



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Instituto de Tecnologías**

**Programa de Especialización  
Tecnología Electrónica**

**PROYECTO DE GRADO**

**Cambio de Arrancador Estrella Delta Por Arrancador Suave ABB  
PST72-600-70 en un Sistema de Automatización**

Previa a la obtención del Título de:

**TECNOLOGO ELECTRONICO**

Presentado por:  
Juan José Paso Mosquera.

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2014**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a dios por darme todas las fuerzas y voluntad para cumplir mis metas y jamás rendirme en este largo camino, agradezco infinitamente a mi mami Belinda y a mi papi Héctor que con sus consejos han sabido siempre animarme para jamás desfallecer en todas las cosas que me he propuesto, agradezco a los compañeros que siempre estuvieron dispuestos a corregir mis errores y a debatir mis ideas agradezco a mi esposa y a mis hermanos por estar siempre apoyándome a su manera.

Agradezco a mis profesores por haber tenido paciencia con este servidor y por haber dado todo su esfuerzo para transmitirme sus conocimientos.

Agradezco a los conserjes que siempre estuvieron atentos para colaborar con las herramientas y laboratorios para poder realizar mis trabajos Dios bendiga a cada una de las personas que de alguna u otra manera contribuyeron con un grano de arena a la obtención de este título millón gracias hasta siempre.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, a mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos, en especial a mi mami Belinda que nunca perdió la fe en mí.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar, a mi esposa quien ha sido y es una mi motivación, inspiración y felicidad.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



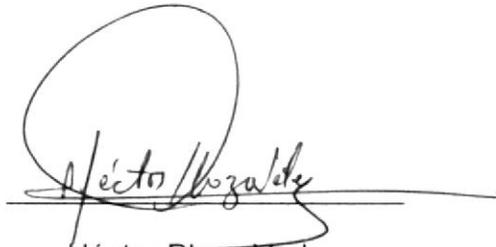
Eloy Moncayo Triviño, MSc.

Presidente



Camilo Arellano Arroba, Lcdo.

Director del Proyecto



Héctor Plaza V., Ing.

Vocal

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesina, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”.

Reglamento de Graduación de ESPOL



---

Juan José Paso Mosquera

## Resumen

Este trabajo se realizó en la estación Guayacanes AA.SS de la empresa Interagua, con el propósito de mejorar el sistema de arranque de las bombas, ya que se presentaban problemas con los contactores y otros elementos que hacen parte del arranque estrella delta por la razón de haber cumplido su ciclo de vida, por esto la empresa opto, en vez de comprar contactores y demás partes, comprar un arrancador suave que minimice la cantidad de elementos en el panel de la estación y nos dé un mayor control de la bomba con una protección segura.

En el capítulo 1 de este trabajo, se expone las generalidades, los objetivos, general y específico más la justificación del tema.

En el capítulo 2 se refiere a la operación del sistema anterior, dando una idea de los pros y contras del arrancador estrella delta y los problemas presentados.

En el capítulo 3 se menciona la descripción del arrancador suave mencionando todas las cualidades y funciones que tiene el arrancador, luego se expone las características del Plc 1100 y la configuración del programa RSLogix ambos de ALLEN BRADLEY y así explicar cómo se conecta en línea con el PLC utilizando el programa de comunicación Rslinx que es el interface para poder descargar los programas.

En el siguiente tema del capítulo 3 se expone el reconocimiento de las entradas y salidas del PLC y de los permisivos que permiten el funcionamiento del sistema de control.

En el mismo capítulo 3 se expone el diagrama de control que se conecta a las entradas o bornes del arrancador suave, se adjunta el esquema de fuerza y se explica las conexiones que se realizan, también se menciona las características eléctricas de la bomba, se muestra el porqué de la elección del arrancador suave y la forma correcta de configurarlo, mostrando los parámetros básicos de configuración y una explicación de cada valor escogido en las opciones.

Es muy importante conocer la lógica de control para realizar este trabajo.

## ÍNDICE

### CAPITULO 1

#### **1 GENERALIDADES.**

1.1	Introducción.	3
1.2	Objetivos.	4
1.3	Justificación.	4

### CAPITULO 2

#### **2 OPERACIÓN DEL SISTEMA ANTERIOR.**

2.1	Arranque estrella delta.	5
2.2	Problemas presentados.	7

### CAPITULO 3

#### **3 REQUERIMIENTOS Y DISEÑO PARA EL MONTAJE DEL ARRANACADOR SUAVE.**

3.1	Descripción del arrancador suave ABB.	8
3.2	PLC Allen Bradley.	9
3.3	Comunicación de PC a PLC.	14
3.4	Identificación de entradas y salidas.	17
3.5	Desarrollo del esquema de control.	21
3.6	Esquema de fuerza.	23
3.7	Características eléctricas de la bomba.	24
3.8	Selección y configuración del arrancador ABB.	25
3.9	Configuración de la protección.	32

#### **4 Conclusiones.**

#### **5 Recomendaciones.**

#### **6 Bibliografía.**

#### **7 Anexos.**

## CAPITULO 1

### 1 GENERALIDADES.

#### 1.1 Introducción.

El contenido de este trabajo está orientado al reconocimiento de un sistema ya implementando, para efectuar cambios en el mismo, es importante unir todas las condiciones que implican el funcionamiento de este sistema, no solo analizar la parte electrónica y eléctrica, sino ver más allá y visualizar un todo completo para no omitir las cosas que por más sencillas que parezcan son de vital importancia. En el trabajo se menciona la introducción los objetivos y la justificación de nuestro proyecto en este trabajo se muestra el orden que se debe seguir para realizar un cambio de sistema siguiendo los parámetros normales y tomando en cuenta las condiciones necesarias para realizar el trabajo de una manera correcta.

Nos dirigimos a analizar el sistema existente para en base a este poder efectuar los cambios y las implementaciones necesarias comparando los dos sistemas de arranque, también damos una explicación del funcionamiento del arranque estrella y a los problemas que se presentan utilizando este sistema.

Seguiremos los pasos a seguir para empezar a efectuar los cambios, empezando desde el reconocimiento del PLC que es una parte fundamental en el funcionamiento de cualquier sistema automatizado y se realiza esquemas de control y de fuerza que son los segundos puntos más importantes en el desarrollo de un sistema de control como el que hemos implementado.

No damos menos importancia al arrancador suave, pues en este trabajo nos referimos a la configuración y a la selección según los parámetros eléctricos que presenta la bomba para seleccionar un arrancador ideal para nuestro sistema.



## **1.2 Objetivos.**

### Objetivo General:

Mejorar el funcionamiento de la bomba, tener un mayor control, mejorar el monitoreo de la misma y modernizar la estación que cuenta con un arranque estrella delta que ya ha cumplido su tiempo de vida útil.

### Objetivos Específicos:

- tener una mayor protección para la bomba.
- Minimizar los daños ocurridos en las bombas.
- Eliminar gastos de mantenimientos y compra de elementos que forman parte del arranque estrella- delta.

## **1.3 Justificación.**

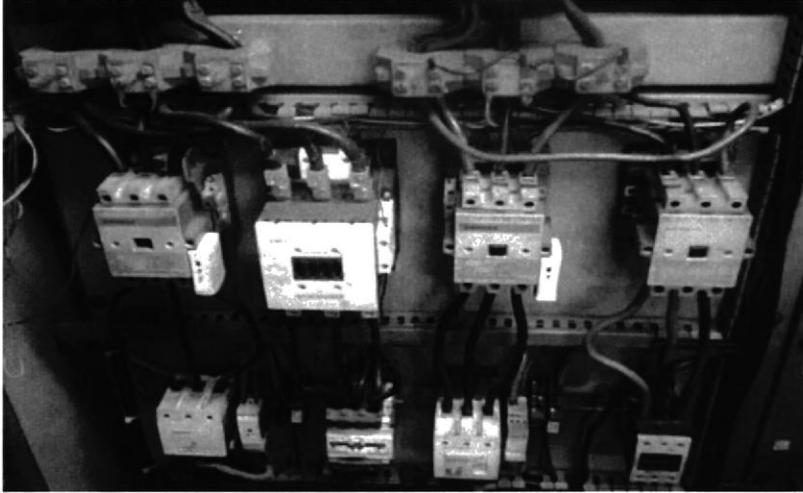
En países modernizados cuentan con sistemas cien por ciento automatizados en sus sistemas de tratamiento de aguas residuales, elevando así la eficiencia del servicio que se brinda a la ciudadanía, es verdad que se eleva el costo al implementar sistemas modernos, pero se mejora el servicio y se protege eficientemente al motor bomba o cualquier otro equipo electro-mecánico al cual se le quiera implementar un sistema de arranque con arrancador suave y si se protege más, entonces nos va a dar como resultado el ahorro de dinero ya que se mermara las veces que el motor bomba u otro equipo sea llevado a talleres para cambios de rodamientos impulsores dañados u otros problemas presentados, siento este gasto ahorrado justificable para realizar la inversión de cambiar a sistemas de arranques con arrancador suave.



## CAPITULO 2

### 2 OPERACIÓN DEL SISTEMA ANTERIOR.

#### 2.1 Arranque estrella delta.



**Figura 1.**Arranque estrelle delta.

La característica principal para ejecutar el arranque de un motor en estrella-delta **Figura 1**, es que cada una de las bobinas sea independiente y sus extremos sean accesibles desde la placa del motor y otros detalles importantes. El arranque comienza en estrella, generando una tensión en cada bobina del estator  $\sqrt{3}$  veces menor que la nominal, con una reducción de la corriente nominal.

Una vez que el motor alcanza entre el 70 y 80% de la velocidad nominal, se desconecta la parte estrella para conmutar a la configuración delta, en este momento el motor opera en condiciones nominales, sometido a una intensidad pico de muy poca duración, la que no llega al valor pico de 2.5 veces la corriente nominal, la que se alcanzaría si se ejecutara el arranque directo **Figura 2**, en la que se observa el pico que alcanza en algo más de 0.1 segundos luego de la cual se estabiliza y alcanza su operación normal.

Este método de arranque reduce la tensión en 3 veces la tensión nominal de la máquina y la corriente se reduce en esta misma proporción, los Torques eléctricos

se reducen a un tercio del torque a tensión nominal. Este procedimiento es uno de los más económicos, pero es necesario disponer de un sistema adecuado de tensiones que permita la conexión delta de la máquina durante el régimen permanente. El cambio de conexión se realiza cuando la máquina alcanza el deslizamiento de operación en la conexión estrella. La orden de cambio puede ser dada por un temporizador, si se conoce la inercia de la carga o el tiempo de aceleración a tensión reducida. Si el cambio de conexión se realiza antes de que las corrientes disminuyan, el arrancador pierde efectividad. El tiempo total de arranque con este dispositivo es aproximadamente tres veces mayor que el arranque en directo de la máquina, esto es importante al momento de especificar las protecciones del motor.

#### Características

El arranque estrella-delta no requiere auto-transformador, reactor o resistencia. El motor arranca conectado en estrella y funciona conectado en delta.

#### Desventajas:

Transición abierta y bajo torque.

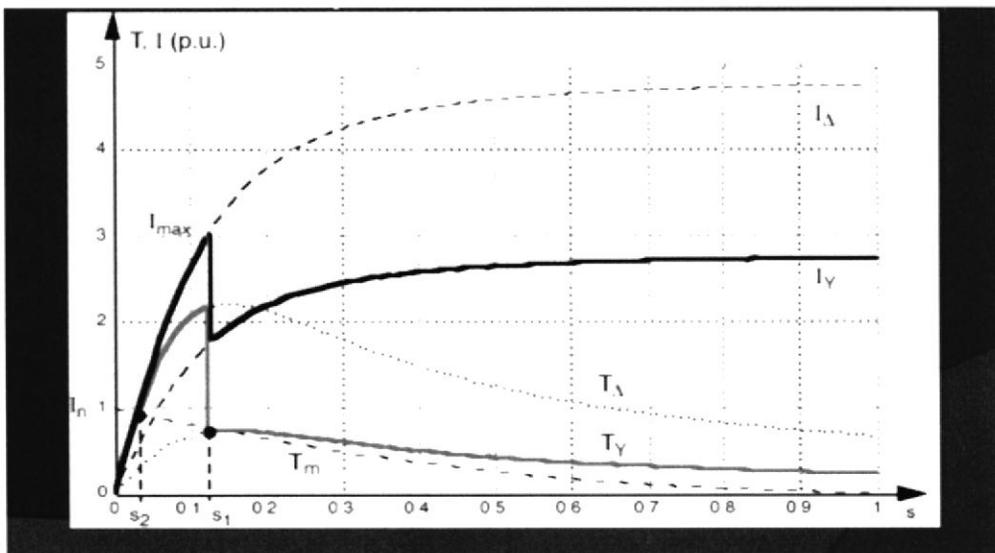


Figura 2. Curva de arranque estrella delta.

## **2.2 Problemas presentados.**

En la EMPRESA se nos presentaban problemas con los arrancadores estrella delta, ya que los contactos móviles y fijos tienden a sufrir desgastes por motivo de su trabajo constante. En un mantenimiento preventivo rutinario un compañero detiene la marcha de las bombas para proceder a megar las bobinas, al momento de volver a encenderlas no se había percatado de que un contactor se había quedado pegado y al mandar a encender se produjo una explosión que reventó el contactor, probablemente la temperatura al que estuvo expuesto el contactor lo terminó fundiendo y pegándolo, provocando tremendo cortocircuito. También otros estudios demuestran que cuando esto ocurre es probable que las protecciones térmicas no estén dimensionadas.

No sólo es el problema de los daños que sufren los contactos móviles y fijos de los contactores, además sufrían continuos daños a los relés temporizados que igualmente por su constante activación y desactivación, cumplían rápidamente su tiempo de vida útil.

Otro de los problemas que se presentaba con los arranques estrellas delta es que ocupan mucho espacio y cuando se quería incorporar un nuevo equipo a la estación, era difícil encontrarle una ubicación por lo grandes que son los tableros que contienen estos arrancadores.

Es importante también introducir en los problemas que cuando un contactor ha tenido un corto, y al querer ser reutilizado pues la curva de funcionamiento ya no será la misma, por eso es importante tener siempre los contactores en óptimas condiciones.

## CAPITULO 3

### 3 REQUERIMIENTOS Y DISEÑO PARA EL MONTAJE DEL ARRANACADOR SUAVE.

#### 3.1 Descripción del arrancador suave ABB.

El arrancador suave PST72-600-70 (ver en el **Anexo 0.2**), es un arrancador basado en un microprocesador diseñado con la tecnología más moderna para el arranque y parada suave de motores de jaula de ardilla. El arrancador suave incluye en esta serie, varios elementos avanzados de protección del motor.

Este arrancador se ha diseñado para su uso con o sin contactor de bypass, excepto en los modelos más grandes, PSTB370...1050, en los que el contactor de bypass está ya integrado, tiene un rango de corriente que va de 30 a 1.810 amperios, el voltaje máximo es de 600 voltios con 45kw y 60HP máximos. En casos de emergencia, es posible arrancar el motor de forma directa con este contactor (tenga en cuenta los valores nominales).

El teclado del frontal del arrancador suave se ha diseñado de forma que sea lo más fácil de usar posible, con una pantalla de texto bien definida. Es posible elegir entre 13 idiomas de usuario.

El arrancador suave puede controlarse de cuatro formas:

- Controlado por entradas de hardware
- Control por teclado (local)
- Interfaz de comunicación con el bus de campo
- Teclado externo (opcional)

Los ventiladores integrados para la refrigeración sólo se accionan durante las rampas (arranque/paro) y cuando la temperatura del disipador de calor es excesiva.

### 3.2 PLC Allen Bradley.

El PLC Allen Bradley de la familia de Microloxic presenta una gama de modelos de PLC que facilitan el trabajo en cualquier tipo de automatismo que queramos implementar en las diferentes áreas donde se requieran.

La familia de software de programación de lógica en escalera Rslogix fue actualizada para optimar el desarrollo de proyectos de automatización industrial, ahorrando tiempo en el desarrollo del proyecto. Este software ha sido elaborado para trabajar con el sistema operativo Microsoft® XP SERVIPACK II.

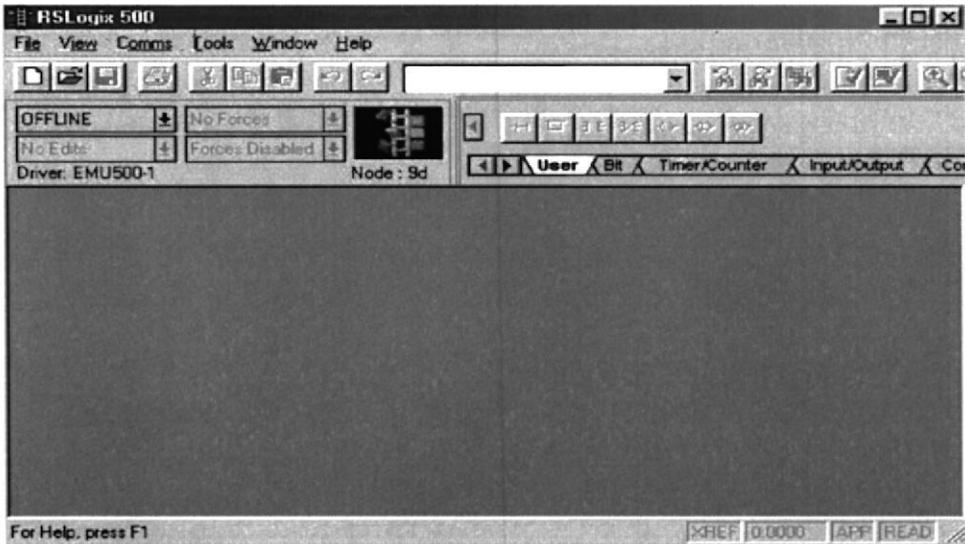
Proporciona el soporte para la programación de los PLC de Allen Bradley tipo SLC500 y Microloxic.

Ejecute el programa Rslogix **Figura 3**, que se encuentra en:

Inicio>Programas>Rockwell

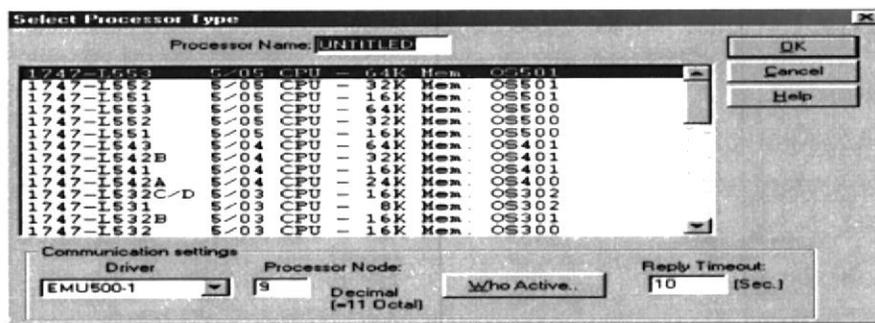
Software>Rslogix 500 English>Rslogix 500 English, apareciendo la siguiente

Ventana: las imágenes de la sección 3.2 son tomadas del programa con la opción imprimir pantalla.



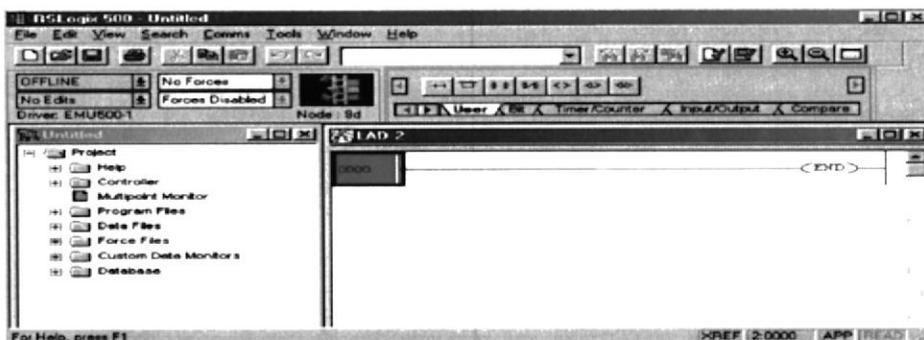
**Figura 3.**Software RSLogix.

RSLogix está basado en proyectos. Los proyectos son un conjunto completo de archivos asociados con su programa lógico. En la barra de menú, haga clic en "File" y en el menú que se despliega seleccione "New" o directamente dé clic en el icono. Se abrirá una ventana **Figura 4**, indicándole que seleccione el procesador del PLC que utilizará en el desarrollo del programa y mostrándole la lista completa de procesadores de Allen Bradley que soporta la versión del software en la siguiente pantalla.



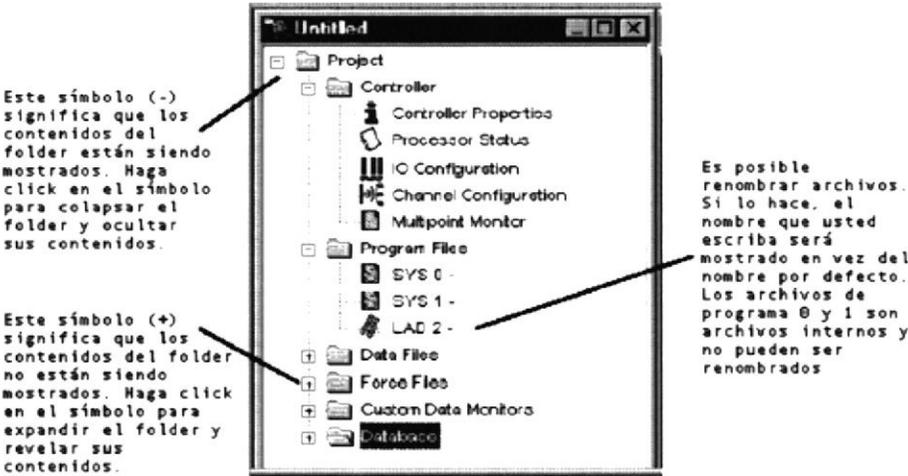
**Figura 4.**Select Processor Type.

Una vez escogido el procesador se habilitan diferentes opciones y ventanas en la pantalla principal del Rslogix500 **Figura 5** la cual se muestra a continuación. Se pueden observar 3 ventanas diferentes: la parte superior que corresponde a ventana de configuración y selección de las instrucciones, la ventana de la izquierda que corresponde al "árbol del proyecto" y la ventana de la derecha que es donde se edita el programa de usuario a través de lenguaje en escalera.



**Figura 5.**Pantalla principal.

Según el tipo de procesador seleccionado se creará el “árbol del proyecto”. Este árbol de proyecto es el punto de acceso para sus archivos de programa, tablas y bases de datos y se muestra en la **Figura 6**.



**Figura 6.**Árbol del proyecto

Igualmente, dependiendo del procesador se habilitan las diferentes instrucciones que pueden soportar, las cuales se organizan según su tipo en la barra de instrucciones, **Figura 7**.



**Figura 7.**Barra de instrucciones.

Una vez que haya abierto un proyecto, se tiene que definir el chasis, identificar tarjetas de E/S especificando su posición de ranura en el chasis, y seleccionar una fuente de poder para cada rack en su configuración. Para realizar esta tarea, en la ventana del “árbol del proyecto” se abre la carpeta controller y se da doble clic sobre la opción I/O configuration, para tener acceso a la siguiente ventana. **Figura 8**.



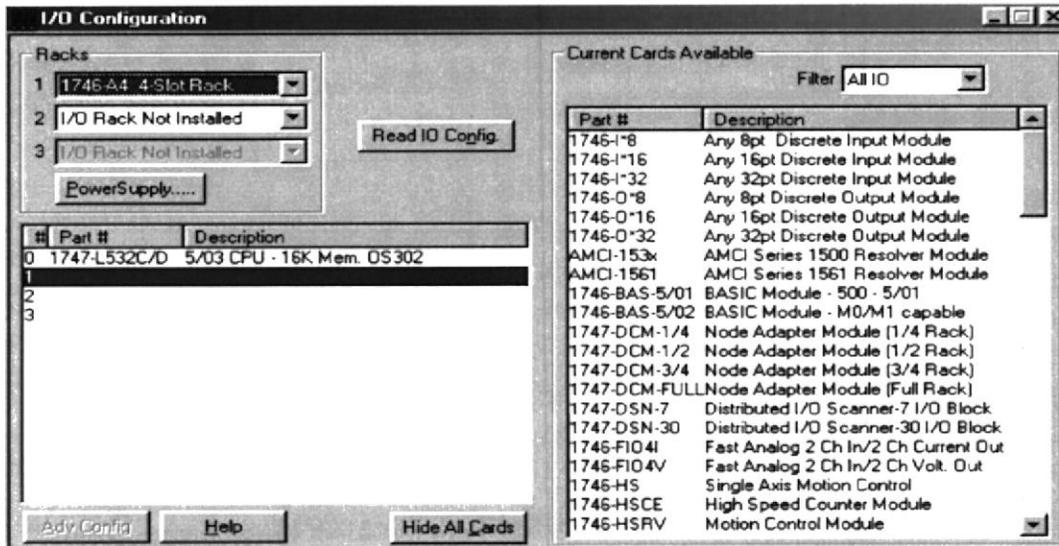


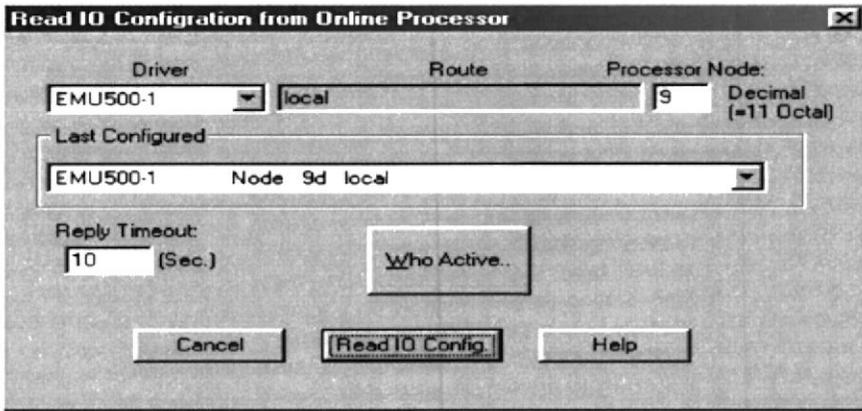
Figura 8. I/O Configuration.

En la parte derecha está la lista de todos los módulos de I/O discretos, analógicos y especiales de Allen Bradley soportados por la versión del Rslogix 500. En la parte superior izquierda se pueden escoger los tipos de racks existentes dependiendo del número de slots necesarios para su aplicación (4, 7, 10 o 13), así como la expansión a 3 racks soportada por Allen Bradley. Igualmente, allí se escoge el tipo de fuente de alimentación seleccionada para su PLC.

En la parte inferior izquierda de la ventana anterior se muestra la configuración del Rack y la ubicación de los módulos para cada slot, se observa que en el slot 0 ya está relacionado el controlador del PLC. Para adicionar los módulos de I/O basta con seleccionar el módulo en la lista de la parte derecha y dar doble clic sobre él, teniendo en cuenta el slot que ha seleccionado en el rack.

Finalmente, cierre la ventana de configuración de I/O y se tiene los módulos configurados. Algunos procesadores, desde el SLC 5/03 C/D en adelante, soportan lectura de la configuración de I/O en línea con el PC, para lo cual se utiliza el botón "Read IO Config" (mostrado en la figura anterior), detectándose automáticamente los módulos que están presentes en el controlador. Al hacer click en este botón se

abrirá una ventana que tiene como función seleccionar el PLC al cual se le va a realizar la lectura de las tarjetas de I/O **Figura 9**.



**Figura 9.**Read I/O configuration.

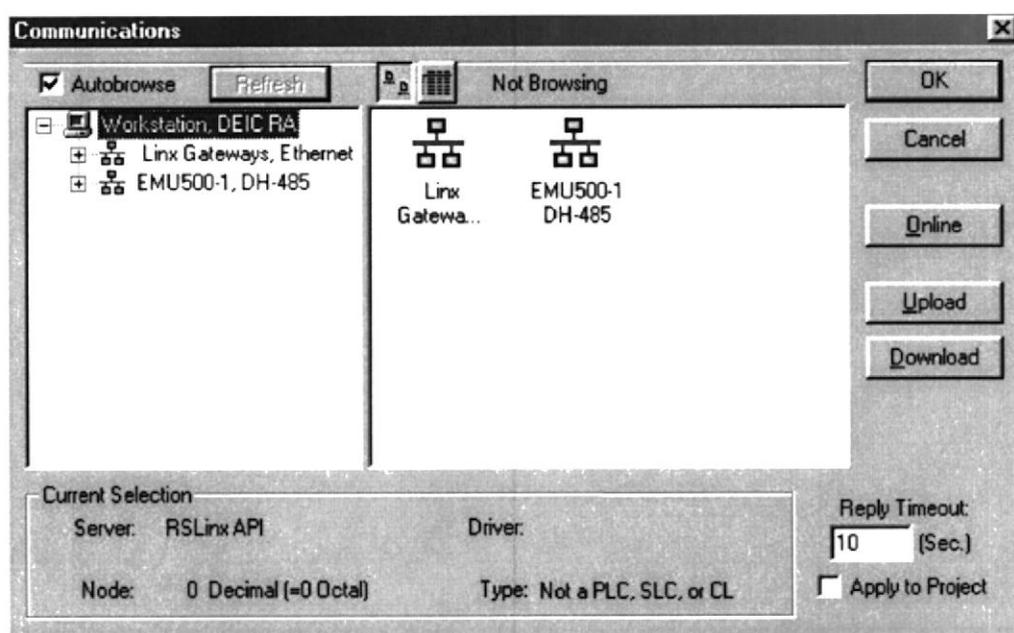
Para seleccionar el PLC existen 2 formas exactamente válidas:

A. Configure en la caja Driver la información del driver a través del cual tiene conectado el PLC, en el espacio Processor Node coloque el número del nodo 6 que usted le ha asignado en al PLC y posteriormente dé clic en la opción Read IO Config.

B. Seleccione la opción "Who active", abriendo una ventana en la cual puede seleccionar el controlador conectado a la red sobre el cual ejecutará el auto detección de módulos. Simplemente seleccione el controlador deseado y chequee la casilla de verificación "Apply to current Project", luego haga clic en Aceptar. Nuevamente, al dar clic en la opción "Read IO Config" el programa procederá a auto detectar los módulos conectados al controlador.

### 3.3 Comunicación de PC a PLC.

Este es un aspecto muy importante debido a que la configuración que establezca en este paso se mantendrá con el proyecto y será aplicado cuando intente descargar cualquier programa lógico, en la barra de menú principal del Rslogix 500 **Figura 10** haga clic en “Comms” y en el menú que se despliega seleccione “System Comms”. Las imágenes de la sección 3.3 son tomadas del programa con la opción imprimir pantalla.



**Figura 10.** Comunicación.

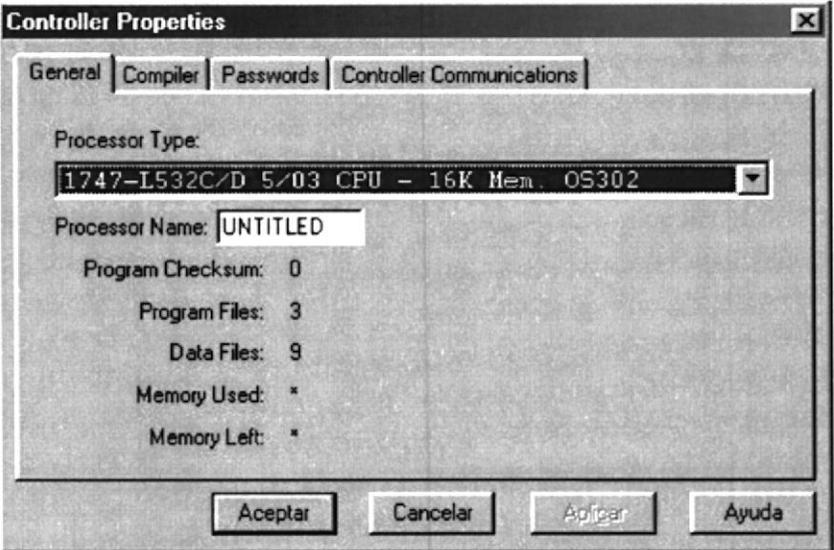
Desde esta ventana seleccione el PLC con el cual desea trabajar en el proyecto buscándolo en su driver respectivo. A través de esta ventana se puede ir a línea con un PLC que se encuentre conectado al PC a través de cualquier driver que se haya configurado por medio de la selección del PLC y dando clic en la opción Online, igualmente se puede realizar el Download (Descarga) de un programa de 7 usuario previamente verificado a un PLC seleccionado o el Upload (Carga) de un programa residente en un PLC a un archivo de Rslogix 500.

**IMPORTANTE:** En todas las opciones relacionadas anteriormente es necesario validar la casilla Appy to Project que se encuentra en la ventana.

Este proceso solo es necesario realizarlo una vez debido a que después se puede recurrir a las funciones directas de Download, Upload y Go Online presentes en la ventana principal del Rslogix 500.

En el desarrollo de los proyectos de automatización es frecuente tener que realizar actualizaciones a los procesadores de los PLC's o cambios en la configuración de las comunicaciones, por ejemplo: después de validado un programa a través del Software de emulación de PLC's Rslogix Emulate se procede a realizar el Download de dicho programa al PLC real presente en el proceso.

Para realizar estos procesos e incluso para asignarle Passwords a los programas en Ladder, proceda a abrir la carpeta controller en la ventana del "árbol del proyecto" y dé doble clic sobre la opción controller properties, para tener acceso a la siguiente ventana **Figura 11**.



**Figura 11.**Propiedades del controlador.

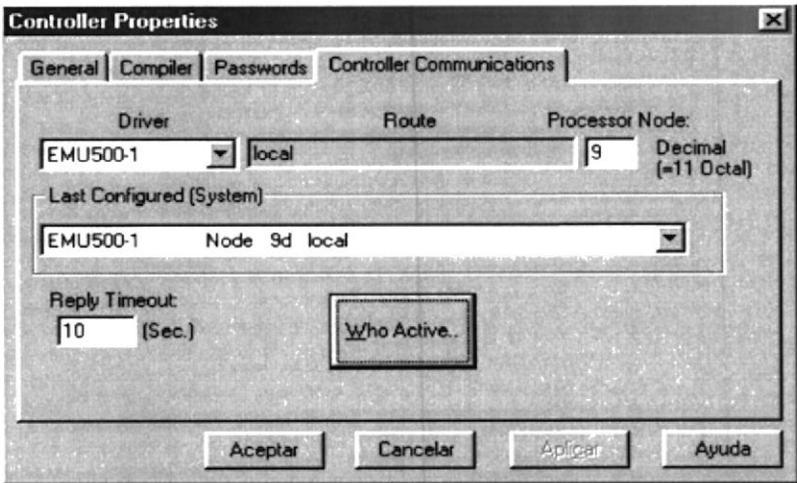
Se puede observar que la ventana tiene cuatro pestañas para diferentes configuraciones, las cuales en su orden son: General, Compiler, Passwords y Controller Communications.

En la opción General se puede realizar el cambio de procesador en el momento que se requiera, aunque es importante anotar que dicha modificación puede

generar errores en el programa sobre todo si se realiza un cambio a un procesador con inferiores características porque existen comandos que ciertas versiones no pueden procesar y esto traería problemas en los programas ya establecidos, se puede colocar un nombre al procesador del PLC.

La opción de Passwords es inmediata y muy familiar debido a que se solicita el nuevo password y la verificación del mismo.

La opción de Controller Communications es muy importante debido a que a través de ella se puede cambiar el PLC de destino del Download del programa o cambiar el driver de comunicaciones al proyecto. Esta ventana es familiar debido a que es la misma en la que se ha trabajado la lectura de la configuración en línea de los módulos de I/O del PLC **Figura 12.**



**Figura 12.**Controladores de comunicación.

Indispensable dar clic en la opción Aplicar, ubicada en la parte inferior de la ventana.

### 3.4 Identificación de entradas y salidas.

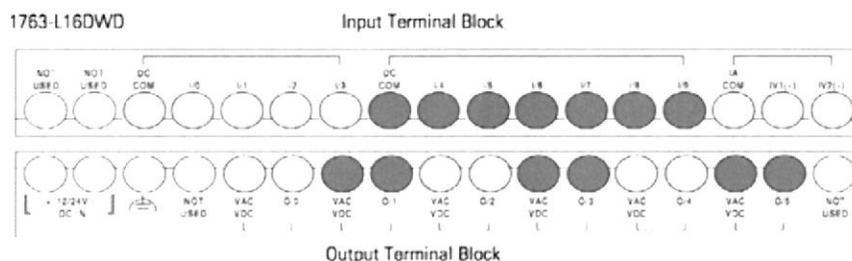


Figura 13. Terminales de entrada v salida.

Para realizar una identificación de las entradas digitales en el programa primero debemos reconocer físicamente las entradas digitales del PLC.

Las entradas digitales tienen una alimentación de 12 a 24 Vdc y el neutro se conecta en los COM, que son los comunes observamos en la **Figura 13**, dos comunes si deseamos utilizar todas las entradas simplemente tenemos que puentear estos comunes podemos observar la imagen del PLC en el **Anexo 0.3**, las imágenes mostradas en la sección **3.4**, son tomadas del manual PLC 1100 y tomadas con la opción imprimir pantalla desde el programa.

Las salidas de relé que observamos simplemente son contactos normalmente abiertos que se cerraran según las condiciones que debe cumplir el programa y según los permisos que deben activarse para cerrar el contacto y así activar la salida que energizara una bobina, que activara contactos en un relé que a su vez activaran tal vez otra bobina que arrancara una motor una banda o cualquier otro equipo eléctrico observamos las entradas del módulo de expansión digital en la **Figura 14**, que se uniran al plc mediante un puerto de comunicación y a su vez el puerto a colocar, tendrá un puerto para poder expandir las entradas o salidas del PLC.

Podemos colocar módulos de entradas o salidas analógicas, módulos de entradas digitales y módulos de salidas de relé.

17  
DIB.  
L. ESCOBAR

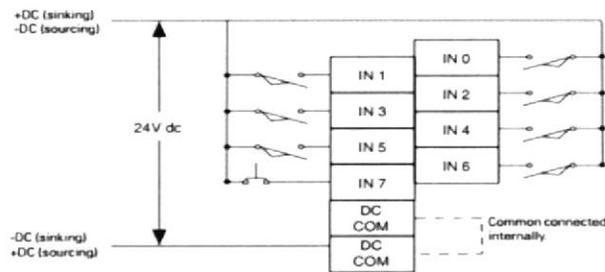


Figura 14. Entradas del módulo digital.

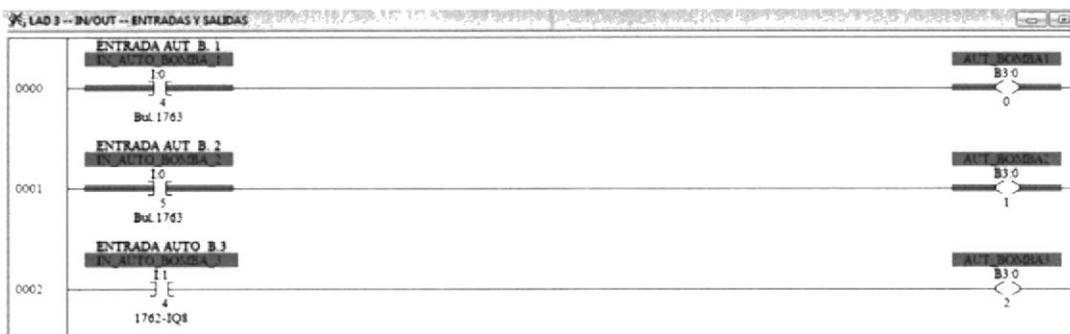


Figura 15. Entradas de automáticos.

La imagen en la **Figura 15**. muestra las tres entradas para el automático de sistema de control a su vez llega a las bits o marcas que son los que se utilizarán para realizar los permisos y toda la programación para que el programa realice lo que nosotros deseemos.

En las siguientes imágenes se muestran las entradas correspondientes a las boyas flight que son parte importante para la automatización del sistema.



Figura 16. Entrada boya bajo-bajo.

Esta entrada **Figura 16**, es una de las más importantes en el sistema ya que es una especie de permisivo para que puedan encender las bobas si esta entrada no se activa las bombas no encenderán.



**Figura 17.**Entrada boya de bajo.

Esta es la entrada de la boya de bajo **Figura 17**, con esta boya encenderá una de las tres bombas cualquiera que esta sea ya que el programa está hecho para que los grupos de bombeo alternen.



**Figura 18.**Entrada boya de alto.

La siguiente imagen corresponde a la boya de alto con esta boya encenderán dos de las tres bombas sin importar su orden. **Figura 18.**

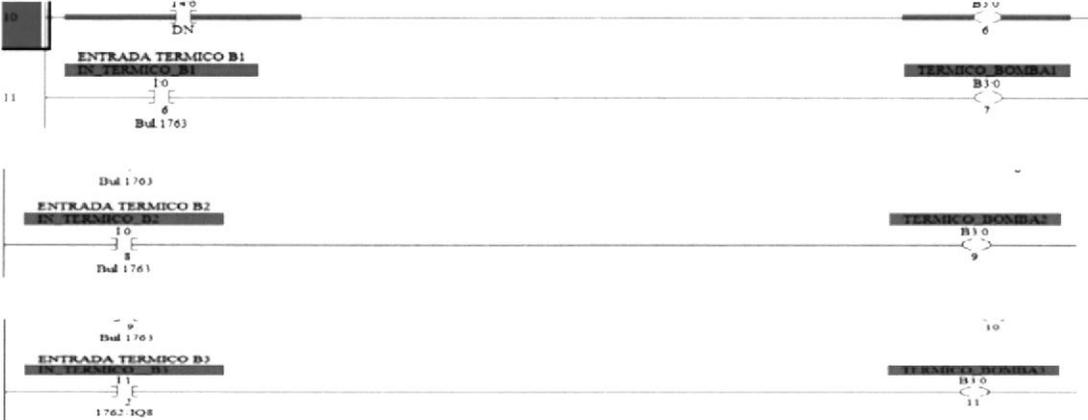


**Figura 19.** Entrada de boya alto-alto.

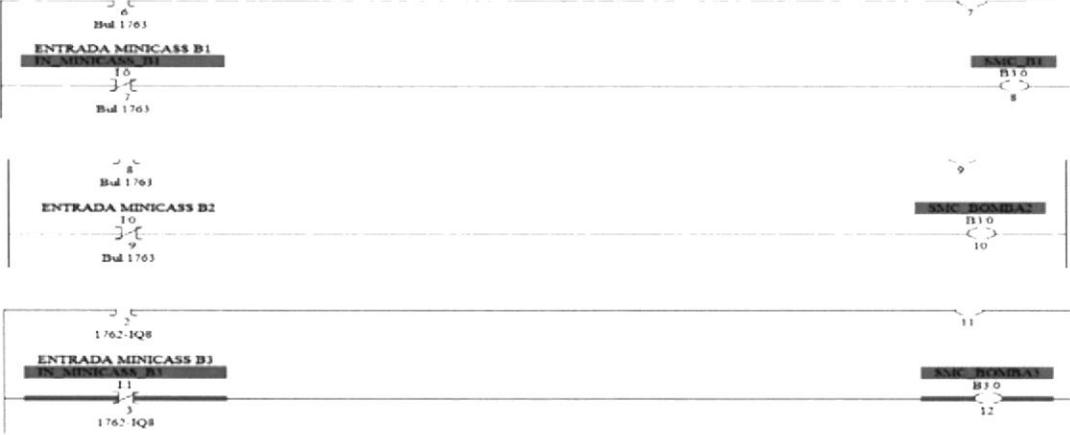
Esta es la entrada de la boya de alto-alto **Figura 19**, la cual indicara que el nivel esta alto y que a su vez activara la tercera bomba y así serán tres las bombas encendidas.

Observamos en la **Figura 20**.Las entradas de los térmicos los cuales son señales de 24 Vdc que se envían de un contacto que es activado o desactivado por la

activación del relé térmico que pertenece a cada grupo como nosotros vamos a reemplazar el contacto del 95-96 del relé térmico del grupo 3 debemos enviar desde el arrancador la señal para que se active un relé que es el que llevara la señal al PLC figura de los relés en el **Anexo 0.4**



**Figura 20.** Entradas señales de térmicos.



**Figura 21.** Entradas señales minicass.

En la **Figura 21**, podemos observar las entradas de los minicass, el minicass es la electrónica de los sensores de las bombas flyght esta electrónica censa un T1 y un T2 que vienen de los sensores de la bomba y a su vez abren 2 contactos uno para la temperatura y el otro para detectar agua en el aceite figura del minicass en el **Anexo 0.5**

### 3.5 Desarrollo del esquema de control.

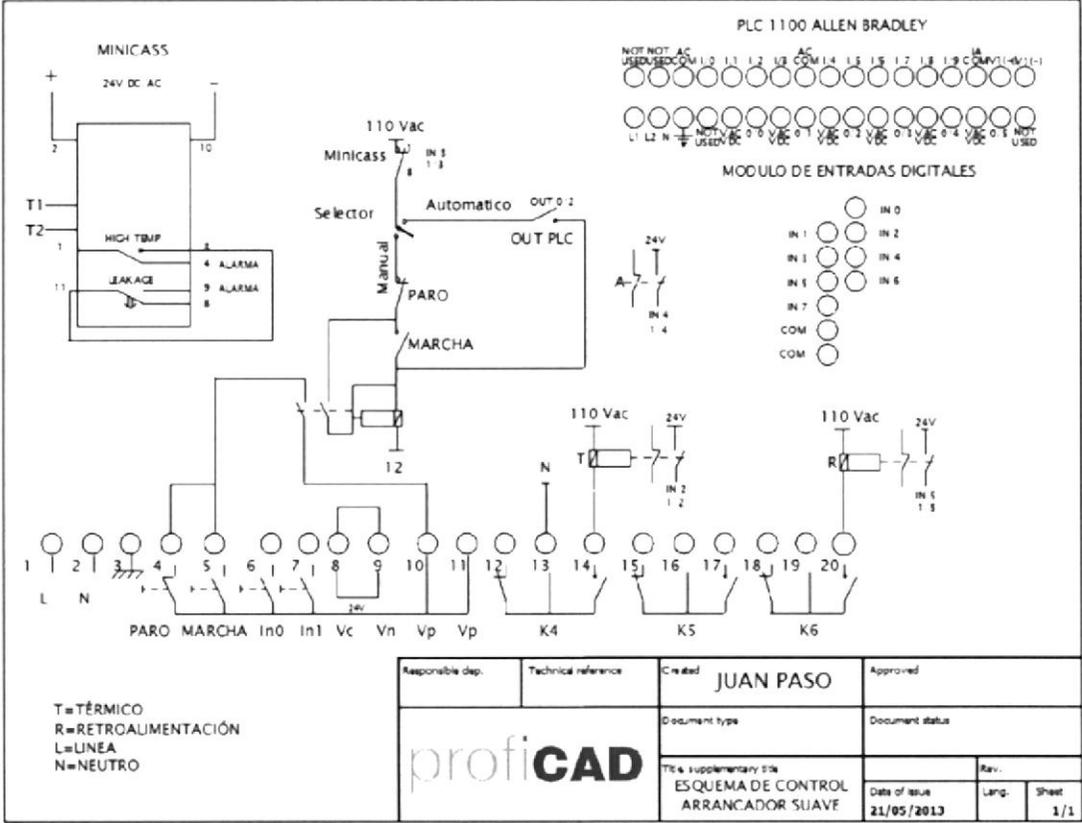


Figura 22. Esquema de control.

En la Figura 22, se observa el esquema de control para la activación del arrancador suave, para la activación se utilizó un relé de 110Vac que será centro de partida. Hay un pulsador de paro y uno marcha, que son los que activaran y desactivaran el control si observamos será un propio contacto del relé quien enclavara la marcha en donde se enviara la señal de activación para el arranque y con el stop se desenclavara cortando la señal de entrada.

En el mismo relé observamos en la parte inferior un número 12 pues este es nuestro térmico que es un contacto de relé del arrancador que esta previamente programado para su activación en caso de algún problema térmico.

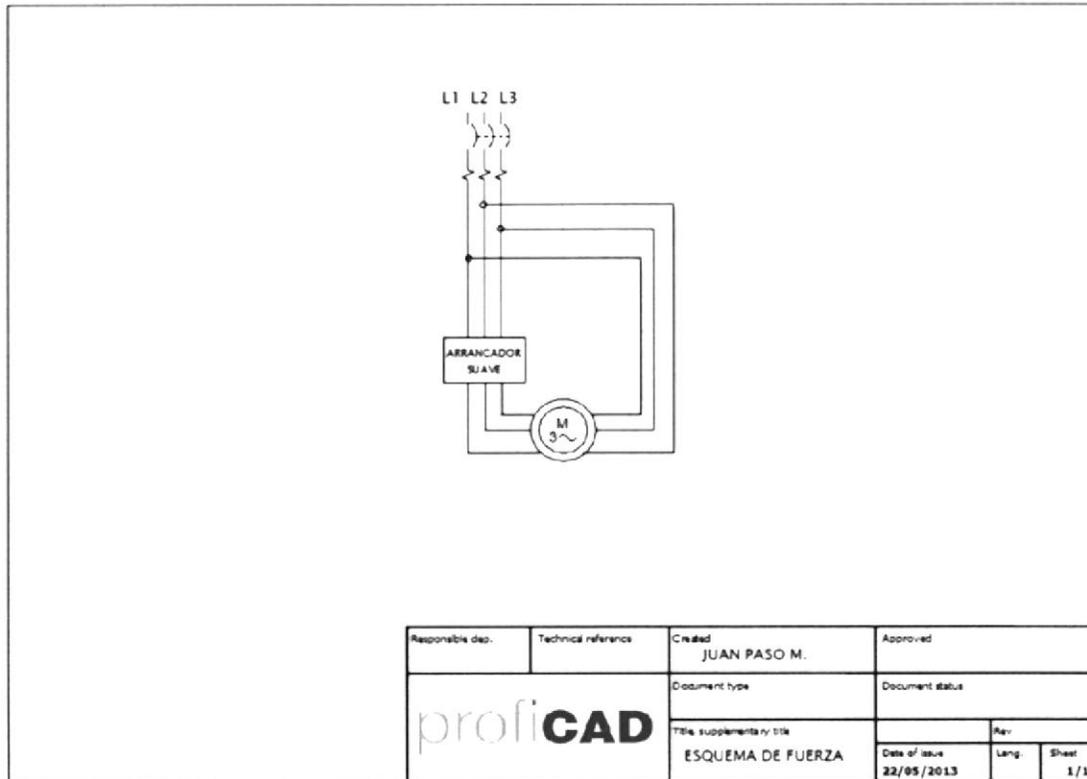
Más arriba observamos el selector donde se activara el manual y el automático, en este selector se encuentran contactos normalmente abiertos o cerrados que se encargan de enviar señales al PLC que le indicaran el estado del control de la bomba así como otras señales.

La activación del automático se realizara cogiendo una salida de relé del PLC y colocando su entrada en el contacto de salida del minicass y su salida se conectara en A1 del relé de activación, el encendido de la salida de relé del PLC se realizara previo a los permisos que deben cumplirse y a la lógica de activación del programa.

Debajo de los contactos se coloca la dirección de las entradas digitales correspondientes a cada permiso y se hace un bosquejo de las entradas del PLC para que puedan ser identificadas, adicional se coloca el módulo de expansión de las entradas analógicas si observamos la mayoría de las entradas corresponden al módulo de expansión.

En la parte superior izquierda se observa el minicass que es un dispositivo de control de las bombas Flight, donde se encuentran colocados dos sensores, uno para medir la temperatura y otro para comprobar si en la cámara de vacío de la bomba ha ingresado agua, estos sensores van colocados en T1 y T2, la conexión que se observa en el minicass es la que se realiza en todas las estaciones donde existen bombas Flight, si cualquiera de los dos contactos internos se abren porque ha sentido ya sea por temperatura o por agua en el aceite, mandará a detener al arrancador ya que el minicass tiene sus contactos conectados en serie al control, como un permiso más para la activación del arranque donde la entrada es el contacto 1 y la salida el contacto 8, (esquema realizado en el programa Proficad) .

### 3.6 Esquema de fuerza.



**Figura 23.** Esquema de fuerza.

En la **Figura 23**, se observa el esquema de fuerza la bomba FLYGHT. Cuenta con seis terminales de los cuales tres van a la salida del arrancador y los otros tres serán conectados en las líneas de entrada que no tienen que coincidir con las líneas de salida ya que sabemos bien lo que ocurriría si no es así, se utilizó cable de cobre número 6 para esta conexión.

En nuestra conexión de fuerza no colocamos el bypass de seguridad por ahorro de recurso siendo esto en lo personal algo que se debería incorporar en esta conexión de fuerza ya que esto representaría un mayor tiempo de vida útil del arrancador, figura de la conexión de fuerza en el **Anexo 0.6**.

En esta conexión delta hay que tomar la corriente nominal de la bomba y dividirla para  $\sqrt{3}$ , para ingresar el dato de corriente nominal en el arrancador, no así en la conexión en línea, (esquema realizado en el programa Proficad).

### 3.7 Características eléctricas de la bomba.

Para escoger un arrancador suave apropiado, es necesario conocer las características eléctricas de la bomba para acoplarlas a la curva del sistema ya que no es conveniente hacer un cambio sin antes tener toda la información técnica de los elementos existentes en una estación.

La bomba 3300 Flight ver **Anexo 0.7**, tiene una corriente nominal de 79 A, una potencia de 60 hp que equivalen a 45 KW de potencia, 1475 rpm y una corriente de arranque de 540 Amperios, casi 7 veces la corriente nominal, tiene 3 pares de bobinas, un total de 6 en su exterior posee 6 puntas con las cuales se realiza la conexión delta en su exterior, tiene un voltaje único de entrada de 460Vac, la cual puede ser conectada en sistemas de arranque estrella delta y con arrancador suave, esta bomba no puede ser arrancada con un arranque directo salvo con modificaciones en su conexión interna, datos de parámetros en la estación en la **Figura 24**, imagen tomada de la estación de bombeo.

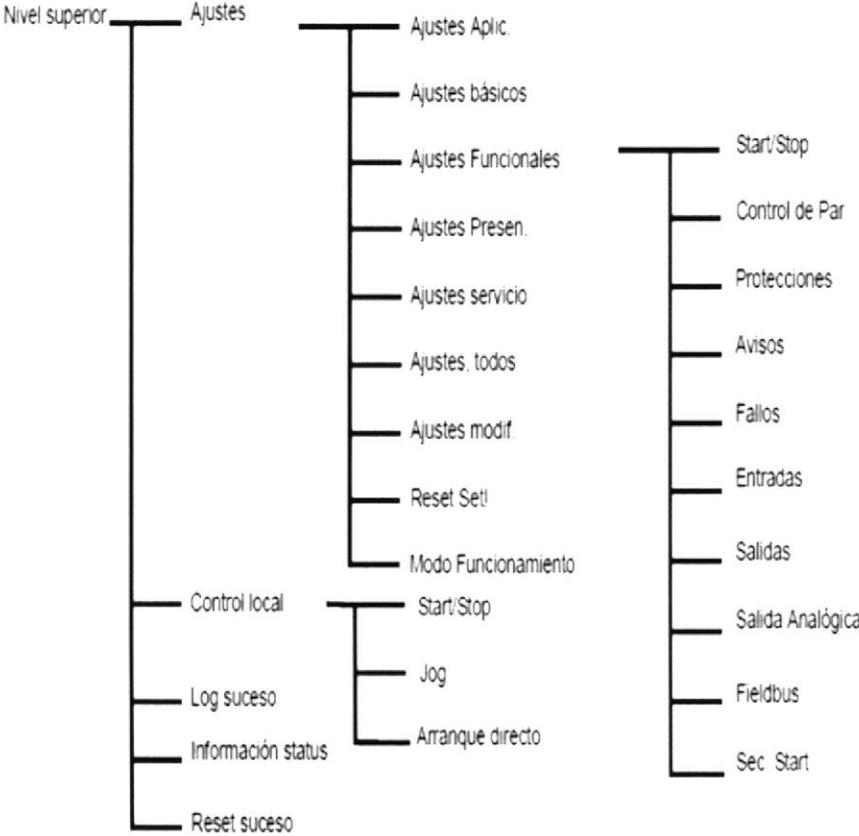
SECUNDARIO DE BOMBA EN POSICION ON.  
VOLTAJE EN LAS TRES FASES 220 - 240 V.  
EN POSICION AUTOMATICO.  
AJUSTAR EL AMPERAJE HASTA QUE SE ESTABILICE.

	BOMBA No. 1	BOMBA No. 2	BOMBA No. 3
Amperaje (A)	55 - 100	55 - 100	55 - 100
Voltaje (V)	440 - 480	440 - 480	440 - 480

DE DOS MINUTOS NO SE ESTABILIZA EL AMPERAJE DE  
RO APAGAR LA BOMBA Y COMUNICAR A JEFATURA D  
ER IGUAL PARA EL ENCENDIDO DE LA BOMBA No. 2 y

Figura 24. Parametros eléctricos.

**3.8 Selección y configuración del arrancador ABB.**



**Figura 25.**Arbol de menús.

Para realizar una correcta elección del arrancador suave primero hay que observar las características eléctricas de la bomba, siendo el principal parámetro los caballos de fuerza o HP, una cosa muy importante es conocer las principales marcas en el mercado como son Allen Bradley, Siemens y ABB en este caso nos inclinamos por la marca ABB, por ciertas características del arrancador y por su sencilla configuración, imágenes de sección 3.8 tomadas de manual del arrancador.



### AJUSTES BÁSICOS

El menú Ajustes básicos observado en el árbol de menús **Figura 25**.contiene los parámetros de configuración, cada parámetro puede ajustarse separadamente.

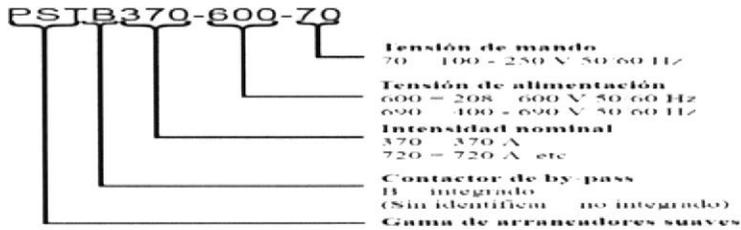
#### CORRIENTE NOMINAL AJUSTADA.

Seleccione la intensidad a la que se expone al arrancador suave, es decir, la intensidad nominal del motor si la unidad está conectada en línea. En el caso de las unidades conectadas dentro del triángulo, el valor de le debe corresponder a la intensidad del circuito de triángulo, es decir el 58% de la intensidad nominal del motor. Presione Guardar para guardar los datos después de ajustarla intensidad deseada.

#### CONTACTOR DE BY - PASS EXTERNO.

Cambie el parámetro a *Sí* si se utiliza un contactor de bypass externo. De lo contrario, seleccione *No*. Este parámetro no está disponible en el caso de los modelos PSTB370...1050 dado que éstos disponen de un contactor de bypass integrado.

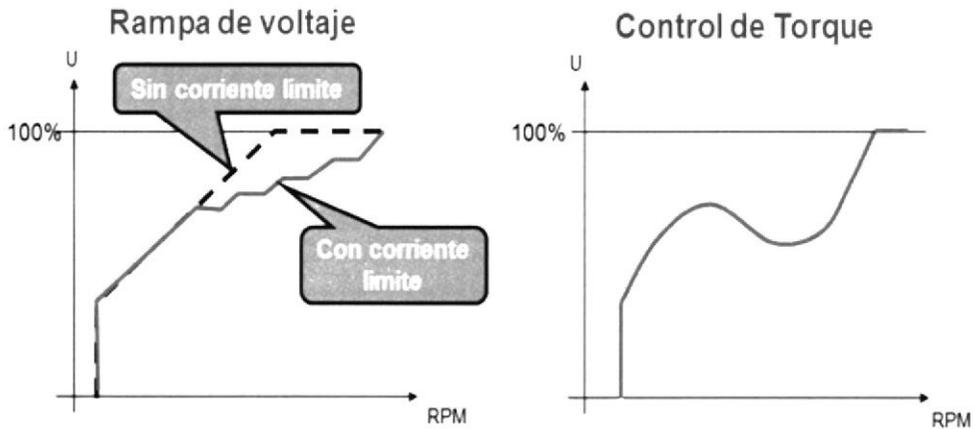
Presione *Guardar* para guardar la información. En este caso nuestro arrancador no posee un bypass interno y es conveniente colocar uno para protección de accidentes por parte de personal de mantenimiento y para reducir la disipación de potencia del arrancador recomendado por ABB.



**Figura 26.**Serie de arrancador con bypass integrado

En las series donde aparezca la letra B delante del PST quiere decir que ya tiene el contactor de bypass integrado ejemplo en la **Figura 26**.

TIPO INICIO.



**Figura 27.**Rampas de voltajes en arranque.

Como se observa en la figura de la izquierda, el voltaje se incrementa linealmente hasta que actúa la corriente límite, como sabemos el control por voltaje solo controla el voltaje mas no la velocidad, en cambio como observamos en la figura de la derecha, se observa un control completo pues en control por torque va a controlar la velocidad y la aceleración en un cien por ciento ayudando esto a evitar los picos y por ende disparos de protección cuando se presenten atascamientos de la bomba o variaciones de voltaje.

Posible incrementar y mantener el voltaje en un lapso de tiempo

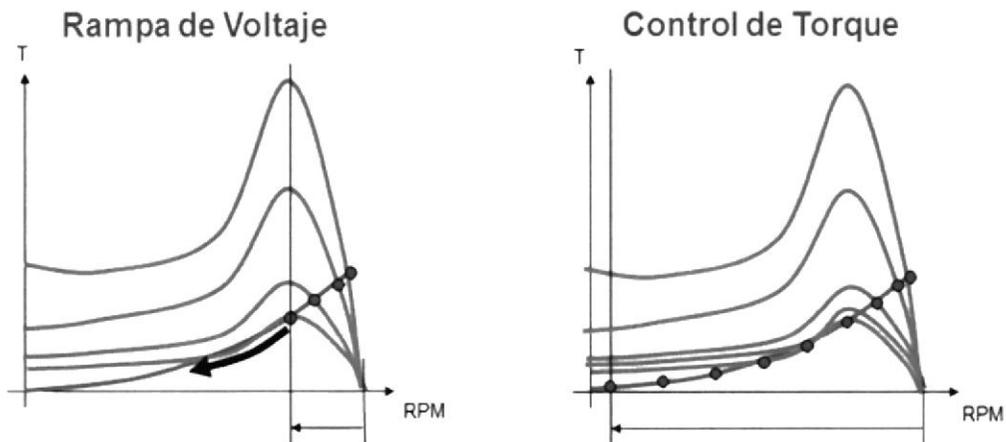
Voltaje totalmente controlado (tanto el aumento y disminución) = controlando el torque de salida del motor.

Seleccione el tipo de rampa que se utilizará durante el arranque. Las opciones posibles son:

- V volt
- Par

Presione **Guardar** para guardar los datos después de ajustar el tipo de rampa de arranque, gráficos de rampa de voltajes en el arranque en la **Figura 27**.

TIPO PARO.



**Figura 28.**Rampas de voltaje y torque en la parada.

Como observamos si nosotros escogemos la opción de control por voltaje, observamos lo que ocurre con el torque en la figura de la izquierda. no tenemos totalmente controlada la parada, hay un punto en donde se frenara con una cierta aceleración y esto podría dar problemas ya que esto podría producir golpes de ariete que afectarían a nuestro sistema, en cambio en el control por torque observamos una parada completamente controlada.

Seleccione el tipo de rampa que se utilizará durante el paro Las opciones posibles son:

- V volt
- Par

Presione *Guardar* para guardar los datos después de ajustar el tipo de rampa de paro, gráficos de rampa de voltaje y torque en la parada en la **Figura 28**.

#### *RAMPA ARRANQUE.*

Permite especificar el tiempo de rampa para el arranque en nuestro caso 4 segundos, el tiempo de arranque dependerá de la clase de protección que se necesite dependiendo del tipo de carga, en nuestra bomba será de clase 10 donde entra el grupo de las bombas centrifugas. Presione *Guardar* para guardar el tiempo de la rampa de arranque.

#### *RAMPA DE PARO.*

Permite especificar el tiempo de rampa para el paro (parada suave). Recuerde que esta función sólo debe utilizarse en aplicaciones que tienen momentos de inercia reducidos, por ejemplo, bombas y cintas transportadoras (si transporta materiales frágiles). se recomienda el mismo tiempo de arranque en la parada.

Presione *Guardar* para guardar el tiempo de la rampa de paro.

#### *TENSIÓN INICIAL (UINI).*

Permite cambiar el nivel de tensión inicial.

Presione *Guardar* para guardar la tensión inicial, esta tensión viene predetermina con 40% si más baja es esto hará que el pico sea menor, este valor es mejor probarlo haciendo Yoguín, si la bomba no arranca hasta un 60% esto es señal de que algo está pasando.

#### *TENSIÓN FINAL (UF).*

Permite cambiar el nivel de tensión final, presione *Guardar* para guardar la tensión final.

Este parámetro nos sirve para controlar el nivel de tensión final de trabajo si no queremos que los tiristores no se abran en 100% podemos hacerlos abrir antes de este valor, se recomienda un 100% (valor nominal del motor).

LIMITACIÓN DE INTENSIDAD (I LIM).

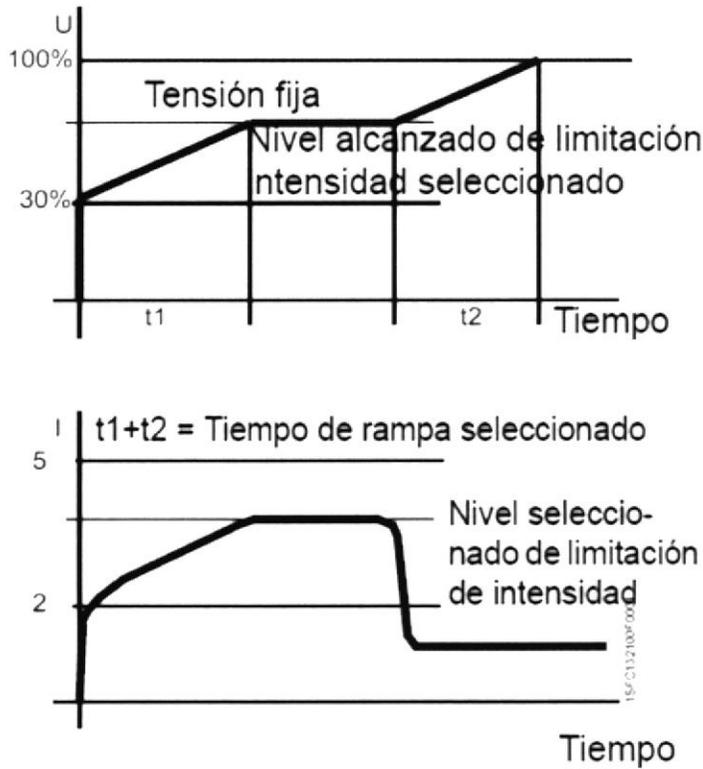


Figura 29. Curvas de corriente y voltaje limite.

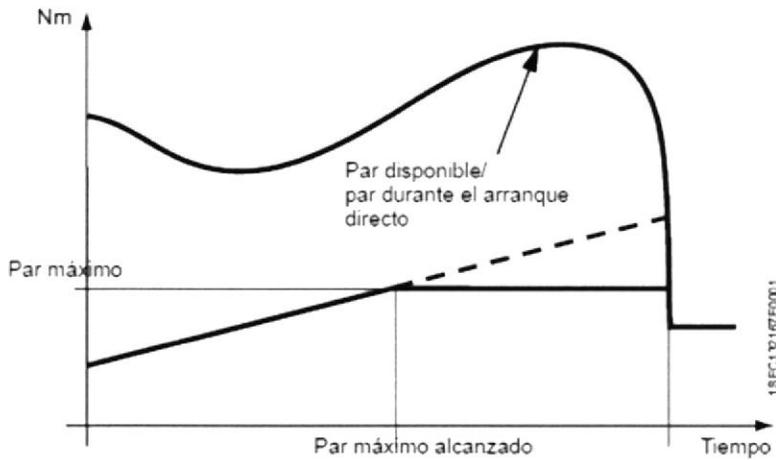
Permite especificar el nivel de limitación de intensidad para el arranque.

Es posible limitar la intensidad inicial mediante esta función, cuando se alcanza el límite de intensidad, la tensión de salida permanece estable hasta que el nivel de intensidad se reduzca por debajo del límite. Después continúa el proceso de rampa.

La intensidad inicial debe ser la suficiente para permitir que el motor alcance la velocidad nominal. La intensidad más baja que se permite depende del rendimiento del motor y de las características de la carga.

Presione *Guardar* para guardar el límite de intensidad regulable entre 2 y 7 veces la corriente nominal o de trabajo se recomienda utilizar el valor predeterminado que es de  $4 \times I$  de trabajo, curvas de corriente y voltaje limite, **Figura 29**.

### LÍMITE DE PAR (PAR MÁXIMO).



**Figura 30.** Curva de límite de par máximo.

Es posible limitar el par de arranque mediante este parámetro. Cuando se alcanza la limitación de par, la tensión de salida permanece estable hasta que el par se reduzca por debajo del límite. Después continúa el proceso de rampa.

Observamos en la **Figura 30**, la curva de par máximo donde el torque se mantiene lineal hasta que interviene la limitación y se hace constante entonces es aquí que el voltaje se mantendrá estable.

Seleccione el límite de par como un porcentaje del par nominal calculado. Este parámetro no está disponible si Tipo Inicio tiene el valor V volt. Presione *Guardar* para guardar los datos después de ajustar el límite de par.

$P = \text{potencia} / M = \text{par motor} / \omega = \text{velocidad angular}$ ,  $P = M \cdot \omega$  entonces  $M = P / \omega$

Ya conocen los rpm que son 1745 llevados a radianes equivalen a 182.7 rad/s.

Entonces  $M = 45000 \text{ W} / 182.7 \text{ rad/s}$ .  $M = 246.30 \text{ N}\cdot\text{m}$

Este sería nuestro par máximo, en la selección se verá escoger un valor de 20 a 200% donde el 200% será el valor calculado, se recomienda trabajar con el 150%.

### 3.9 Configuración de la protección.

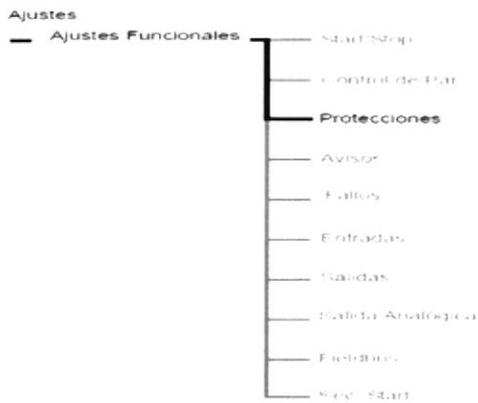


Figura 31. Protecciones.

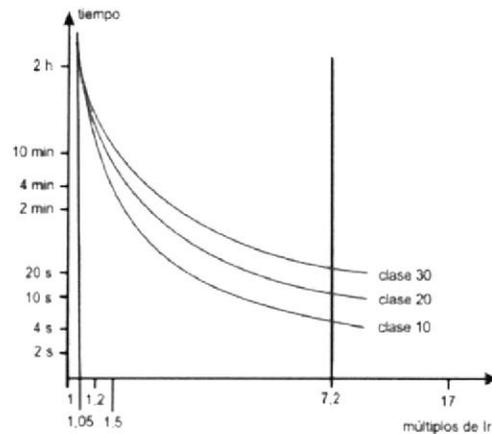


Figura 32. Clases térmicas.

#### Clase de sobrecarga (Clase SC)

Las clases de sobrecargas nos sirven para clasificar el nivel de protección térmica que deben tener los motores, ya que unos motores necesitan arrancar con un pico de corriente mayor a otros estando las bombas centrífugas y los compresores en la clase 10, ventiladores centrífugos, las mezcladoras, los agitadores y los molinos están en la clase 30.

Supongamos que tenemos un motor que se utiliza para una aplicación específica que necesita de un tiempo de arranque de 5 s; la elección de un dispositivo de protección térmica que forme parte de la clase de disparo 10A y 10 no sería idónea, ya que teóricamente en la fase de arranque a 2 s o 4 segundos, podría ya intervenir, por lo que se debe escoger necesariamente un relé de la clase 20 que no interviene hasta los 6 s, ver tabla de clases en el **Anexo 0.8**, consintiendo el arranque completo de la máquina curvas de disparo en la **Figura 32**.

En el menú de ajustes en la **Figura 31**. se encuentra el parámetro de *sobrecarga* o protección térmica, permite seleccionar el tipo de sobrecarga necesario para la aplicación. Están disponibles las opciones siguientes:



No/Normal/Dual

Presione Guardar para guardar el tipo seleccionado. Si se selecciona la sobrecarga "Normal", están disponibles los parámetros siguientes:

Seleccione la clase del relé de sobrecarga, están disponibles las clases siguientes:

10 A / 10 /20 /30

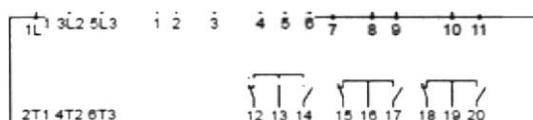
Presione Guardar para guardar la clase seleccionada. Tipo de funcionamiento con sobrecarga (F SC)

Seleccione qué tipo de funcionamiento debe usarse si se activa el relé de sobrecarga:

Stop–M El motor se detiene y se requiere un restablecimiento manual. Stop–A El motor se detiene y se realiza un restablecimiento automático. Ind. Sólo se indica.

Presione Guardar para guardar el funcionamiento seleccionado. Relés de protección vistos en la **Figura 33**.

Relés de salida 250 V de CA, (intensidad nominal térmica)  $I_{th} = 5 A$ , (intensidad nominal)  $I_e = 1,5A$  (AC-15).El arrancador cuenta con tres relés de salida programables que pueden usarse para distintos fines, dependiendo de la función seleccionada, e independientemente entre sí. El valor predeterminado del relé K4 es ON (Alimentación presente), el del relé K5 es Rampa completada y el del relé K6 es Suceso, se puede reprogramar el orden.



**Figura 33.**Relés de protección.

#### **4 Conclusiones.**

Este trabajo nos hizo tener un mayor control de la bomba teniendo como resultado un mantenimiento con un tiempo más alargado con relación a las bombas que tenían en arranque estrella delta. En si mi criterio personal es que si es cierto el arrancador suave nos brinda una mejor eficiencia en el rendimiento de la bomba de igual manera un arrancador suave tiene un mayor costo que el realizar un arranque estrella delta, además el ambiente agresivo que existe en las estaciones tiende a reducir el tiempo de vida de los arrancadores suaves.

Los arranques estrella delta son más fáciles de dar mantenimiento simplemente con limpieza y reemplazando contactos móviles y fijos si se llegara a dar el caso de que un contactor se dañara es de fácil reemplazo y el costo sería menor que el costo que implicaría cambiar alguna parte afectada de un arrancador suave.

El arrancador suave brinda un sistema de comunicación Ethernet que es conectado a la red del PLC y su vez es enlazado al SCADA, para tener un monitoreo remoto del funcionamiento de la bomba es por estas características que un arrancador suave sería importante para el monitoreo.

En la empresa se piensa reemplazar todos los arranques estrella delta por arrancadores suaves pero en lo general, las fallas que se nos presentan en estaciones de aguas servidas que tienen los dos tipos de arrancadores están a la par y la causa de esto es porque los gases afectan a la electrónica de los arrancadores siendo las fallas comunes en los arrancadores suaves las fallas por polos averiados o por SCR afectadas y daños en tarjetas de control por esta razón se está controlando los gases con mejoras en las estructuras de las estaciones.

## **5 Recomendaciones.**

Se recomienda colocar un contactor de bypass externo de protección para nuestro arranque, ya que quedarían energizadas tres líneas que forman la delta y podría causar un accidente al momento de querer megar las bombas, si es que personal nuevo o no capacitado procede a dar mantenimiento sin el conocimiento previo del funcionamiento y condiciones de la estación, en nuestro trabajo se omitió el contactor de bypass por falta de recurso estimando un tiempo de un mes para colocarlo.

En muchas de las estaciones se presentan problemas con el golpe de ariete, por eso se recomienda utilizar control de arranque de Par o Torque porque con el control por voltaje solo se controla el voltaje, pero en el control por Torque se controla la velocidad y la aceleración.

Es importante analizar todas las partes cuando se requiere hacer un cambio de este tipo ya que si nos damos cuenta de que algo salió mal al momento de estar ejecutando el trabajo, esto alargaría más el tiempo y los costos de nuestro proyecto.

## 6 Bibliografía.

ABB Revista

1/2002. [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/71098f33c3f41d0cc1256d89003dff30/\\$file/1sfc132003m0701.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/71098f33c3f41d0cc1256d89003dff30/$file/1sfc132003m0701.pdf)

Controladores Compact Logix, Manual de usuario (Febrero 2007)

<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/>.

ABB Automation Products, Cewe-Control manual

S-721 61 Vasteras (2006-11-09)

Suecia - <http://www.abb.com/lowvoltage>.

Rockwell Automation "1762-RM001D-ES-P, Controladores programables Microloxix 1200 y Microloxix 1500"; 2003.

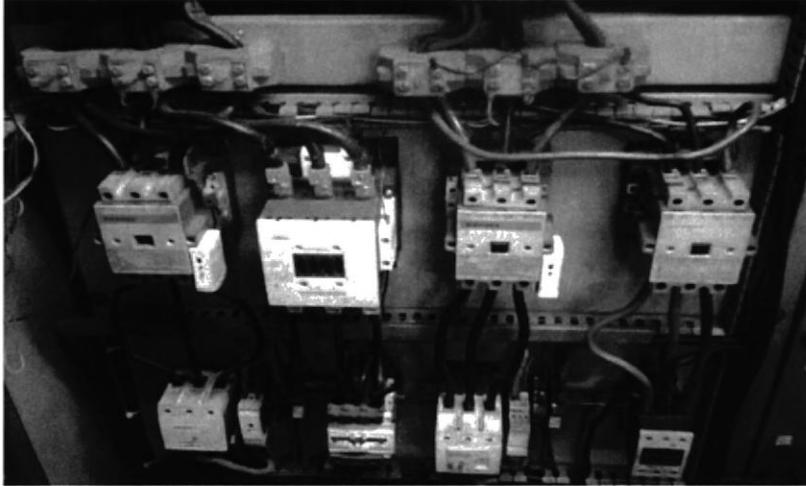
Instalación, servicio y mantenimiento Flyght, 3126/3140/3152/3170/3201/3300

[http://virtual.cocef.org/Estudios\\_Mexico/MXest51/Disco\\_1/Volumen\\_1\\_EB\\_01\\_38/Sccion6/3300\\_181.pdf](http://virtual.cocef.org/Estudios_Mexico/MXest51/Disco_1/Volumen_1_EB_01_38/Sccion6/3300_181.pdf)

Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 6 El motor asíncrono trifásico Generalidades y oferta de ABB para la coordinación de las protecciones



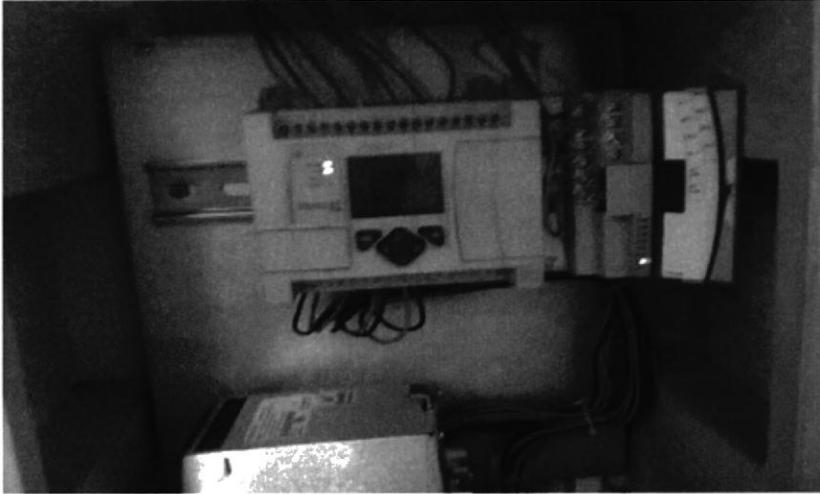
## 7 Anexos.



**Anexo 0.1.** Arrancadores estrella delta.



**Anexo 0.2.** Arrancador suave



**Anexo 0.3.**Plc 1100 Allen Bradley.



**Anexo 0.4.**Reles de protección.



**Anexo 0.5.**Minicass.



**Anexo 0.6.**Conexion de fuerza.



Anexo 0.7. Bomba Flygt 3300.

Clases de disparo	Tiempo de disparo $T_i$ [s] para 7,2 x lr	Tiempo de disparo $T_i$ [s] para 7,2 x lr (banda E)
2	-	$T_i \leq 2$
3	-	$2 < T_i \leq 3$
5	$0,5 < T_i \leq 5$	$3 < T_i \leq 5$
10A	$2 < T_i \leq 10$	-
10	$4 < T_i \leq 10$	$5 < T_i \leq 10$
20	$6 < T_i \leq 20$	$10 < T_i \leq 20$
30	$0,5 < T_i \leq 30$	$20 < T_i \leq 30$
40	-	$30 < T_i \leq 40$

Anexo 0.8. Tabla de clases.