se distinguen por el tipo de señal que reciben, pudiendo ser de voltaje (mV) o de corriente (mA) los que se encuentran dentro de ciertos rangos estandarizados. Los más utilizados son:

Señal de corriente: 0-20mA, 4-20mA, +/-10mA

Señal de voltaje: 0-10V, 0-5V, 0-2V, +/-10V

La ventaja de trabajar con señales de corriente y no con señales de voltaje, radica en que no se presentan los problemas del ruido eléctrico y caída de tensión.

Módulos de salida analógica: estos módulos son usados cuando se desea transmitir órdenes hacia actuadores que pueden recibir señales analógicas de voltaje o de corriente, es decir que varían continuamente en el tiempo. Su principio de funcionamiento puede considerarse como un proceso inverso al de los módulos de entrada analógica. Las señales analógicas de salida son de dos tipos, señales de corriente y señales de voltaje. Dentro de los valores estandarizados tenemos:

Señal de corriente: 0-20mA, 4-20mA, +/-20mA

Señal de voltaje: 0-10V, +/-10V

G. CONFIABILIDAD

Uno de los aspectos más importantes en un sistema de control es la confiabilidad de sus componentes. Los PLC's han ganado reputación de ser equipos de gran confiabilidad; sin embargo no todos los aspectos relacionados con confiabilidad son una función de que tan bien un fabricante de PLC's diseña y construye sus equipos. Grandes mejoras en

confiabilidad son logradas con instalación y mantenimiento adecuados.

Inmunidad al ruido y disponibilidad son también factores importantes.

INMUNIDAD AL RUIDO: a pesar que los fabricantes proveen a sus equipos de resistencia a ciertos niveles de ruido, es una ventaja utilizar algunas técnicas para ir más allá de la protección inherente.

Puesta a tierra, ejecutada según los procedimientos recomendados por el fabricante. Asimismo es una buena práctica el colocar a tierra todas las carcasas metálicas (chasis), usar conductores gruesos para minimizar la impedancia para ruidos de alta frecuencia, proveer de buena tierra sólida para todo equipo electrónico y evitar el colocar dispositivos ruidosos tales como soldadores de arco en el mismo sistema de tierra que los equipos electrónicos.

Aislamiento, al separar los dispositivos generadores de ruido de los susceptibles al mismo.

Se pueden usar transformadores de aislamiento en todas las fuentes de alimentación y los cables de campo deben mantenerse separados de los cables de lógica (tales como bus I/O y cables de comunicación).

Supresión del ruido, mediante el uso de salidas AC de cruce por cero en lugar de controladas por fase o utilizando supresores de ruido en los dispositivos generadores de ruido o a la entrada de los dispositivos susceptibles al ruido como fuentes de alimentación.

DISPONIBILIDAD: es el porcentaje del tiempo total que el sistema opera confiable y satisfactoriamente y se calcula en función del tiempo medio transcurrido entre fallas (TMEF) y el tiempo medio necesario para repararlo (TMPR).

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{TMEF}}{\text{TMEF} + \text{TMPR}} \times 100\%$$

Algunos esquemas pueden mejorar la disponibilidad, tales como la facilidad para el mantenimiento, las tolerancias a fallas y la redundancia

que puede darse a través del cableado del sistema I/O, los circuitos de entrada y salida o del procesador.

Existen sistemas en los cuales el concepto de redundancia típicamente se aplica al procesador, a las etapas I/O o a ambas:

Un PLC con redundancia del CPU e I/O simples, apunta a resolver un problema de un PLC simple a fallas en el procesador. En este caso, el equipo consta de dos CPUs, conectadas a un conjunto único de módulos de I/O.

Existen aplicaciones en las que no es aceptable la incertidumbre en relación a la acción que tomara el sistema frente a una falla en un punto de I/O. en este caso se extiende el concepto de redundancia a estos módulos. En aquellos casos en que sean deseables una alta disponibilidad unida a una alta seguridad, deberá utilizarse un PLC triple redundante. En este equipo, los módulos de entrada, la CPU y los módulos de salida están triplicados.

2.2.2. REDES CON PLC

La necesidad de obtener cada vez mayor información proveniente de los procesos industriales, ha impulsado el desarrollo de dispositivos y equipos capaces de comunicarse entre sí, formando incluso las denominadas redes industriales de diversa complejidad y tamaño.

En general, una red con PLC's debe cumplir con las siguientes características básicas:

- Debe ser optimizada: la implementación debe considerar la aplicación específica.
- Debe estar estandarizada: utiliza protocolos estándar de comunicación.

- Debe ser abierta: independencia del origen de tecnologías para los clientes.
- Debe ser orientada al futuro: innovaciones permanentes y soporte.

Dependiendo de los requerimientos de estas redes, su velocidad y el tipo de información que se maneja, se habla de redes de diversos niveles de integración que van desde aquellas que relacionan equipos directamente relacionados con las máquinas y procesos, hasta aquellas que llevan información hasta los niveles administrativos. Veamos las características principales de los niveles.

A. NIVEL DE ACTUADOR-SENSOR O DE MANDO Y REGULACION

Integra los equipos situados a pie del proceso. Los aparatos de este nivel consultan a los finales de carrera y emisores de señal del proceso y controlan, siguiendo el programa establecido, los actuadores y señalizadores. A este nivel es donde se produce el control de la secuencia de conexión de los contactores y válvulas, los enclavamientos y las vigilancias para la protección del personal y de las máquinas así como el registro de los avisos operativos y de perturbación.

Características:

La tendencia actual sugiere el uso de sensores con capacidad de comunicación para reemplazar las señales de 0/4 a 20mA.

Uso de interfaces RS-485, RS-422, RS-232 y TTY.

Estos sensores y equipos periféricos se conectan a un "bus de campo" para llevar información al controlador (ej. PLC).

Se caracteriza por procesar la información en forma muy segura, tiempos muy cortos, alto tráfico en el bus y mensajes cortos.

La transparencia en el bus para comunicar equipos de diversos fabricantes se asegura adoptando normas estándar de comunicación.

Esta nueva serie de "sensores inteligentes" tenía inicialmente un costo elevado comparado con equipos analógicos. Hoy en día, la diferencia de precios no es muy significativa.

B. NIVEL DE CAMPO AUTOMATIZACION

Contiene PLC que gestionan las áreas del proceso interrelacionadas tecnológicamente (por ejemplo las líneas de montaje, líneas de transporte, maquinas complejas). Los datos procedentes de los PLC y equipos de los niveles de automatización superiores se distribuyen, acondicionan y transmiten oportunamente, en función de eventos, a los autómatas del nivel de mando y regulación. Los PLC del nivel de control de grupos recolectan datos y los comprimen para entregarlos a los autómatas y equipos de nivel superior. Así es posible recolectar por ejemplo datos para un listado de operación, a fin de registrar dicha información al final de un turno o para entregarlos a los niveles superiores de automatización para su evaluación estadística.

Características:

Existe uno o más controladores principales llamados "Máster".

El Máster regula el intercambio de información del bus de campo y contiene el programa de control de la planta.

El Máster puede ser un PLC o un computador industrial.

El Máster debe tener una alta velocidad de procesamiento de información y memoria.

Debe contar con interfaces o módulos de comunicación que permita la comunicación con otros equipos o redes industriales de otros fabricantes.

Se recomienda tener capacidad "redundante" para los procesos críticos.

C. NIVEL DE CELULA O CONTROL DE LA PRODUCCION Y PROCESO

Se gobierna la totalidad del proceso. En él se recolectan los datos adquiridos en los niveles inferiores, se memorizan y se acondicionan para su procesamiento en los computadores del nivel de gestión de la empresa.

En este nivel de automatización se visualizan todas las operaciones del proceso y se puede intervenir manualmente en el mismo. Se visualizan, listan y evalúan mensajes de operación y de perturbación.

Características:

Se basa en el uso del computador (para usarlo como estación de operador) con un software tipo SCADA (supervisión control y adquisición de datos).

Se representa en gorma grafica y dinámica el comportamiento de la planta.

La estación de operador se conecta al controlador.

SCADA es un software de "arquitectura abierta"

Ahorro de costos de instalación de equipos periféricos.

Permite la comunicación al nivel superior, ejemplo redes de administración tipo Ethernet, novell, etc.

D. NIVEL ADMINISTRATIVO O DE GESTION

En este nivel, las computadoras se encargan de funciones administrativas y comerciales para todo el proceso. Estos entregan datos primarios (por ejemplo cantidad y tipo de productos a fabricar) a los equipos en los niveles inferiores y, partiendo de los datos adquiridos en dichos niveles, confeccionan estadísticas para los encargados de dirigir el proceso (por ejemplo. Relaciones de productos fabricados, tasa de productos defectuosos, carga de máquinas, etc).

El intercambio de datos entre los diferentes PLC y equipos de los niveles más bajos de automatización pueden hacerse a través de la red local en

bus: (Modbus, Profibus, etc.). Ethernet es recomendable en los niveles superiores donde se intercambian grandes cantidades de datos.

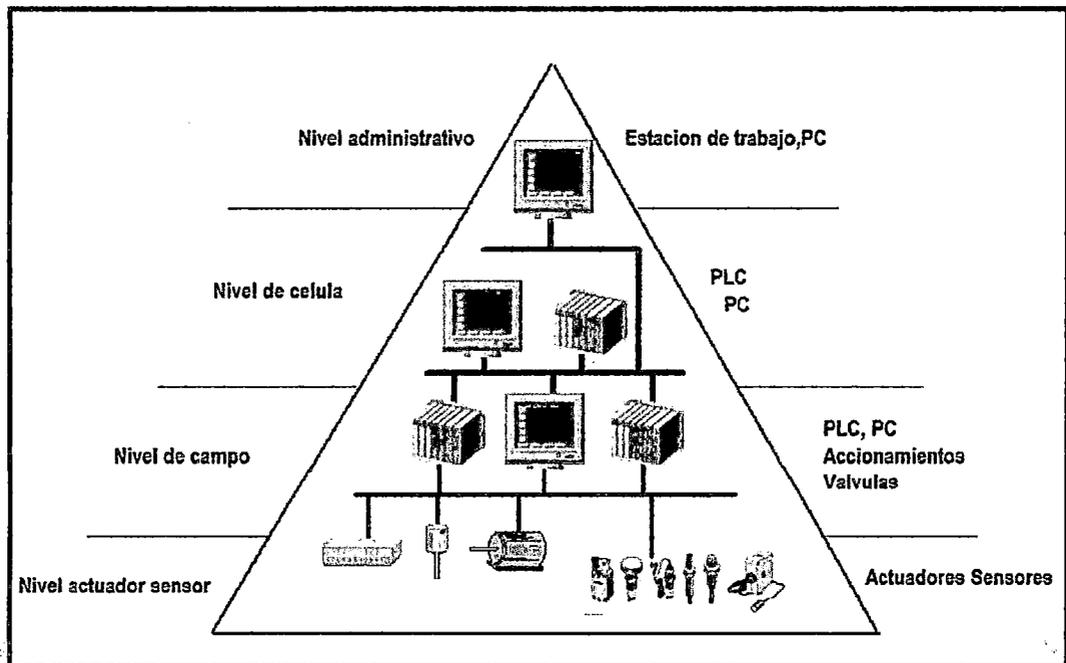


Figura 16: Pirámide de niveles de redes con PLC

Para cada uno de los niveles antes mencionados, existen características importantes que deben ser tomadas en cuenta al momento de implementar una red. Estas características son: la cantidad de información que va a ser enviada, el tiempo de respuesta esperado y la frecuencia de envío de la información: según esto, podemos establecer la siguiente tabla comparativa

	Cantidad de información	Tiempo de Respuesta	Frecuencia de transmisión
Nivel administrativo	Mbyte	Minutos a segundos	Días a Horas
Nivel de célula	Kbyte	100ms – 1s	Segundos – minutos
Nivel de campo	Byte	10ms – 100ms	Segundos – minutos
Nivel actuador-sensor	Bit	Milisegundos	Milisegundos

Tabla 1: Requerimientos para diferentes niveles

Para cada nivel mencionado, existen varias alternativas en cuanto a protocolos de comunicación. La decisión de elegir uno u otro dependerá de diversos factores tales como el tipo de equipos a utilizar, la aplicación específica, el costo de la solución, las necesidades de integración, los requerimientos futuros, etc.

En algunos casos, tales como la necesidad de ampliar una red, la presencia de un sistema de un determinado fabricante, obligara a utilizar protocolos compatibles con dicha marca o modelo de equipos como sucede en el ejemplo mostrado a continuación. Sin embargo, las tendencias actuales permiten tener alternativas aun para los casos en los cuales deben coexistir equipos de diferentes fabricantes dentro de un mismo sistema de control, por la decisión de muchos de ellos de usar protocolos abiertos en lugar de los propios.

2.2.3. Transductores De Nivel

Un transductor comprende de dos partes físicas, la primera es el sensor propiamente dicho, que se encarga de captar o sensar las variaciones del proceso ante una perturbación. Y la segunda es el transmisor que se encarga de recibir estas señales, una vez recibida estas señales el transductor se encarga de filtrar la señal, la amplifica y finalmente la estandariza, para que de esta manera la señal pueda ser entendida por el controlador.

A. CAMPO DE MEDIDA

El campo de medida (range) es el espectro o conjunto de valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior de la capacidad de medida, de recepción o de transmisión del instrumento. Viene expresado estableciendo los dos valores extremos.

Ejemplo: un manómetro de intervalo de medida 0-10bar, un transmisor de presión electrónico de 0-25bar con señal de salida 4-20mA c.c. o un instrumento de temperatura de 100-300°C.

Otro termino derivado es el de dinámica de medida o rangeabilidad (rangeability), que es el cociente entre el valor de medida superior e inferior de un instrumento. Por ejemplo, una válvula de control lineal que regule linealmente el caudal desde el 2% hasta el 100% de su carrera tendrá una rangeabilidad de $100/2 = 50$.

B. ALCANCE

El alcance (span) es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del campo de medida del instrumento. En los ejemplos anteriores es de 10bar para el manómetro, de 25bar para el transmisor de presión y de 200°C para el instrumento de temperatura.

C. ERROR

El error de la medida es la desviación que presentan las medidas prácticas de una variable de proceso con relación a las medidas teóricas o ideales, como resultado de las imperfecciones de los aparatos y de las variables parasitas que afectan al proceso.

Es decir:

$$\text{Error} = \text{valor leído en el instrumento} - \text{valor ideal de la variable medida}$$

El error absoluto es:

$$\text{Error absoluto} = \text{valor leído} - \text{valor verdadero}$$

Y el error relativo representa la calidad de la medida y es:

$$\text{Error relativo} = \text{error absoluto} / \text{error verdadero}$$

Si el proceso está en condiciones de régimen permanente existe el llamado error estático. En condiciones dinámicas el error varía

considerablemente debido a que los instrumentos tienen características comunes a los sistemas físicos: absorben energía del proceso y esta transferencia requiere cierto tiempo para ser transmitida, lo cual da lugar a retardos en la lectura del aparato. Siempre que las condiciones sean dinámicas, existirá en mayor o menor grado el llamado error dinámico (diferencia entre el valor instantáneo y el indicado por el instrumento): su valor depende del tipo de fluido del proceso, de su velocidad, del elemento primario (termopar, bulbo y capilar), de los medios de protección (vaina), etc. El error medio del instrumento es la media aritmética de los errores en cada punto de la medida determinados para todos los valores crecientes y decrecientes de la variable medida.

Cuando una medición se realiza con la participación de varios instrumentos, colocados unos a continuación de otros, el valor final de la medición estará constituido por los errores inherentes a cada uno de los instrumentos. Si el límite del error relativo de cada instrumento es +/-a, +/-b, +/-c, +/-d, etc., el máximo error posible en la medición será la suma de los valores anteriores, es decir:

$$+(a + b + c + d + \dots)$$

Ahora bien, como es improbable que todos los instrumentos tengan al mismo tiempo su error máximo en todas las circunstancias de la medida, suele tomarse como error total de una medición la raíz cuadrada de la suma algebraica de los cuadrados de los errores máximos de los instrumentos, es decir, la expresión:

$$+/-\sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + \dots}$$

D. INCERTIDUMBRE DE LA MEDIDA

Cuando se realiza una operación de calibración, se compara el instrumento a calibrar con un aparato patrón para averiguar si el error (diferencia entre el valor leído por el instrumento y el verdadero valor medido con el aparato patrón) se encuentra dentro de los límites dados por el fabricante del instrumento. Como el aparato patrón no permite medir exactamente el valor verdadero (también tiene un error) y como además en la operación de comparación intervienen diversas fuentes de error, no es posible caracterizar la medida por un único valor, lo que da lugar a la llamada incertidumbre de la medida o incertidumbre (uncertainty).

Entre las fuentes de incertidumbre se encuentran:

Influencia de las condiciones ambientales.

Lecturas diferentes de instrumentos analógicos realizados por los operadores.

Variaciones en las observaciones repetidas de la medida en condiciones aparentemente idénticas.

Valores inexactos de los instrumentos patrón

Muestra del producto no representativa. Por ejemplo, en la medida de temperatura con un termómetro patrón de vidrio, la masa de bulbo cambia la temperatura de la muestra del proceso cuya temperatura desea medirse.

Así pues, la incertidumbre es la dispersión de los valores que pueden ser atribuidos razonablemente al verdadero valor de la magnitud medida. En el cálculo de la incertidumbre intervienen la distribución estadística de los resultados de series de mediciones, las características de los equipos (deriva en función de la tensión de alimentación o en función de la temperatura, etc.), etc.

E. EXACTITUD

La exactitud (accuracy) es la cualidad de un instrumento de medida por la que tiende a dar lecturas próximas al valor verdadero de la magnitud medida.

En otras palabras, es el grado de conformidad de un valor indicado a un valor estándar aceptado o valor ideal, considerando este valor ideal como si fuera el verdadero. El grado de conformidad independiente es la desviación máxima entre la curva de calibración de un instrumento y una curva característica especificada, posicionada de tal modo tal que se reduce al mínimo dicha desviación máxima.

La exactitud (accuracy) define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio durante un periodo de tiempo determinado (normalmente 1 año). La exactitud se da en términos de inexactitud, es decir, un instrumento de temperatura de 0-100°C con temperatura del proceso de 100°C y que marca 99,98°C se aproxima al valor real en 0,02°C, o sea tiene una inexactitud de 0,02°C. Hay varias formas para expresar la exactitud.

Tanto por ciento del alcance, campo de medida (range). Ejemplo: en el instrumento de temperatura que tenga una lectura de 150°C y una exactitud de +/-0.5%, el valor real de la temperatura estará comprendido entre $(150 \pm 0.5) \times (200/100) = 150 \pm 1$, es decir, entre 149°C y 151°C.

Directamente, en unidades de la variable medida. Ejemplo: exactitud +/-1.

Tanto por ciento de la lectura efectuada. Ejemplo: exactitud de +/-1% de 150°C, es decir, +/-1.5°C

Tanto por ciento del valor máximo del campo de medida. Ejemplo: exactitud +/-0.5% de 300°C = +/-1.5°C.

Tanto por ciento de la longitud de la escala. Ejemplo: si la longitud de la escala del instrumento es de 150mm, la exactitud de $\pm 0.5\%$ representara $\pm 0.75\text{mm}$ en la escala.

La exactitud varía en cada punto del campo de medida si bien, el fabricante la especifica, en todo el margen del instrumento, indicando a veces su valor en algunas zonas de la escala. Por ejemplo: un manómetro puede tener una exactitud de $\pm 1\%$ en toda la escala y de $\pm 0.5\%$ en la zona central. Cuando se desea obtener la máxima exactitud del instrumento en un punto determinado de la escala, puede calibrarse únicamente para este punto de trabajo, sin considerar los valores restantes del campo de medida. Por ejemplo: un termómetro de $0-150^{\circ}\text{C}$ y de $\pm 1\%$ de exactitud situado en un baño de temperatura constante a 80°C , puede ser calibrado a este valor, de modo que su exactitud en este punto de trabajo será la máxima que se pueda obtener con un termómetro patrón. Es obvio que para los valores restantes, en particular los correspondientes a los extremos de la escala, la exactitud se apartara de $\pm 1\%$.

Hay que señalar que los valores de la exactitud de un instrumento se consideran, en general, establecidos para el usuario, es decir, son los proporcionados por los fabricantes de los instrumentos. Sin embargo, estos últimos también suelen considerar los valores de calibración en fábrica y de inspección. Por ejemplo, un instrumento que en fabrica tiene una exactitud de calibración de $\pm 0.8\%$, en inspección la corresponde $\pm 0.9\%$ y la dada al usuario es $\pm 1\%$.

Con ello, se pretende tener un margen de seguridad para compensar los efectos de las diferencias de apreciación de las personas que efectúan la calibración, las diferentes exactitudes de los instrumentos de medida utilizados, las posibles alteraciones debidas al desplazamiento del instrumento de un punto a otro, los efectos ambientales y de envejecimiento, etc.

F. PRECISION

La precisión (precision) es la cualidad de un instrumento por la que tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, el grado de dispersión de las mismas. Un instrumento puede tener una pobre exactitud, pero una gran precisión. Por ejemplo, un manómetro de intervalo de medida de 0 a 10bar, puede tener un error de cero considerable marcando 2bar sin presión en el proceso y diversas lecturas de 7.049, 7.05, 7.051, 7.052 efectuadas a lo largo del tiempo y en las mismas condiciones de servicio, para una presión del proceso de 5bar. Tendrá un error práctico de 2bar, pero los valores leídos estarán muy próximos entre sí con una muy pequeña dispersión máxima de $7.052-7.049=0.003$, es decir, el instrumento tendrá una gran precisión.

Por lo tanto, los instrumentos de medida estarán diseñados por los fabricantes para que sean precisos, y como periódicamente se descalibran, deben reajustarse para que sean exactos. A señalar que el término precisión es sinónimo de repetibilidad.

G. ZONA MUERTA

La zona muerta (dead zone o dead band) es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida.

H. SENSIBILIDAD

La sensibilidad (sensitivity) es la razón entre el incremento de la señal de salida o de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo. Por ejemplo, si un

transmisor electrónico de 0-10bar, la presión pasa de 5 a 5.5bar y la señal de salida de 11.9 a 12.3mA c.c., la sensibilidad es el cociente:

$$\frac{(12.3-11.9)/(20-4)}{(5.5-5)/10} = \pm 0.5 \text{ mA c.c./bar}$$

Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Si la sensibilidad del instrumento de temperatura es de $\pm 0.05\%$, su valor será de $0.05 \times 200 = \pm 0.1^\circ\text{C}$.

Hay que señalar que no debe confundirse la sensibilidad con el termino de zona muerta; son definiciones básicamente distintas que antes era fácil confundir cuando la definición inicial de la sensibilidad era "valor mínimo en que se ha de modificar la variable para apreciar un cambio medible en el índice o en la pluma de registro de los instrumentos".

I. REPETIBILIDAD

La repetibilidad (repeatability) es la capacidad de reproducción de las posiciones de la pluma o del índice o de la señal de salida del instrumento, al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y en el mismo sentido de variación, recorriendo todo el campo. La repetibilidad es sinónimo de precisión. A mayor repetibilidad, es decir, a un menor valor numérico (por ejemplo, si en un instrumento es 0,05% y en otro es 0,005%, este segundo tendrá mas repetibilidad), los valores de la indicación o señal de salida estarán más concentrados, es decir, habrá menos dispersión y una mayor precisión.

J. HISTERESIS

La histéresis (hysteresis) es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento o la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente.

Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo, si en un termómetro de 0-100%, para el valor de la variable de 40°C, la aguja marca 39,9°C al subir la temperatura desde 0°C, e indica 40,1°C al bajar la temperatura desde 100°C, el valor de la histéresis es de:

$$40,1 - 39,9 * 100 = +/-0,2 / 100 - 0$$

INSTRUMENTOS BASADOS EN LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

El sensor que se utilizara para la realización del proyecto, debido a la ubicación donde será instalado el sensor, la accesibilidad del dique y el medio el cual será medido, se utilizara un sensor de presión piezoresistivo suspendido de la parte superior del tanque e inmerso en el líquido. El sensor contiene un puente de wheastone y, bajo la presión del líquido, el sensor se flexa y la tensión que crea es captado por las galgas extensiométricas, dando lugar a un desequilibrio del puente y a una señal de salida proporcional a la presión aplicada, es decir, al nivel. El sensor está contenido en una caja protectora con un diafragma flexible y relleno de aceite de silicona lo que le da una gran robustez. Puede estar acoplado a un transmisor electrónico o digital de 4-20mA c.c. y comunicaciones HART, fielbus, etc. Su exactitud es de, +/-0,25%.

El sensor mide la presión debida a la altura de líquido h que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento. Así, pues, el campo de medida del instrumento corresponderá:

$$0 - h * \gamma * g \text{ pascal}$$

Con:

h = altura del líquido en m

γ = densidad de líquido en Kg/m³

$g = 9,8\text{m/s}^2$

O bien, expresado γ en g/cm³ se obtendría $0 - 0,098 * h * \gamma$ bar.

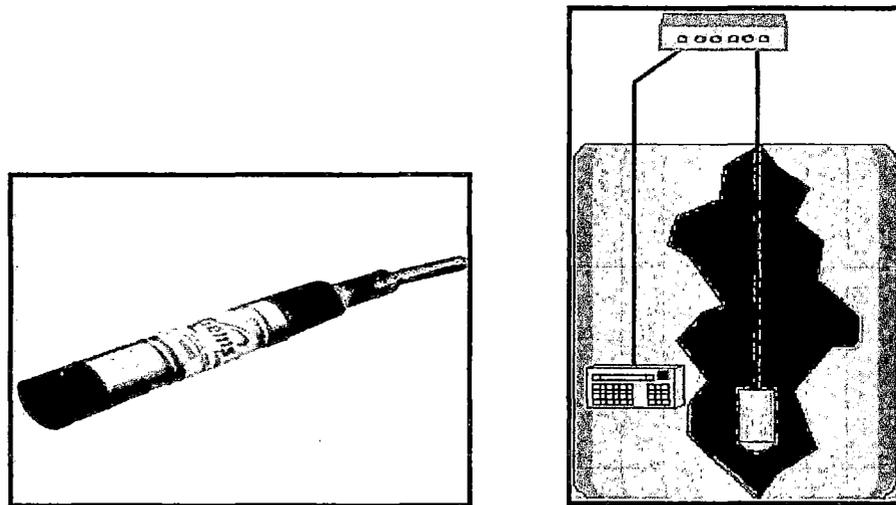


Figura 17: Medidor manométrico

CALIBRACION DEL INSTRUMENTO DE NIVEL

La calibración de los instrumentos de nivel basados en la presión hidrostática se realiza de forma análoga a los instrumentos de presión, transformando la altura de líquido al valor correspondiente de la presión a simular. Los medidores de nivel de presión diferencial se calibran de forma similar a los utilizados en la medida de caudal por presión diferencial. Es preciso tener en cuenta las condiciones particulares del transmisor, es decir, si se instalara en un tanque abierto o cerrado y si dispone de resorte de supresión o de elevación para corregir la condensación en el lado de baja presión del instrumento, o compensar su instalación en un punto de cota muy inferior a la base del tanque. A continuación en la siguiente figura se puede observar un esquema de calibración de los instrumentos basados en la presión hidrostática.

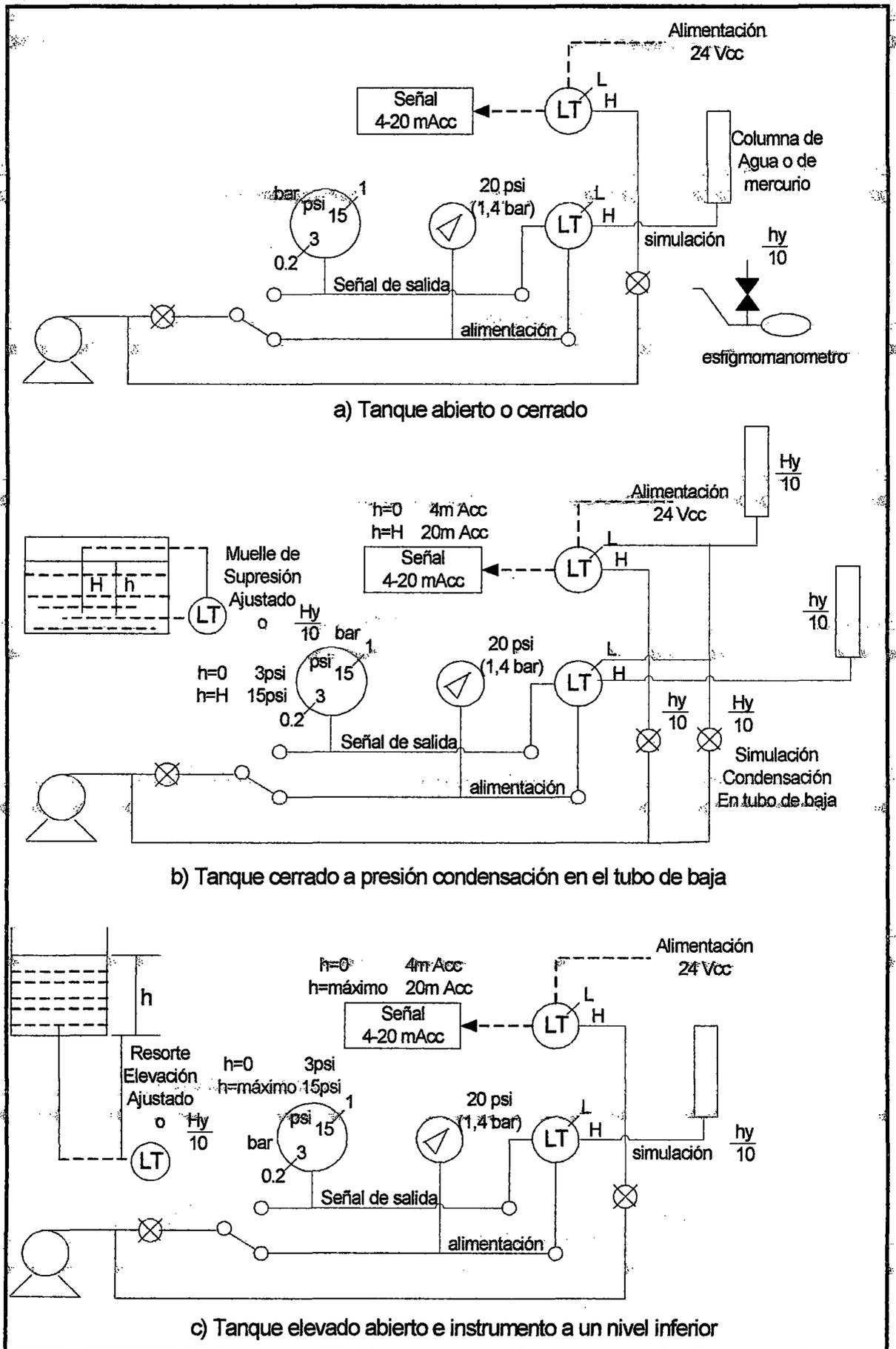


Figura 18: Esquema de calibración de instrumentos de nivel de presión hidrostática

2.2.4. Sistema SCADA

Los sistemas SCADA están constituidos por el Hardware, que generalmente es una red de controladores, y estaciones remotas de adquisición de datos. El corazón de un sistema SCADA está en el "Software SCADA", que es el encargado de supervisar y controlar el Proceso a través del Hardware de control, generalmente el software SCADA trabaja conjuntamente con un PLC o PAC, o una red de PLC's y/o PAC's. Este software permite supervisar el proceso desde un microcomputador, así como realizar las acciones de control a través del PAC controlador o sistema de control. En el mercado existen varios programas que realizan esta función, en nuestro caso nos referiremos a un sistema íntegramente orientado a objetos que permite realizar las funciones de un sistema SCADA amigablemente.

Tan importante como el 'Hardware' es el 'Software' especializado para el control y la supervisión de procesos. Los niveles de 'software' podrían ser escalonados en:

- Software de manejo a nivel de registros para las interfaces.
- Programa de usuario en lenguajes de alto nivel, utilizando rutinas suministradas por los fabricantes de 'hardware'.
- Sistemas de desarrollo y generadores de código fuente dedicados a la adquisición y procesamiento de data así como el control y supervisión de procesos. Para nuestro caso, INTOUCH de Wonderware.
- Paquetes de control y supervisión de procesos, que permiten administrar el 'hardware' de control de procesos basados en controladores lógicos programables (PLC) o Controladores de automatización programables (PAC), supervisar los procesos y administrar redes de microcomputadores y de controladores lógicos programables.

El poder del 'software' reside en la capacidad de mostrar el estado de la planta o el proceso en forma gráfica con varios niveles de detalle, el manejo de alarmas y la identificación rápida de fallas. Asimismo, la visualización de gráficos de tendencias de las variables más importantes y la generación y el almacenamiento de gran cantidad de información para su rápida y ordenada recuperación. Los Software de alta performance para la Automatización Industrial deben proveer una interfaz gráfica para su proceso, ya sea como Interfaz Humano Máquina (HMI: Human Machine Interface), o como un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

A. CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE UN SISTEMA SCADA:

ORIENTADO A OBJETOS – En un sistema de arquitectura totalmente orientada a Objetos, cada objeto tiene su propia data, funcionalidad, y muestra características ligadas con ello.

MANEJADO POR EVENTOS – Un evento es activado por un cambio en los puntos de la data, presionado un Switch o el disparo de un Timer. En un sistema inherentemente manejado por eventos, los objetos se ejecutan independientemente unos de otros y se comunican a través de eventos.

CONFIGURACIÓN EN LÍNEA - No requiere que el usuario recompile y/o descargue cambios a la base de datos, cada vez que su aplicación ha sido modificada. El usuario adiciona, elimina y modifica: PLC's, gráficos, lógica de control, RTU's, dispositivos de I/O, etc.; sin tener que interrumpir el proceso.

GRÁFICOS - Se debe tener una librería completa de gráficos y herramientas de animación. Por ejemplo el objeto de clase: ANIMATOR provee de total movimiento en X-Y, visibilidad y cambios de tamaño dinámicos y un secuenciador gráfico. Es compatible con archivos gráficos de tipo Bitmap (BMP) y Windows Metafiles (WMF).

REGISTRO DE DATOS - Los usuarios pueden definir su registro de datos históricos para intervalos regulares de tiempo, por una solicitud, a la ocurrencia de un evento o la combinación de todos ellos. Se puede capturar datos en disco ya sea delimitado por comas (CSV), en formato ASCII, o en un formato altamente comprimido.

TENDENCIAS - La característica ideal de registro de gráficos dinámico combine datos históricos con datos en tiempo real, en un solo gráfico de tendencias.

SQL - Es deseable una base de datos de conexión abierta (ODBC); para que de otras aplicaciones activas, recuperar data histórica desde la base de datos, usando un Lenguaje estructurado de consultas (SQL). Con simples consultas el usuario puede extraer data histórica desde aplicaciones como Visual Basic, Access, Excel, y MS Query.

ALARMAS - El usuario puede fácilmente configurar cada señal de entrada/salida por alarmas para cambios proporcionales: Alto-Alto, Alto, Bajo, Bajo-Bajo.

INTERCAMBIO DE DATA DINÁMICO (DDE) - Se requiere la compatibilidad con el estándar DDE (formato CF_TEXT), fast DDE (formato XITable) y NetDDE.

SEGURIDAD - Los diseñadores de sistemas pueden establecer un número de cuenta a los usuarios. A cada usuario se le asigna uno de 10 niveles de seguridad. Estos niveles definidos para cada usuario determinan que paneles pueden mostrarse, así como los objetos que pueden controlar.

B. DESARROLLO DE APLICACIONES SCADA

Para hacer una aplicación de control adquisición de datos y control de procesos se requiere en primer lugar hacer una evaluación exhaustiva de la necesidad del usuario, en otras palabras ENTENDER el problema. Normalmente con una evaluación rápida podemos discernir si la aplicación requiere el uso de una tecnología basada en PLC's PAC's, PC o DCS.

Si la aplicación requiere de varios controladores, debe definirse la cantidad de controladores así como la arquitectura de comunicaciones. La arquitectura de comunicaciones define como van a enlazarse los controladores, si la aplicación es sobre una planta nueva, regularmente hay una amplia libertad para elegir la forma de enlazar los controladores, cuando se trata de INTEGRAR una planta ya existente, muchas veces nos encontramos que ya existen los controladores, algunos de los cuales pueden estar ya en una red industrial mientras que otros pueden no estarlo, en este caso la integración requiere, en primer lugar, que el enlace físico de los elementos de una misma rama sea entre hardware compatibles y que, en lo posible, el protocolo de comunicaciones entre ellos sea el mismo. Redes pequeñas de PAC's y PLC's pueden enlazarse a través de una vía de comunicaciones y un protocolo común para integrar toda la Planta. Adicionalmente se integran la red Industrial o de Planta con el sistema administrativa tal que información útil entre ambas áreas pueden ser intercambiadas.

Una vez definida la arquitectura de comunicaciones y programados los controladores, podemos hacer la supervisión. En la mayoría de casos, se requiere que el software de control sea diseñado teniendo en cuenta las peculiaridades previstas para la aplicación con el Software SCADA.

En un ambiente íntegramente orientado a objetos es posible hacer el programa de aplicación SCADA en línea, sin necesidad de parar el proceso. En general, debemos definir a priori cual será la arquitectura del sistema, es decir la distribución de las presentaciones en pantalla, así como los cálculos adicionales que haya que realizar, la oportunidad en la que deban hacerse y la forma de almacenar la Información.

Una vez definida la arquitectura de presentaciones, generalmente es bueno tener una imagen como fondo de pantalla sobre la cual pondremos los controles, botones y registros gráficos. Debemos recordar que, si bien es cierto resulta muy atractiva, una imagen de fondo no es más que una figura, por lo que las imágenes de fondo pueden ser hechas utilizando un software especializado de diseño gráfico como podría ser Corel Draw por ejemplo.

En los sistemas íntegramente orientado a objetos y manejado por eventos, el procedimiento regular es definir y conectar los objetos e ir desarrollando y viendo los resultados de la aplicación. Un buen sistema de desarrollo permite hacer una aplicación en corto tiempo ya que debe tener objetos predeterminados para todas las funciones típicas de una aplicación como por ejemplo:

- Registro de tendencias
- Generación automática de reportes
- Almacenamiento automático de datos históricos
- Fácil recuperación de los datos históricos
- Sistema automático de alarmas

- Niveles de Seguridad para acceso de Operadores y Supervisores.
- Capacidad de manejar un gran número de variables si la aplicación es grande.

2.2.5. Análisis de los Tipos de Buses de Campo

El nivel de Bus de campo es el nivel de red más próximo al proceso y se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, equipos de medida, etc.) en las llamadas islas, controlan distintas parcelas de un proceso. Generalmente, en el nivel más alto de estas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares de gama alta, que pueden actuar como maestro de la red o en estructuras de maestro flotante. El conjunto constituye lo que se suele llamar una célula de fabricación.

A. VENTAJA DE LOS BUSES DE CAMPO

Se utiliza los bus de campo principalmente como un sistema de comunicación entre los sistemas de automatización y los dispositivos de campo. Con esto se logra la descentralización de los dispositivos inteligentes, como por ejemplo mantener autómatas físicamente cerca del proceso, manteniéndolos dentro de una red industrial. Se obtiene mejores prestaciones, donde cada dispositivo controla la información de su propio proceso y comparte solo la necesaria. Al contar con los buses de campo se logra ahorro en el cableado, sencillez de instalación, menor mantenimiento y se logra tener los datos y la alimentación en un solo cable.

B. TIPO DE BUSES DE CAMPO

Los buses de campo se pueden clasificar atendiendo sus capacidades en cuatro tipos de buses:

- Buses de Control – *Control buses*: (HSE *high-speed Ethernet* o Control Net)
- Buses de Campo - *Field buses*: (Foundation Fieldbus o Profibus)
- Buses de Dispositivo – *Device buses*: (Device-Net, Profibus DP, SDS o Interbus-S)
- Buses de Sensores – *Sensor buses*: (CAN, ASI, Seriplex o LonWorks)

BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y BAJA FUNCIONALIDAD: Integran dispositivos simples como finales de carrera, fotocélulas, relés, actuadores simples, etc. Estas aplicaciones son en tiempo real y se encuentran agrupados en una pequeña zona de la planta, que podría ser en una maquina industrial.

Ejemplo de esto son:

- **CAN:** Diseñado originalmente para su aplicación en vehículos.
- **SDS:** Bus para la integración de sensores y actuadores, basado en CAN.
- **ASI:** Bus serie para la integración de sensores y actuadores

BUSES DE ALTA VELOCIDAD Y FUNCIONALIDAD MEDIA: Capa de enlace preparada para enviar eficientemente bloques de datos de tamaño medio. Los dispositivos que se conectan a este tipo de

buses cuentan con una programación, calibración, configuración; esto quiere decir que poseen una mayor funcionalidad, incluyen una capa de aplicación que consta de funciones utilizables desde una PC para acceder, cambiar y controlar los diversos dispositivos.

Ejemplo de esto son:

- **DeviceNet:** Desarrollado por Allen-Bradley, utiliza como base el bus CAN, e incorpora una capa de aplicación orientada a objetos.
- **LONWorks:** Red desarrollada por Echelon.
- **BitBus:** Red desarrollada por INTEL.
- **DIN MessBus:** Estándar alemán de bus de instrumentación, basado en comunicación RS-232.
- **InterBus-S:** Bus de campo alemán de uso común en aplicaciones medias.

BUSES DE ALTAS PRESTACIONES: Soportan comunicaciones a nivel de toda la factoría. Se basan en buses de alta velocidad, aunque pueden presentar problemas debido a la sobrecarga necesaria para los niveles de funcionalidad y seguridad exigidos.

La capa de aplicación oferta un gran número de servicios a la capa de usuario (habitualmente un subconjunto del estándar MMS).

Sus características son las siguientes:

- Redes multi-maestro con redundancia.

- Comunicación maestro-esclavo según el esquema pregunta-respuesta
- Recuperación de datos desde el esclavo con un límite máximo de tiempo
- Capacidad de direccionamiento unicast, multicast y broadcast
- Petición de servicios a los esclavos basada en eventos
- Comunicación de variables y bloques de datos orientada a objetos

Ejemplo de estos son:

- Profibus
- FIP
- Fieldbus Foundation

BUSES PARA AREA DE SEGURIDAD INTRINSECA: Este tipo de buses es utilizado en ambientes explosivos. La seguridad intrínseca es un tipo de protección por la que el aparato en cuestión no tiene posibilidades de provocar una explosión en la atmosfera circundante, condiciones de prueba especificada por un estándar.

Ejemplo de estos son:

- HART
- Profibus PA
- FIP

III. DISEÑO GRAFICO SIMULACION Y PRUEBAS

3.1. controlador ON/OFF

En algunos casos se llama **control todo-nada (ON-OFF)**, pero en verdad este último es un tipo de control de dos posiciones. El control de dos posiciones es usado normalmente cuando la variable controlada no tiene porque mantenerse en un valor preciso. Un ejemplo sencillo lo constituye un termostato en un horno eléctrico.

Este tipo de control presenta las siguientes características:

- variable cíclica continúa de la variable controlada.
- el controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento optimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.
- Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

VENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL ON-OFF

- Es la forma más simple de control.
- Bajo precio de instalación.
- Fácil instalación y mantenimiento.
- Amplia utilización en procesos de poca precisión.

DESVENTAJAS DEL SISTEMA DE CONTROL ON-OFF

- Mínima precisión.
- No recomendable para procesos de alto riesgo

3.2. Escalamiento para la adquisición de datos

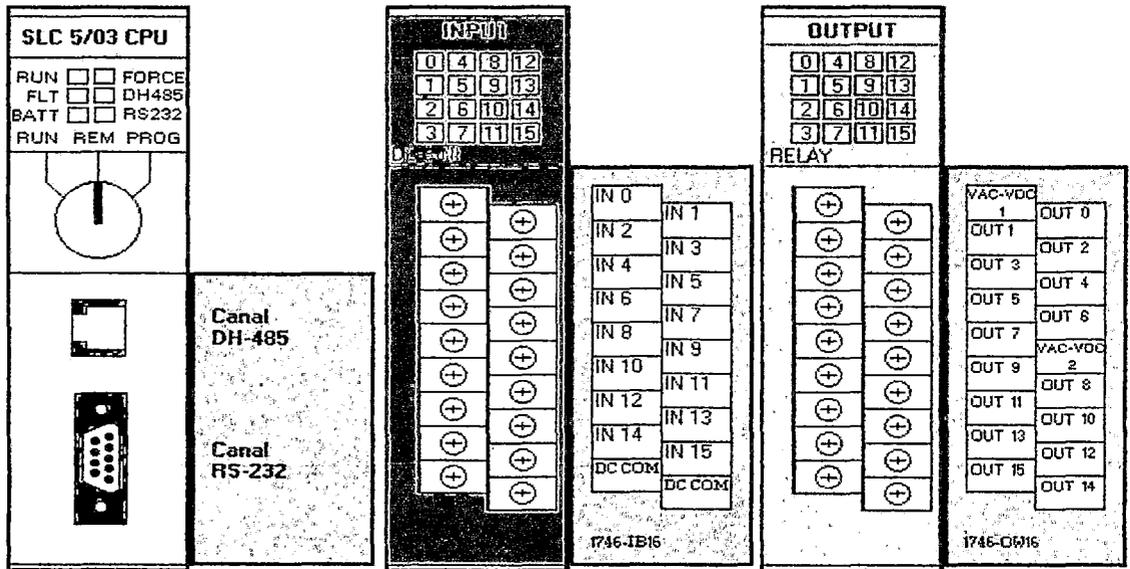
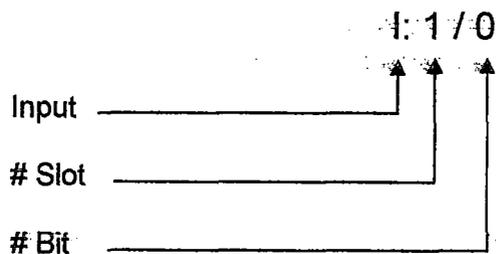


Figura 19: Controlador Lógico programable Allen Bradley.

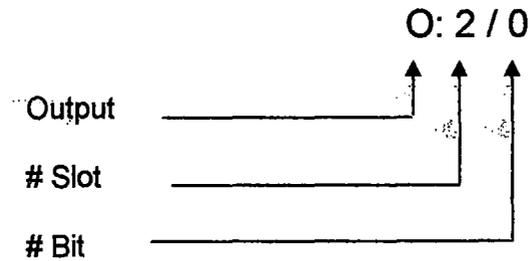
Según la configuración en los PLC modulares su designación es la siguiente, notamos que existen 3 módulos, el procesador que es el Slot 0, la tarjeta de entrada que es la de color verde el cual vendría a ser el Slot 1 y la tarjeta de color rojo que es la salida es el Slot 2.

La forma de direccionamiento es el siguiente:

Entradas Discretas



Salidas Discretas



Las señales de tensión y corriente se convierten en señales de 16-bits con dos-bits para complementos binarios.

La tabla identifica la relación de rangos para tensiones y corrientes en las entradas de los canales análogos

Rango de Tensión y Corriente	Representación decimal	Bits Significativos	Resolución
-10vcc a +10vcc 1LSB	-32768 a +32767	16 bits	305.176 μ v
0 a 10vcc 1LSB	0 a 32767	15 bits	
0 a 5vcc	0 a 16384	14 bits	
1 a 5vcc	3277 a 16384	13.67 bits	1,22070 μ v
-20 a +20ma	-16384 a +16384	15 bits	
0 a 20ma	0 a 16384	14 bits	
4 a 20ma	3277 a 16384	13.67 bits	

Tabla 2: cuadro de valores equivalentes entre valores análogos y decimales

Para determinar la tensión o corriente de acuerdo a un valor de entrada se aplica:

$$\frac{10v}{32767} \times \text{valor entrada} = \text{voltaje entrada}$$

$$\frac{10v}{32767} \times -16201 = -4.8922 \quad \text{si valor de entrada es } -16201$$

$$\frac{20ma}{16384} \times 4096 = 5ma \quad \text{si valor de entrada es } 4096$$

Salida Analógica

Rango de Tensión y Corriente	Representación decimal	Bits Significativos	Resolución
0 a -21ma 1LSB	0 a +32767	13 bits	2,56348µv
0 a 20ma	0 a 31208	12.92 bits	
4 a 20ma	6242 a + 31208	15 bits	

Tabla 3: cuadro comparativo valores decimales del PLC y valores analógicos

Instrucción para escalamiento:

Supongamos se desea configurar el Programador con CPU en slot 0 y un modulo discreto de entradas en slot 1 además de un modulo de salidas analógica en slot 4 se puede programar lo siguiente.

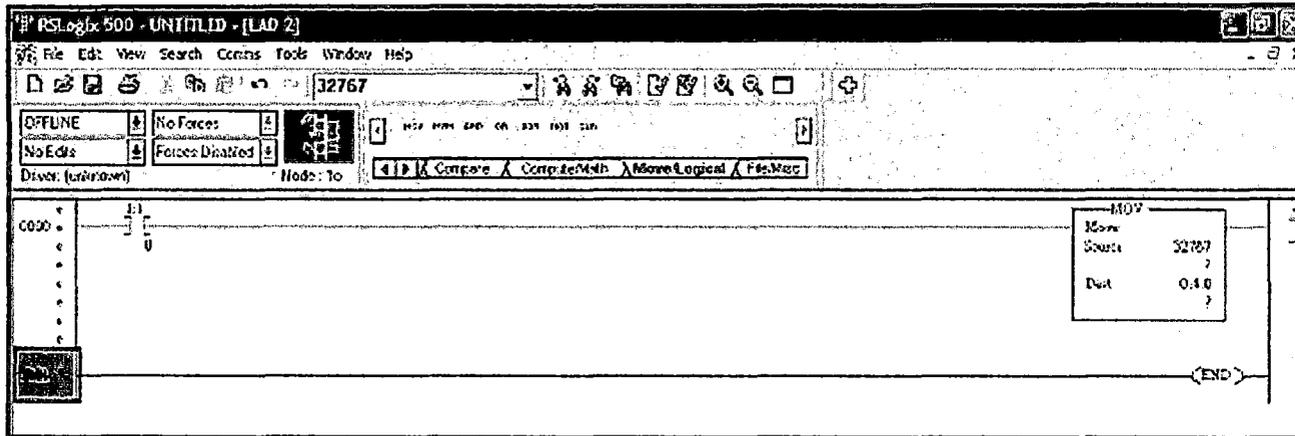


Figura 20: Configuración para indicar el lugar de almacenamiento

Significa que si I:1/0 es verdadero la cantidad 32767 se moverá hacia el destino que es la salida analógica 0 en slot 4.

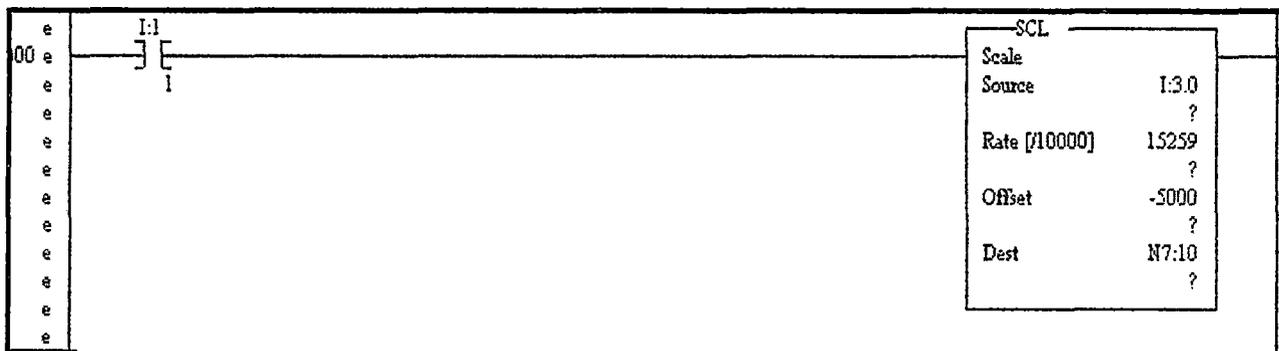


Figura 21: Bloque para realizar el escalamiento

Aquí aparecen valores que tienen que ver con rango a medir en la variable de entrada o salida. La instrucción "escalamiento" está relacionada con la adaptación de los valores de tensión o de corriente que están normalizados en diversos estándares para medir un determinado fenómeno físico.

Los sensores o Transductores en la mayoría de los casos vienen linealizados por el fabricante, para una aplicación en particular. Por lo tanto se trabaja con líneas rectas.

Lo mismo rige para los actuadores que en su mayoría responden a los estándares ya mencionados. Para aclarar el punto anterior se puede mencionar como

Ejemplo:

Se desea medir: Un rango de nivel entre 0°C y 200°C

Un nivel de un líquido entre 2 y 16 mts

La velocidad de un motor entre 500 y 3000 RPM

La pregunta es

¿Cómo adaptamos estos rangos de fenómenos físicos diferentes a 4 y 20 mA que es un estándar de corriente para entradas y salidas en programadores?

¿Cómo adaptamos a 0 y 10v que es otro estándar?

La respuesta está en el concepto de escalamiento. Cada entrada y salida analógica cuenta con un determinado número de bits que da la resolución y depende del fabricante y del modelo a emplear.

La instrucción SCL:

Escalamiento

La instrucción SCL permite la lectura de las señales de entrada y salida analógica.

La función SCL se muestra en la figura 1.

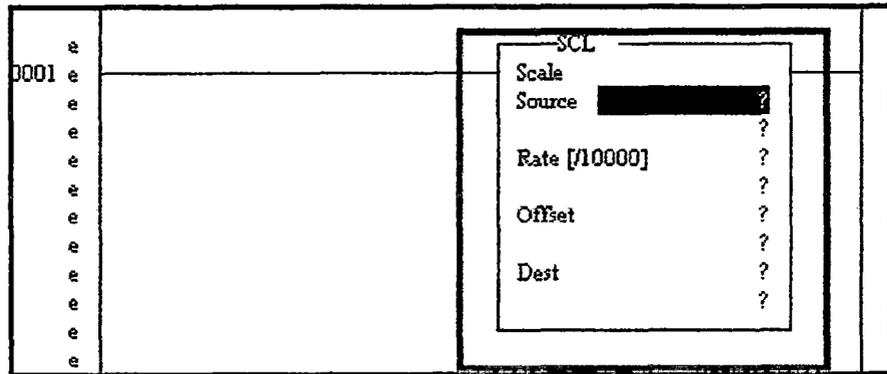


Figura 22: Este bloque permite la lectura de entradas y salidas analógicas

Source: es un direccionamiento de memoria o entradas

Rate: es un valor positivo o negativo que será dividido por 10000. Puede ser una constante de programa o un direccionamiento.

Offset: puede ser una constante del programa o un direccionamiento.

Dest: direccionamiento de salida.

CÁLCULOS PARA EL ESCALAMIENTO DE LAS SEÑALES ANÁLOGAS.

En el programa de RS LOGIX se utilizaran 2 entradas analógicas, a modo de ejemplo:

Una de ellas para la medida de nivel y la otra para la medida de corriente.

Ambas señales deben entrar al PLC como tensión entre 1 a 5 [V], pero como la mayoría de los transductores que se encuentran en el mercado trabajan con corriente entre 4 a 20mA, se utilizó una resistencia de 250 Ω para dicha conversión.

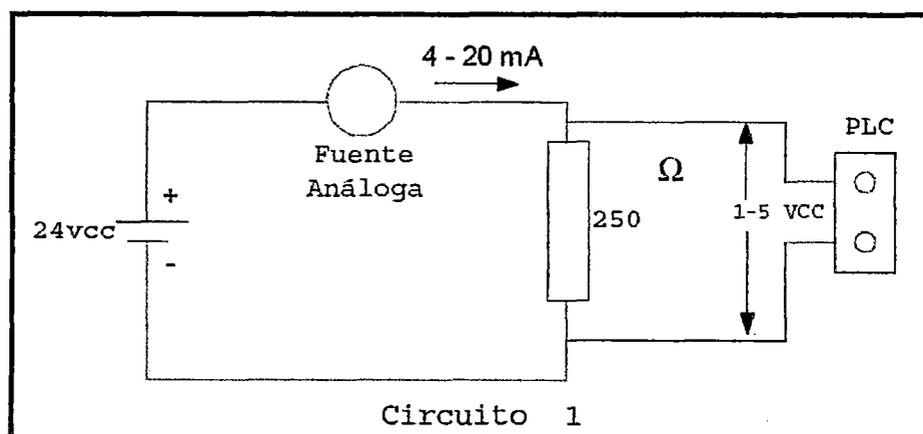


Figura 23: Manera de alimentación del PLC

NOTA: El controlador ALLEN-BRADLEY cuenta con una fuente de 24 VCC.

Recordemos que:

Corriente (mA)	Tensión (V)	N° de Cuenta
0	0	0
4	1	3277
20	5	16384

Tabla 4: cuadro señales de ingreso a escalar

Los siguientes datos usados en el módulo de entradas análogas muestran el direccionamiento de entrada, rango de chequeo y escalamiento de las entradas análogas a las unidades de ingeniería.

La gráfica siguiente es una función matemática del tipo $y = mx + b$

Valor escalado significara adecuar la variable a medir a su lectura máxima y mínima en el proceso con la salida o entrada análoga y su número de bits respectivos.

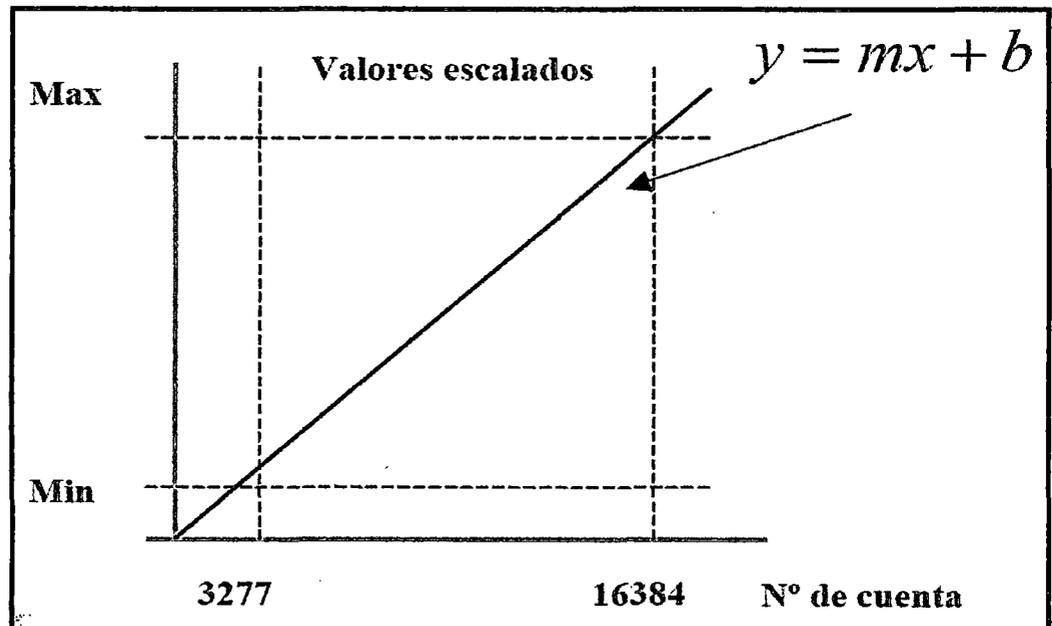


Figura 24: Grafico para el cálculo de escalamiento

En este grafico se considera la variable análoga de 4 a 20 mA.

Donde:

y = Salida escalada

m = Pendiente (Rate)

x = Valor análogo de entrada

b = Offset

Los valores de Rate (pendiente) y Offset son utilizados en la función SCL y son calculados de la siguiente manera:

$$\text{Pendiente: Rate} = \frac{\text{escaladoMax} - \text{EscaladoMin}}{\text{InputMax} - \text{InputMin}}$$

$$\text{OFFSET} = \text{EscaladoMin} - (\text{InputMin} * \text{Rate})$$

Estos valores se aplican a la instrucción matemática SCL.

Cuando esta instrucción es verdadera, el valor que está en el direccionamiento de la fuente (Source) es multiplicado por el valor de Rate/10000. El resultado redondeado es sumado con el valor de Offset y colocado en el destino.

A continuación se detalla dicha instrucción.

Elección de un Escalamiento Para la Entrada de Temperatura.

A continuación se detalla una pauta de escalamiento de la entrada análoga de nivel con usada en el ejemplo:

- a. Primero se deben dar los rangos máximo y mínimo de nivel.
- b. Los rangos escogidos fueron 0° a 12 metros para que el nivel trabaje en el punto medio de la recta.
- c. En el programa estos valores fueron escalados de 0 a 20000 para dividirlos por 100 en el software de monitoreo y así obtener los decimales, ya que el programa de RS Logix no soporta decimales.
En otras palabras se multiplica y se divide por 100
- d. $4 \text{ [mA]} = 0 \text{ (0° C Valor Mínimo Escalado)}$
- e. $20 \text{ [mA]} = 20000 \text{ (200° C Valor Máximo Escalado)}$

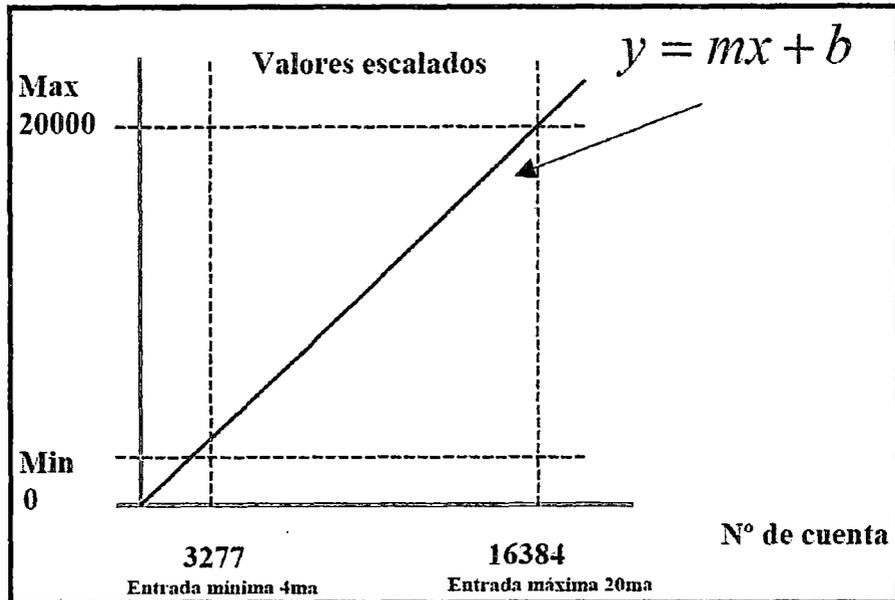


Figura 25. Diagrama con valores a escalar

Calculo para escalamiento de nivel:

$$\text{RATE} = \frac{\text{EscaladoMax} - \text{EscaladoMin}}{\text{InputMax} - \text{InputMin}} \quad \text{pendiente} = m = \text{Rate} = \frac{2000 - 0}{16384 - 3277}$$

Este valor se multiplicó por 10.000 para ser agregado al programa del PLC

$$\text{RATE} = 1,5295$$

$$\text{RATE} = 15295$$

$$\text{OFFSET} = \text{EscaladoMin} - (\text{InputMin} * \text{RATE}) \quad \text{OFFSET} = 0 - (3277 * 1.5259)$$

La ecuación fundamental queda de la siguiente manera:

$$\text{OFFSET} = -5000$$

$$y = 1,5259 * X + (- 5000)$$

Ejemplo: Si "x" tomara el valor de 4919. La ecuación queda:

$$y = 1,5259 * 4919 + (- 5000)$$

$$y = 7505,9 - 5000$$

$$y = 2505,9$$

La instrucción SCL quedará de la siguiente manera:

SCL	
SCALE	
Source	I:3.1 4919
Rate [/10000]	15259
Offset	-5000
Dest	N7:10 2506

Figura 26: Instrucción SCL luego del escalamiento.

Nótese que el programador redondea a 2506 con un valor de Y= 2505,9

3.3. Diseño de la interfaz grafica

La interfaz gráfica del sistema SCADA que se desarrollara será sencilla y amigable para el operador. Se basara en cuatro ventanas o pantallas, la primera de ellas denominada (Control de Ventanas) será el control o el nexo que nos podrá facilitar el acceso a las otras tres ventanas, las otras tres pantallas se detallaran a continuación:

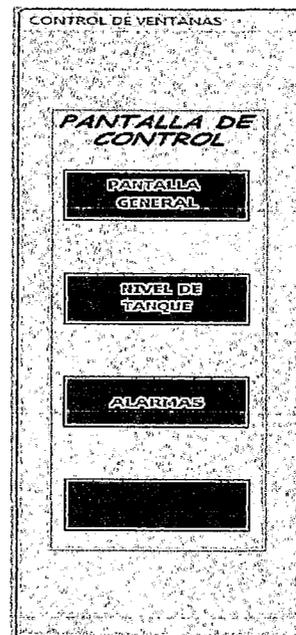


Figura 27: Diseño gráfico del control de las ventanas.

1.- la ventana denominada (Pantalla General), nos mostrara la activación y/o parada de las bombas de llenado de cada tanque a través de indicadores led's, estos indicadores led serán activadas por los botones que se pueden observar en el gráfico, los botones actuaran como si fueran de tipo latch, unlatch, quiere decir que para activar el botón hay que presionar o dar click en el botón de la bomba que se quiere activar y para desactivar la bomba se tiene que volver a dar click. A su vez nos mostrara de manera numérica el nivel de agua en el tanque, estos tanques que se muestran de manera gráfica indican su posición y el número de tanque al que corresponden.

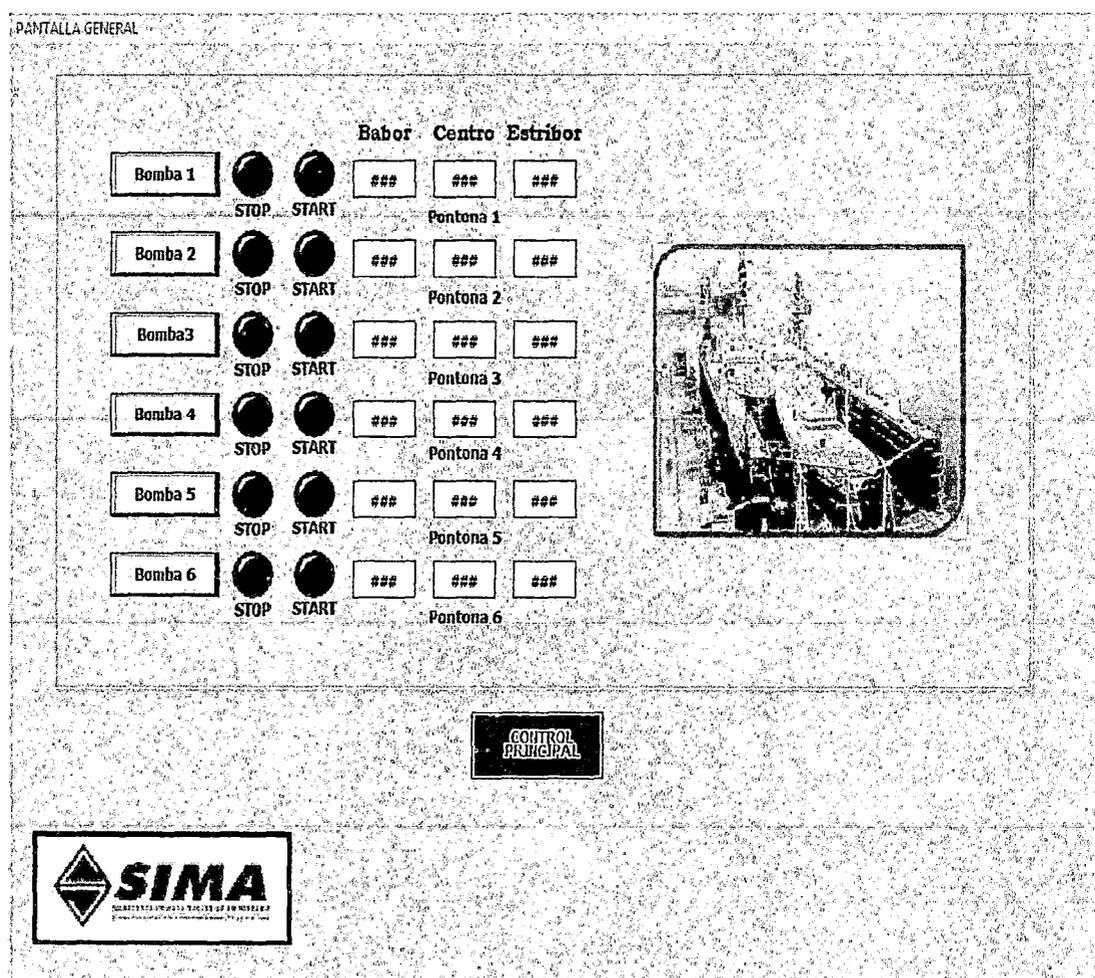


Figura 28: Diseño gráfico de la Pantalla general

2.- la ventana denominada (Nivel de Tanque) nos mostrara de manera gráfica el nivel de agua en cada uno de los tanques. Estos tanques se encuentran gráficamente dibujados en una silueta del dique, de esta manera se identifica con mayor facilidad la ubicación del tanque. Es mucho más sencillo saber si pertenece a estribor, babor o centro y el número de tanque que le corresponde.

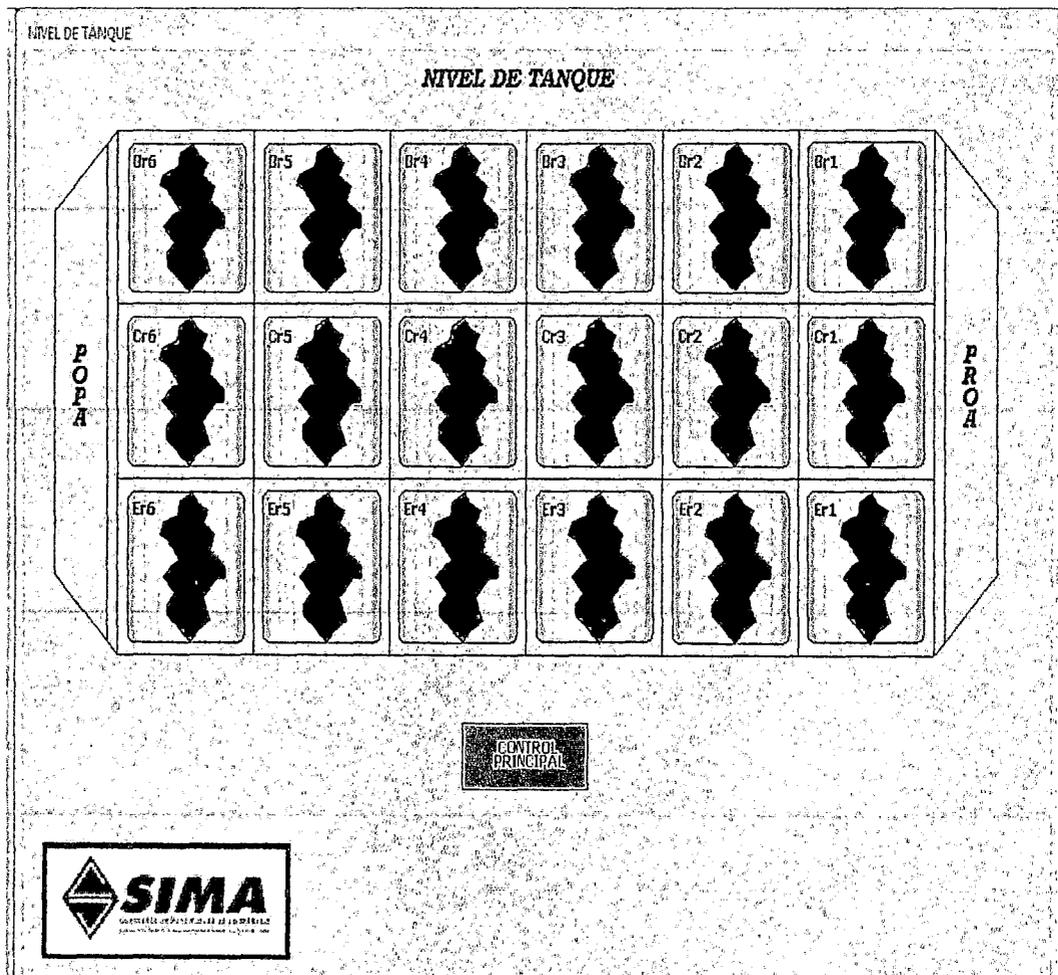


Figura 29: Diseño gráfico del Nivel de Tanque

3.- la ventana denominada (Alarmas) nos indicara el nivel de agua de cada uno de los tanques, cada tanque consta de un indicador led, el cual variara el color dependiendo del nivel de agua que se encuentre dentro de el.

Para el tanque que contenga en porcentaje el nivel de agua entre 0 y 70 el led nos indicara una luz de color verde, para los valores entre 70 y 85 el led nos mostrara un color amarillo y finalmente si el tanque cuenta con un porcentaje de

nivel de agua mayor a 85 el led nos indicara una luz de color rojo con un mensaje de "PELIGRO".

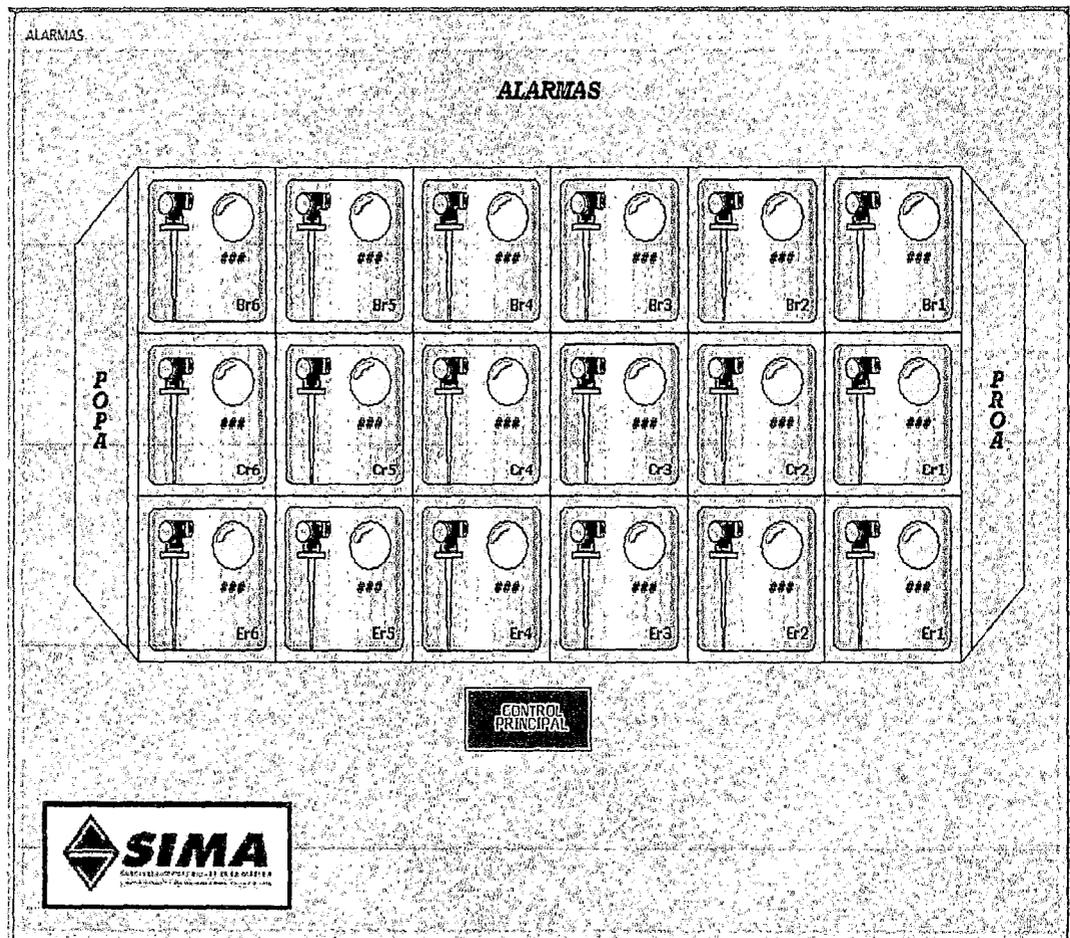


Figura 30: Diseño gráfico de la Pantalla Alarmas.

3.4. Bombas De Lastre

Para la maniobra de lastre y deslastre del dique se dispone de un sistema de lastre que consiste en seis bombas, instaladas en el costado de estribor, cada una de las cuales dará servicio a los tres tanques que se encuentran en la zona transversal de cada bomba en una pontona. Además para el caso de fallo de una bomba, cada tanque puede ser deslastrado por otra, a través de un colector, que une todas las bombas.

3.5. Equipos del sistema de lastre

En el costado de estribor del dique se dispone las siguientes bombas de lastre:

- Numero de bombas..... 6
- Capacidad 1.3 m³/h
- Presión de descarga..... 7.5 m.c.a. (m de columna de agua)

Las bombas son de tipo sumergibles, centrifugas, verticales, no autocebadas e irán situadas cerca del fondo. Los ejes estarán prolongados hasta la cubierta de seguridad sobre la que irán instaladas los motores eléctricos de accionamiento.

Las especificaciones de materiales de las bombas son la siguiente:

- Cuerpo..... hierro fundido nodular
- Impulsor..... Bronce
- Eje..... Acero inoxidable
- Empaquetadura..... Cierres mecánicos

Los ejes de unión de las bombas a sus correspondientes motores están compuestos de varios trozos unidos entre si por medio de acoplamientos.

Las bombas pueden arrancarse y pararse desde el cuarto de control, en el pupitre de control hay luces indicadoras, y además desde los arrancadores situados en las proximidades de los motores correspondientes.

3.6. Bombas De Cebado

La aspiración de cada bomba es conectada, por medio de un colector, a los ramales de aspiración de los tanques de lastre de los que aspira a todos los tanques. Cada ramal de aspiración tiene su propia válvula de cierre.

En el colector que une las bombas para caso de fallo de alguna de ellas, se disponen de seis válvulas de cierre que serán operadas manualmente desde la cubierta de seguridad.

Sistema de cebado de las bombas de lastre

Para cebado de los colectores de asignación de las bombas de lastre y del colector común de aspiración que va de proa a popa, se disponen de las siguientes características de las bombas:

- Numero de bombas 2
- Capacidad 20 m³/h
- Presión de descarga..... 25 m.c.a.

Las bombas son centrifugas, autocebadas, y van situadas en el túnel transversal localizado en la sección media del dique, próxima al costado de estribor.

Las especificaciones de materiales de estas bombas son la siguiente:

- Cuerpo..... Hierro fundido nodular
- Impulsor..... Bronce
- Eje..... Acero inoxidable
- Empaquetaduras..... Cierres mecánicos

Estas bombas pueden maniobrarse desde el cuarto de control del pupitre de control en donde existen luces indicadoras.

IV. COMPARACIÓN COSTO BENEFICIO

4.1. Costo y tecnología del sistema actual

El sistema actual con el que cuenta el dique flotante 104, es una tecnología de los años ochenta (80), su panel de supervisión cuenta con 27 manómetros y 25 controles de nivelación de presión. Los cuales 18 manómetros y 18 controles, son para la supervisión de los niveles de los tanques. Estos controles se encargan de regular la presión que ingresa a los manómetros con la finalidad de obtener en el ingreso de los manómetros una fuerza de presión uniforme en todos los manómetros.

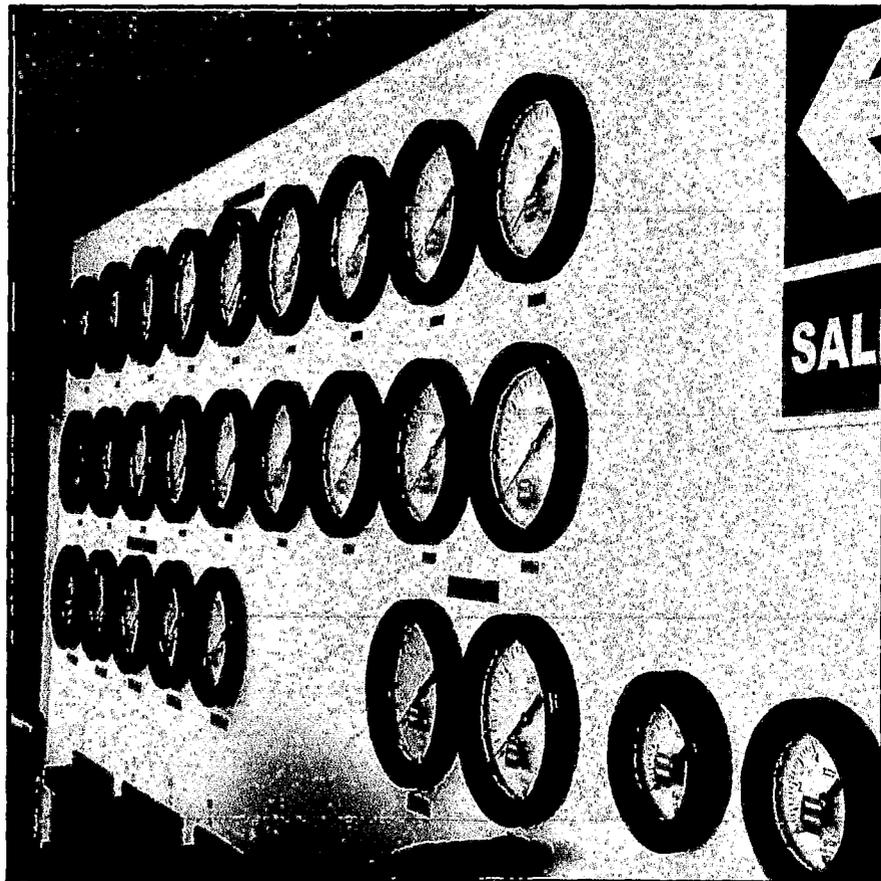


Figura 31: Panel de supervisión y control del nivel de los tanques del dique en esta primera imagen se hace referencia a la supervisión a través de manómetros

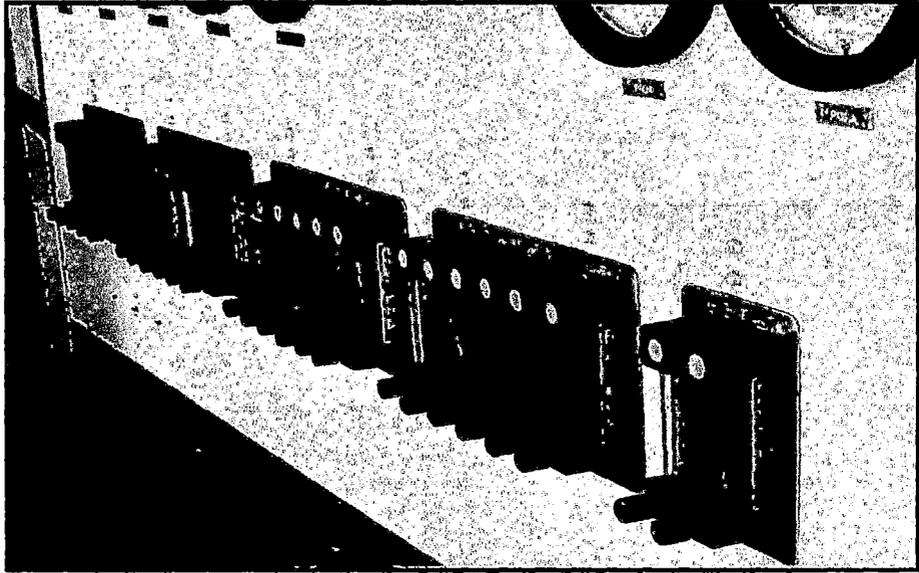


Figura 32: Panel de supervisión y control del nivel de los tanques del dique en esta imagen se hace referencia al control de los manómetros para el ingreso de presión

El sistema actual cuenta con tuberías plásticas que permiten el ingreso de la presión a los manómetros, estas tuberías tienen un recorrido desde el sensor que se encuentra instalado en la parte más profunda de cada uno de los tanques.

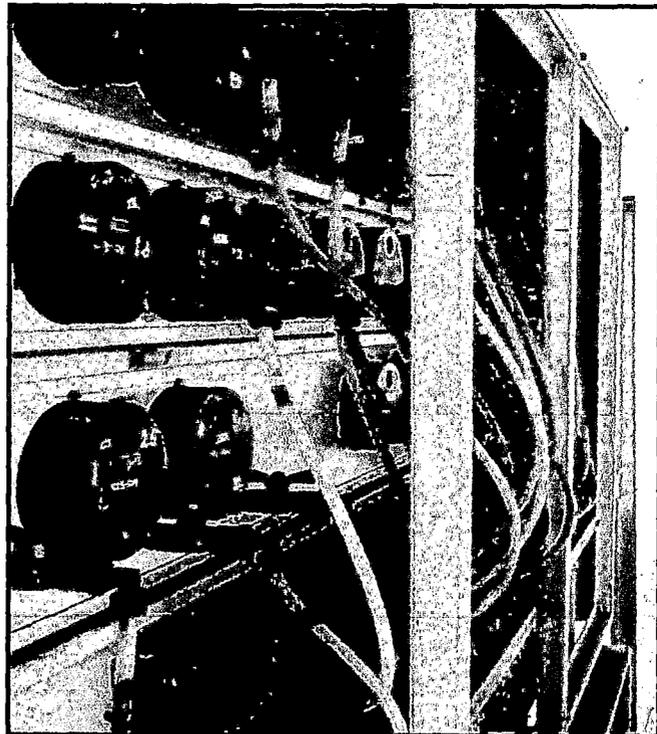


Figura 33: Conexión de las tuberías hacia los manómetros indicadores de presión

Este sistema a si mismo cuenta con un sistema de control que se encuentran en una mesa de comandos, lo cual a partir de ahí es de donde se activan las bombas y se visualiza el funcionamiento de cada una de estas a través de led's de colores que te indican el activado o desactivado de cada una de estas bombas.

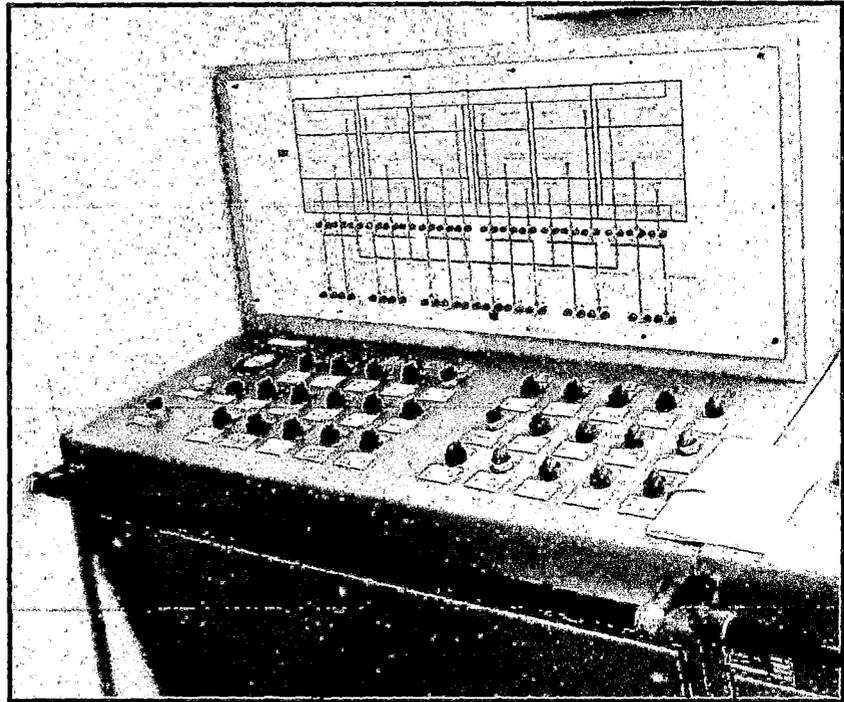


Figura 34: Consola de comando de las bombas de lastre y de cebado

El sistema actual como ya se explico, cuenta con una tecnología de los años ochenta, que para la actualidad hace falta actualizar su sistema de control y supervisión. Su sistema de control cuenta con una lógica cableada, que comparado con el costo de un controlador lógico programable es igual o más elevado, si tenemos en consideración la tecnología y la confiabilidad es preferible y recomendable la adquisición de un PLC.

El sistema actual para la etapa de supervisión cuenta con indicadores (manómetros) y unos sensores llamados campanas que no siguen vigente en la actualidad, si se considera tanto en tecnología, confiabilidad, espacio y dinero es recomendable la adquisición de los sensores, el PLC y realizar el desarrollo del sistema SCADA.

4.2. Costo y tecnología del sistema propuesto

El sistema a implementar propone un diseño simplificado, vistoso y amigable para el operador. Se propone reemplazar la lógica cableada del sistema actual por un controlador lógico programable el cual nos brindara una serie de bondades, como por ejemplo instalar el sistema en un menor espacio, el tiempo de respuesta de los comandos es mucho más rápido, permite crear un tipo de control automático y es mucho más fácil el detectar una falla.

La utilización de sensores de presión es una buena alternativa para el sistema propuesto debido al diseño y accesibilidad de los tanques, el material conformado para los sensores serán de Hastelloy para poder resistir el agua de mar, debido a que el acero inoxidable se corroe rápidamente al ser expuestos al agua de mar.

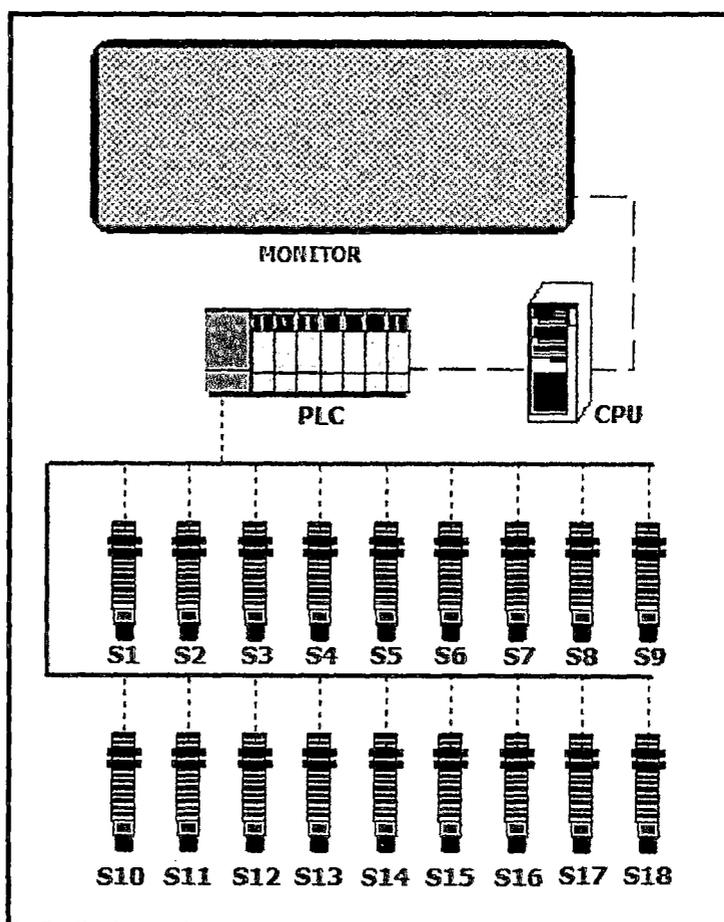


Figura 35: Diagrama de bloques, etapa de adquisición de datos

Como se puede observar en la figura 30, el diagrama de bloques para la etapa de supervisión es sumamente sencillo de entender. Los sensores entregan una señal estandarizada de 4 a 20mA Hacia el controlador, el cual a través de un escalamiento que se realizo es procesado y entendible por este. Esta información es enviada a la CPU, donde se realizo el software de supervisión y finalmente estos datos son mostrados de manera grafica en la pantalla de supervisión.

Para la etapa de control es el proceso inverso, en la pantalla donde se encuentra el SCADA este enviara información a través de la CPU hacia el controlador que en este caso viene a ser un PLC, el PLC recibe las ordenes que son enviadas a un relé de activación, esta señal es amplificada y enviada a las bombas de lastre y de cebado dependiendo cual sea el caso.

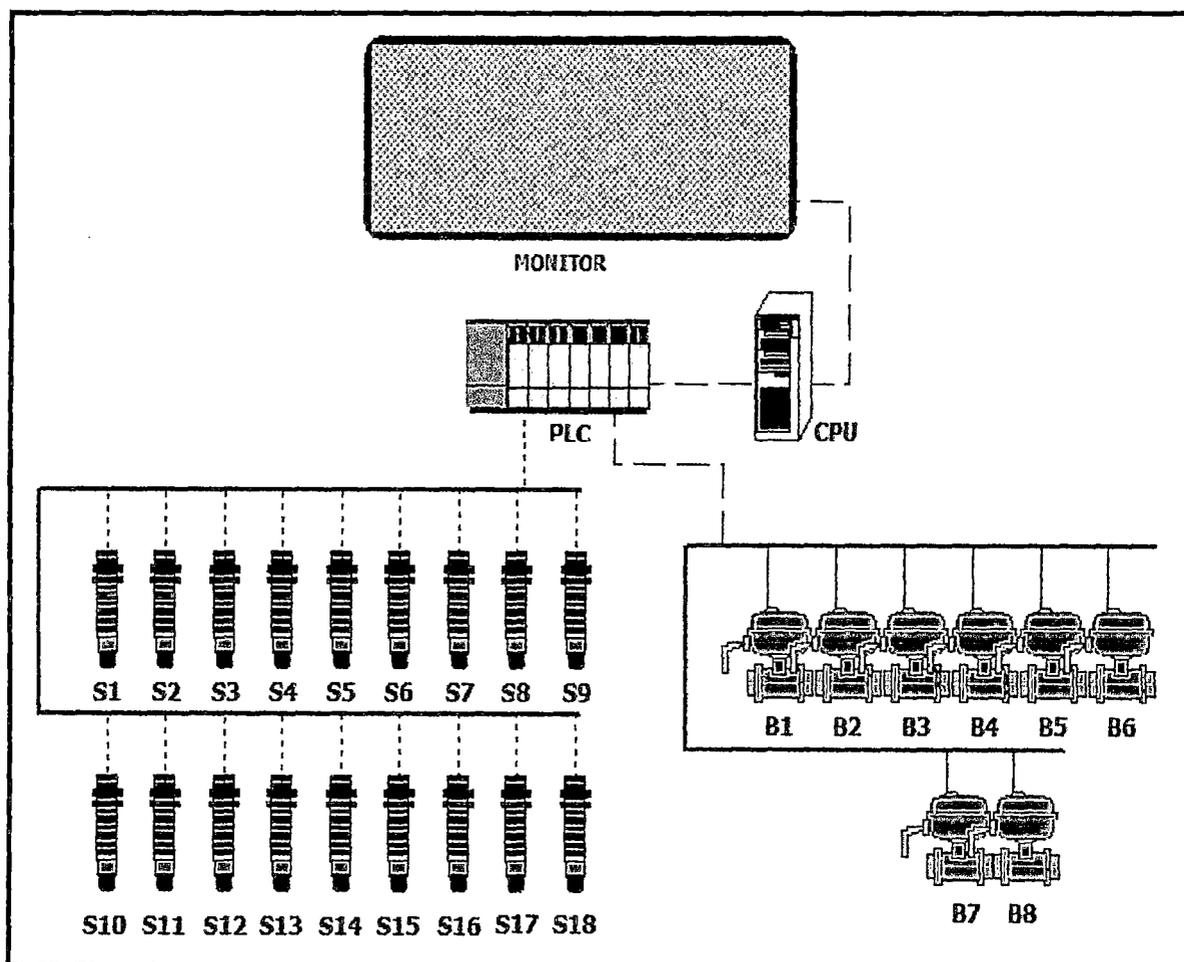


Figura 36: Diagrama de bloques de la etapa de control y supervisión

V. METODOLOGIA

El desarrollo de la tesis consistirá en la implementación de un sistema de supervisión y control, supervisión porque visualizaremos el llenado de sus tanques y el achique de estos dependiendo de qué maniobra se quiera realizar. El control que se realizara será el de dejar pasar que válvula será el que funcione ya que implementaremos un control on/off, no realizaremos una etapa de potencia ya que esta etapa del dique se encuentra en perfecto estado, solo realizaremos una modificación que será el de la elección de cual de estas válvulas queramos que se habilite. Para el desarrollo del sistema de control y supervisión se utilizara el software INTOUCH, el tipo de comunicación que se empleara entre el PLC y el software Scada será tipo RS422. La comunicación que se empleara desde los sensores hasta el RTU será una comunicación Profibus.

5.1. Relación entre las variables de Investigación

Se describe un modelo de estudio que nos permite identificar las variables dependientes e independientes las cuales se utilizaran para el estudio de esta problemática a investigar.

5.2. Operacionalización de Variables

De acuerdo al desarrollo del presente trabajo se identificó las variables que se emplean el desarrollo de la supervisión y control del dique Flotante 104 del SIMA, son:

Variable dependiente

- Lectura de los sensores
- control de las válvulas de llenado y achique del dique flotante
- Lectura del software SCADA.

Variable Independiente

- Movimiento del mar.

5.3. Tipo de Investigación

- El presente trabajo es una investigación del tipo descriptiva y experimental en el ámbito del control mediante SCADA.
- La investigación es hipotética pues parte de una hipótesis para demostrar la solución del problema de investigación planteado.
- La investigación es deductiva pues parte de algo particular y poco a poco mediante el análisis se van integrando más recursos para de esta manera obtener una idea general.
- La investigación realizada es del tipo transversal y que se realiza en un solo momento temporal y no hay continuidad en el tiempo tiene un inicio y un final.

5.4. Diseño de Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se cuenta con todos los implementos necesarios tanto en información bibliográfica como en datos estadísticos según el nivel de necesidad que se tenga, tanto es así, que la estructura que planteamos esta resumida en tres procesos, Análisis de la información, proceso de la información y presentación de resultados.

5.5. Etapas de la Investigación:

En función a la problemática planteada en el presente trabajo de investigación se plantea:

- Definir problema
- Seleccionar o establecer diseño
- Recolección de datos
- Análisis e interpretación de resultados.

5.6. Población y muestra

La población está constituida por el dique 104 del SIMA, estratificado y la muestra se determinara y tendrá la misma concepción que la población en cuanto a los porcentajes correspondientes.

5.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos se captaran mediante la información que se tiene del dique 104 del SIMA y su actual sistema de monitoreo.

Todo ello podrá servir para implementar nuestro modelo.

5.8. Procedimiento estadístico y análisis de datos

Se utilizara la estadística descriptiva y la inferencial por medio de sus indicadores tales como:

- Funcionamiento del dique 104.
- Variación del consumo de energía,
- Control y supervisión.
- Potenciales pérdidas de energía y fallas debido al control.

VI. RESULTADOS

6.1. Resultados Parciales

Según el proyecto propuesto para la implementación y modernización del dique flotante 104 del SIMA, demuestro a través de comparaciones técnicas y de ingeniería (datos tomados del software de control y supervisión) que es factible para términos de ingeniería y económicos.

6.2. Resultados Finales

Como resultado final hemos logrado obtener que a través de un software SCADA para este caso INTOUCH de WONDERWARE es factible controlar y supervisar los dieciocho tanques del dique flotante 104 del SIMA.

VII. DISCUSION DE RESULTADOS

7.1. Contratación de hipótesis con los resultados

Según la hipótesis planteada como: Es factible realizar un sistema SCADA para la supervisión y el control del dique flotante 104 del sima, será posible con la implementación del sistema a través de un software SCADA para este caso INTOUCH de WONDERWARE.

VIII. CONCLUSIONES

Se concluye que:

1. El sistema propuesto nos genera un ahorro considerable, de energía como económico considerable con respecto a la lógica cableada del sistema de supervisión y control actual.
2. En caso de alguna falla del sistema propuesto, encontrar la falla es mucho más sencilla comparada con encontrar la falla en un sistema convencional donde involucra una lógica cableada.

3. La utilización de los sensores de presión hidrostática, en lugar de campanas con lo cual cuenta el sistema actual, nos da una mayor confiabilidad en la lectura de los niveles de los tanques, ya que la señal recibida es una señal estandarizada de 4 a 20mA.
4. Los diques flotantes del SIMA requieren una modernización de sus sistemas de supervisión y control para generar mayor confianza y seguridad a sus operarios.
5. El sistema propuesto nos da la posibilidad de que los equipos tengan la capacidad de comunicarse a través de una red y de este modo trabajar en sistemas jerarquizados o distribuidos, permitiendo un mejor trabajo en los niveles técnicos y administrativos de los diques e incluso del SIMA.

IX. RECOMENDACIONES

Para investigaciones futuras se recomienda lo siguiente:

1. Realizar un tipo de control distinto al control ON/OFF con la finalidad de mejorar la precisión y la rapidez de acción de las bombas.
2. En la actual tesis solo controlamos las bombas, se debe investigar el control que se realizara con la finalidad de incluir en el control el manejo de las válvulas.
3. La tecnología usada para este proyecto es un controlador lógico programable, con la finalidad de mejorar la tecnología se podría utilizar una computadora industrial con un sistema embebido o un PAC (Controlador de Automatización Programable).
4. Este sistema de control se podría utilizar para el achique automático de las sentinas de todo tipo de embarcaciones marítimas, como por ejemplo embarcaciones pesqueras, fragatas de guerra o corvetas misileras.

5. El tipo de sensor a utilizar en el sistema no necesariamente tiene que ser un sensor de presión, se podría plantear un sensor tipo radar, radar por onda guiada o del tipo capacitivo, el cual se debe realizar un estudio de factibilidad, con la finalidad de no realizar un mantenimiento constante.

X. BIBLIOGRAFIA

1. D. Bailey and E. Wright. Practical SCADA for industry. IDC Technology. Elsevier, 2003.
2. IEEE Standards Coordinating Committee 21. IEEE Guide for Monitoring, Information Exchange, and Control of Distributed Resources Interconnected with Electric Power Systems. IEEE Std. 1547.3TM-2007, pages 1–158, november 2007.
3. Antonio Creus Solé, "Instrumentación industrial", vol. 8, pp. 63-88 , 499-638, 2011.
4. ANSI/ISA-50.00.01-1975 (R2002) compatibility of Analog signals for Electronic Industrial Process Instruments
5. SCADA systems Merging with Distributed control, George J.Blickley, control En-gineering, febrero 1988.
6. Control de Procesos Industriales – Criterios de Implantación, Antonio Creus, colección productica, Marcombo, S.A., 1988
7. Universidad Nacional Experimental del Táchira.Dpto. Ing. Electrónica, Tito González, 23 Jun 2011, Control de dos posiciones, Control P. 1 / 26
8. Ramón Piedrafita Moreno "Ingeniería de la Automatización Industrial". Edición alfaomega 2001
9. Bradley allen, sistemas de cable DEVICE NET, www.rockwell.com

ANEXOS

- Cronograma de Actividades.
- Presupuesto del trabajo de Investigación.
- Matriz de consistencia.

ANEXO 01

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de Actividades está relacionado con las etapas de la investigación.

PROYECTO DE TESIS													
Título: Modernización del sistema de supervisión y control del dique 104 del SIMA													
Actividades	Año	Meses											
		O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	
1. Planteamiento del Problema	2012	X											
2. Elaboración del Marco Teórico	2012		X										
3. Calidad de Suministro	2012			X	X								
4. Influencia y Análisis de la sobre tensión eléctrica.	2013					X	X						
5. Metodología de Diseño	2013							X					
6. Resultados	2013								X				
7. Discusión de Resultados	2013								X				
8. Edición del Trabajo	2013									X			
9. Presentación de los Resultados Sustentación	2013									X	X	X	

ANEXO 02

PRESUPUESTO

1. Asesoría.....	S/. 1000.00
2. Materiales.....	S/. 500.00
3. Útiles de Escritorio.....	S/. 500.00
4. Impresión.....	S/. 800.00
5. Asesoría.....	S/. 1000.00
6. Otros.....	S/. 2000.00
TOTAL.....	S/. 5300.00

ANEXO 03

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p style="text-align: center;">MODERNIZACION DEL SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL DEL DIQUE 104, DEL SIMA</p>	<p>¿Cómo afecta la deficiencia de la supervisión y el control en el dique 104?</p> <p>¿Tendremos un sistema moderno que permita mejor eficiencia en el control del dique?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Monitorear y controlar las maniobras realizadas del dique 104 para el ingreso y egreso de las embarcaciones.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Proponer una modernización del sistema de supervisión y control de todos los diques del sima.</p> <p>Demostrar que con un gasto menor de inversión en el mantenimiento de los diques se puede llegar a automatizar sus sistemas.</p>	<p>HIPOTESIS PRINCIPAL</p> <p>Es factible realizar un sistema SCADA para la supervisión y el control del dique flotante 104 del sima.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lectura de los sensores • control de las válvulas de llenado y achique del dique flotante • Lectura del software SCADA. <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Movimiento del mar. 	<p>Medida de los sensores.</p> <p>Control de nivel de las válvulas.</p> <p>Software SCADA.</p> <p>Niveles de Marea.</p>