

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

AUTOMATIZACIÓN DE MOLINOS DE CEMENTO

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

AXEL WOSBELY MENDIZÁBAL NEGRO

AL CONFERIRLE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 1,997

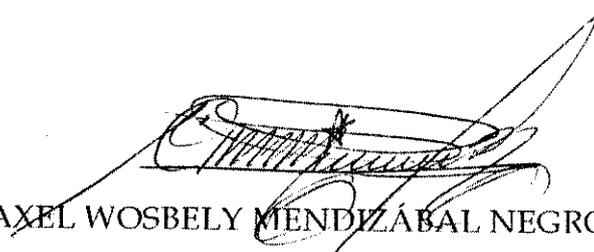
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con lo preceptos que establece la ley de  
la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su  
consideración mi trabajo de tesis titulado:

**AUTOMATIZACIÓN DE MOLINOS DE CEMENTO**

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica  
Eléctrica con fecha 15 de enero de 1,996. No. Ref. EIME.008.96.



**AXEL WOSBELY MENDIZÁBAL NEGRO**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1o.	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
VOCAL 2o.	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3o.	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4o.	Br. Victor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5o.	Br. Wagner Gustavo López Cáceres
SECRETARIA	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

---

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra
EXAMINADOR	Ing. Carlos Fernando Rodas
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala, 16 de junio de 1997.

Ingeniero  
José Luis Herrera Gálvez  
Coordinador Área de Electrotecnia  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ciudad Universitaria, Zona 12  
Guatemala.

Estimado señor Coordinador:

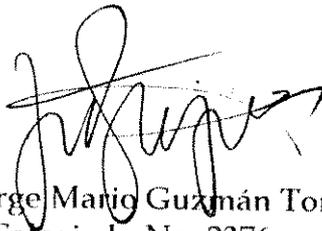
Por este medio me dirijo a usted para presentarle el trabajo de tesis titulado "Automatización de molinos de Cemento", desarrollado por el estudiante universitario Axel Wosbely Mendizábal Negro.

A mi juicio el trabajo cumple con los objetivos planteados, con un contenido interesante, útil y de actualidad. Por lo tanto, el autor de esta tesis y, yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Me es grato informarle que el presente trabajo de tesis me es completamente satisfactorio, por lo que me permito someterlo a su consideración y aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Jorge Mario Guzmán Torre  
Colegiado No. 2376  
Asesor.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 8 de julio de 1,997

Señor Director  
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado:  
Automatización de molinos de cemento, desarrollado por el señor Axel  
Wosbely Mendizábal Negro, ya que considero que cumple con los requisitos  
establecidos.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Luis Herrera Gálvez  
Coordinador Area Electrotecnia

JLHG/sdem.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

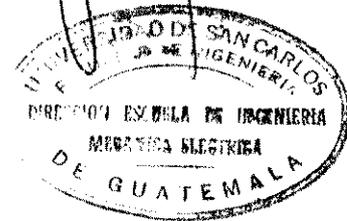
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Axel Wosbely Mendizábal Negro, titulada: **Automatización de molinos de cemento**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Miguel Ángel Sánchez Guerra  
Director

Guatemala, 14 de julio de 1,997.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



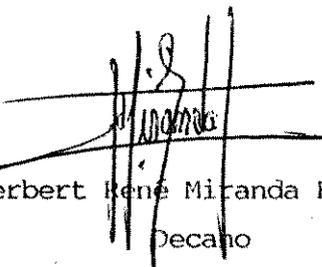
**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Automatización de molinos de cemento, del estudiante Axel Wosbely Mendizábal Negro, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

  
Ing. Herbert René Miranda Barrios  
Decano

Guatemala, 19 de agosto de 1,997.



## AGRADECIMIENTO

A Dios,  
al ingeniero Jorge Mario Guzmán Torre, por su asesoría;  
a Cementos Progreso S. A., por su colaboración;  
a mis hermanos, Karim Roxana y Mario Edgardo;  
a mis sobrinas, Rocksanda y Alejandrina;  
a mi padre Mario Mendizábal Chávez,  
a mis amigos, compañeros de estudio y compañeros de trabajo.

**DEDICO ESTA TESIS**

A: MI MADRE

María del Socorro Negro Godínez

por haber sido, a lo largo de mi vida; mi mayor apoyo, mi mejor consejera, mi guía, mi aliento e inspiración.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.	iii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.	iii
ÍNDICE DE TABLAS.	iv
GLOSARIO.	v
INTRODUCCIÓN.	vi
ANTECEDENTES.	1
1. Descripción del sistema antiguo de molienda de cemento.	1
2. Justificación del trabajo de automatización de los molinos de cemento.	2
I. OBJETIVOS.	4
1. Objetivos generales.	4
2. Objetivos específicos.	4
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	5
1. Definición del problema.	5
2. Delimitación del problema de molienda de cemento.	6
III. DESARROLLO DEL PROYECTO.	12
1. Estudio y análisis del proceso de molienda de cemento.	12
1.1. Molino de bolas.	12
1.2. Elevador de cangilones.	12
1.3. Separador.	12
2. Circuitos de molienda.	14
3. Recursos.	15
3.1. Recursos humanos.	15
3.2. Recursos físicos.	15
4. Consideraciones de diseño.	18
4.1 Equipos no automatizados, automatización central, automatización distribuida, lazos abiertos, lazos cerrados.	18
4.1.1. Equipos no automatizados.	18
4.1.2. Automatización central.	19
4.1.3. Automatización distribuida.	20
4.1.4. Lazos abiertos.	21
4.1.5. Lazos cerrados.	21
4.2. Especificaciones de los equipos utilizados.	21
4.2.1. Variadores electrónicos de velocidad.	21
4.2.2. Controlador para lazos PID.	23
4.2.3. Arrancador electrónico de estado sólido.	25
4.2.4. Pesadoras electrónicas.	27
4.2.5. Medidores digitales de potencia 3710.	27
4.3. El autómeta.	29
4.3.1. Descripción de los componentes básicos del sistema de control.	29
4.3.1.1. Chasis.	29
4.3.1.2. Fuente de Poder.	30
4.3.1.3. Controlador lógico programable.	30

4.3.1.4. Módulos discretos de entrada y salida.	31
4.3.1.5. Módulos analógicos de entrada y salida.	32
4.3.1.6. Panel View 1200 .	33
4.3.2. Ventajas.	35
4.3.2.1. Del controlador lógico programable PLC 5/60.	35
4.3.2.2. De los módulos digitales.	37
4.3.2.3. De los módulos analógicos.	37
4.3.3. Conexiones.	38
4.3.3.1. Flujo de señales por el sistema PLC5.	38
4.3.3.2. De los módulos digitales de entrada.	38
4.3.3.3. De los módulos digitales de salida.	38
4.3.3.4. De los módulos analógicos de entrada y salida.	43
4.4. Rediseño de los circuitos de control de cada equipo.	43
4.5. Materiales utilizados.	44
4.6. Equipo de instrumentación y medición.	48
4.7. Equipo de control de velocidad.	51
4.8. Entradas y salidas.	51
4.8.1. Análisis de entradas digitales.	53
4.8.2. Análisis de salidas digitales:	53
4.8.3. Análisis de entradas analógicas:	53
4.8.4. Análisis de salidas analógicas:	55
5. Ejecución del proyecto.	58
5.1. Montaje del equipo.	58
5.2. Entubado y canalización.	58
5.3. Cableado de señales analógicas y digitales hacia el autómata.	59
5.4. Conexión del equipo y del autómata.	59
5.5. Programación del autómata.	64
5.5.1. Secuencia de arranque.	64
5.5.2. Arranque en grupos.	67
5.5.3. Descripción de las pantallas.	68
5.5.4. El algoritmo PID.	75
5.5.5. Funcionamiento de los lazos de control.	75
5.5.6. Programa.	77
5.6. Puesta en marcha.	147
RESULTADOS.	149
CONCLUSIONES.	vii
RECOMENDACIONES.	viii
BIBLIOGRAFÍA.	ix

Gráfica 12. Desviación estándar de RI del molino 1083.	156
Gráfica 13. SO <sub>3</sub> del molino 1083 antes y después de la automatización.	156
Gráfica 14. Desviación estándar de SO <sub>3</sub> del molino 1083.	157
Gráfica 15. PF del molino 1083 antes y después de la automatización.	157
Gráfica 16. Desviación estándar de la PF del molino 1083.	158

### ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Especificaciones del controlador lógico programable PLC 5/60.	31
Tabla 2. Módulo de entrada digital modelo 1771 IAD.	32
Tabla 3. Módulo de salida digital modelo 1771 OW 16/B.	32
Tabla 4. Módulo de entrada analógica modelo 1771 IFE.	32
Tabla 5. Modulo de salida analógica modelo 1771 OFE2.	33
Tabla 6. Grupos de arranque de molino de cemento 1083-00.	56
Tabla 7. Grupos de arranque de molino de cemento 1084-00.	57
Tabla 8. Estadísticas de potencia consumida por los motores de los molinos.	153
Tabla 9. Estadísticas de calidad del cemento del molino 1083.	158

## GLOSARIO

**Blaine.** Superficie específica del cemento cuyas unidades son  $\text{cm}^2/\text{gramo}$  varía dependiendo del tipo de cemento que se produzca.

**Clinker.** Es el resultado de la reacción química que sufren las materia primas para la fabricación del cemento durante su cocción (calentamiento directo a la llama) dentro de hornos especiales a una temperatura de 1450 grados centígrados.

**Cuerpos molturadores.** Se utilizan dentro del molino tubular para proveer las fuerzas de choque y de fricción necesarias para la reducción de tamaño, por lo general se usan bolas que varían en tamaños desde 5/8" hasta 3 1/2" y son de una aleación de: cromo, acero, manganeso y tungsteno.

**Fineza 325.** Cantidad de material expresada en porcentaje que pasa por un tamiz 325 (malla de 325 agujeros / pulgada cuadrada, se ha determinado que cada agujero tiene 0.045 mm por lado).

**Molturabilidad.** Facilidad para moler un material.

**PF.** Abreviatura de pérdida al fuego. Porcentaje no mayor del 5 % de material y de humedad volatilizable al someter el cemento a una temperatura de 950 grados centígrados por 30 minutos.

**RI.** Abreviatura de residuo insoluble, indica el porcentaje de toba (arena volcánica) que no es disuelto en ácido ni en álcali, mejora la resistencia del cemento después de 15 días aproximadamente.

**Remote I/O scanner.** Provee comunicación remota de alta velocidad entre un procesador de control electrónico (PLC) y dispositivos de control e interfaces con el operador.

**SO<sub>3</sub>.** Concentración del ion sulfato en el cemento, el cual, proviene principalmente del yeso y determina el tiempo de fraguado del cemento. El valor óptimo debe estar entre 2 y 2.5% de ion sulfato.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los rengones más importantes de la economía de Guatemala es la producción de cemento, debido a que es un producto que genera una gran cantidad de empleos a nivel nacional, ya que no solo se benefician las personas que trabajan dentro de la empresa en los departamentos de producción, contabilidad, ventas, mantenimiento, compras etc.; sino que también los transportistas, revendedores, constructores y una considerable cantidad de albañiles en todo el país. También el cemento es un producto que ha tomado un papel relevante en el desarrollo de la infraestructura de Guatemala.

Debido a su importancia, los productores se han visto en la necesidad de mantener y mejorar los niveles de producción, y para lograrlo se debe recurrir a uno de los sistemas más modernos, como lo es la implementación de instrumentos y controles automáticos con los cuales se logra un ahorro de energía, estabilidad en el proceso, operación más confiable, mantenimiento más eficiente, uniformidad; es decir, un mayor rendimiento en el proceso.

Se pretende, además, que este trabajo sirva como una guía para la elaboración de otros proyectos de automatización, ya que se desarrolla un análisis del proceso, el diseño del proyecto y la ejecución del mismo.

## **ANTECEDENTES**

### **1. Descripción del sistema antiguo de molienda de cemento**

Antes de implementar la automatización los molinos de cemento (1083-G01 y 1084-G01), eran alimentados por medio de tres bandas transportadoras cada uno, transportándose en éstas TOBA, YESO y CLINKER, en donde dependiendo del tipo de cemento que el departamento de producción desee producir así deberán ser las proporciones de cada uno de los materiales que deben echarse a los molinos. Además, para mantener un peso uniforme, los operadores hacían variar manualmente la velocidad de las bandas transportadoras por medio de un sistema mecánico basado en fajas y poleas. Lógicamente, este método no era confiable ya que los operadores tenían que estar controlando continuamente el peso y la velocidad de respuesta para hacer correcciones era muy lenta, provocando de esta manera que el cemento producido tuviera ciertas diferencias físico-mecánicas.

Adicionalmente, no se tenía un control sobre algunos parámetros eléctricos de los principales equipos del proceso, como lo son: molinos, elevadores y separadores, en donde solo se contaba con algunos amperímetros, voltímetros y vatímetros. Los mismos no eran suficientes para que los operadores pudieran determinar con qué grado de eficiencia estaba trabajando el sistema y por lo tanto tenían que basarse en experiencia adquirida a lo largo de los años para determinar si debían aumentar o disminuir la carga, con el fin de mejorar el rendimiento, de tal

manera que el grado de eficiencia en la producción era variable en un amplio rango.

Además, en muchas de las ocasiones en las que se presentaban fallas en el área eléctrica, el método de detección de las mismas era bastante tedioso y tardado, debido a que los arrancadores de los equipos de transporte se encuentran en puntos diferentes. Ahora se ha montado un panel de control para cada molino al cual se ha cableado desde cada uno de los arrancadores con el fin de centralizar los puntos de medición de las líneas, disminuyendo de esta manera el tiempo de detección de las fallas.

## **2. Justificación del trabajo de automatización de los molinos de cemento.**

Este proyecto se desea realizar en la Empresa Cementos Progreso, en la Planta de la Pedrera, zona 6, Ciudad de Guatemala. Dicha planta fue donde desde 1898 se empezó a producir cemento. Sin embargo, a pesar de que esta Empresa ha crecido bastante en cuanto a producción e infraestructura, la Planta de la Pedrera cuenta con una gran cantidad de equipo eléctrico muy antiguo, tanto en el área de potencia como en el área de control. Por tal circunstancia los problemas que se suscitan en el área eléctrica son frecuentes. Además, la demanda de cemento es bastante elevada y siendo Cementos Progreso la única empresa productora de cemento en Guatemala, necesita mantener altos sus índices de producción. Adicionalmente, se tiene mucha variación en la carga aplicada a los molinos debido a que los operadores no pueden tener la exactitud necesaria para mantener uniforme dicha carga. En la Planta de San Miguel Sanarate hay sistemas automatizados, pero

en la Pedrera aún no se cuenta con ningún sistema automatizado. Además, el proceso de la molienda de Cemento es diferente en ambas plantas debido a que los equipos utilizados en el proceso no son iguales.

La automatización nos brinda muchas ventajas como lo son: Ahorro de energía, estabilidad en el proceso, mantenimiento más eficiente, obtención de una interfase amigable con el operador, operación más confiable, uniformidad, visualización de las variables involucradas en el proceso, flexibilidad en el sistema etc.

Cualquier aumento de la producción de un molino repercute en la reducción de los costes por tonelada ya que se trata de una máquina de muy bajo rendimiento, que según estudios realizados por SCAP Europa S. A. (Sistema de Control Adaptativo Predictivo) sólo utiliza cerca de un 2 % de energía que consume para la molienda, siendo el resto utilizada para mover el molino o disipación en forma de calor.

## **I. OBJETIVOS:**

### **1. Generales.**

- Aplicar en la industria guatemalteca de cemento los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, desarrollando un proyecto de automatización en procesos industriales.

### **2. Específicos:**

- Obtener un control automático de la carga en los molinos logrando de esta forma aumentar el rendimiento del sistema.
- Determinar las ventajas obtenidas con la automatización de los molinos de cemento.
- Determinar cuales son los equipos e instrumentación necesaria para la automatización.
- Establecer una guía para el desarrollo de proyectos de automatización en procesos industriales.
- Rediseñar los circuitos actuales para poder implementar la automatización.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 1. Definición de problema.

En el proceso de molienda de cemento se presentan una variedad de problemas debido a los sistemas de control antiguos, entre los cuales pueden mencionarse los siguientes:

- Los posibles peligros que pueden surgir en la operación de los molinos son los de sobrecarga y atascamiento como consecuencia de la variación en la carga aplicada a los molinos debido a que los operadores no pueden mantener uniforme dicha carga. En ambos casos, para su resolución es necesaria la parada del molino o la reducción temporal de la carga. Ambas acciones provocan un retraso en los planes de producción y pueden producir un fuerte incremento del coste.
- Variaciones de cemento en el nivel circulante.
- Variaciones en las características de  $SO_3^{1*}$  y  $RI^{1*}$  en el producto terminado.
- Variaciones en la Blaine  $^{1*}$

---

<sup>1</sup>\* Ver glosario

- Mecánicamente también se producen niveles de desgaste en las corazas internas de los molinos y cuerpos molturadores <sup>2\*</sup> anormales.
- Baja producción
- No es capaz de aceptar cambios en la molturabilidad <sup>2\*</sup> del clinker.

## **2. Delimitación del problema en la molienda de cemento.**

Para el análisis de este proyecto se cuenta con dos diagramas de flujo de los dos molinos a automatizar, ver gráficas 1 y 2, en donde tenemos:

- 3 bandas transportadoras que alimentan el molino 1083-G01 con TOBA, YESO Y CLINKER.
- 3 bandas transportadoras que alimentan el molino 1084-G01 con TOBA, YESO Y CLINKER.
- 2 elevadores, uno para el molino 1083-G01 y otro para el molino 1084-G01.
- 2 separadores distribuidos de igual manera que los elevadores.
- Por último tenemos varios gusanos transportadores y fajas transportadoras.

---

<sup>2</sup> Ver glosario





**El proyecto de automatización debe ejecutar las siguientes funciones dentro del proceso de la molienda de cemento:**

- a. Arranque automático de las bandas de transporte de yeso, toba y clinker de los dos molinos.
- b. Paro automático de las bandas de transporte de yeso, toba y clinker de los dos molinos.
- c. Arranque y paro automático de bandas y gusanos helicoidales de transporte.
- d. Paro automático de los separadores y molinos.
- e. Visualización de las potencias, corrientes, voltajes, factor de potencia, demanda de los dos molinos.
- f. Control de las potencias consumidas por los elevadores y los molinos de cemento.

El control de estas potencias es uno de los aspectos más importantes debido a las siguientes razones:

**Potencia del elevador:**

La potencia consumida por el elevador que recoge el material a la salida del molino es directamente proporcional al caudal de material mencionado, y en consecuencia es una señal que ha venido siendo tradicionalmente utilizada en las estrategias de control del molino.

### **Potencia consumida por el motor del molino:**

Esta señal proporciona información del estado de llenado del molino de la siguiente forma:

- Disminuye al aumentar la carga del molino debido a que el material se distribuye más próximo al eje, haciendo descender el momento de inercia y, en consecuencia, la potencia consumida.
  - Aumenta cuando el molino se está descargando.
  - Un descenso fuerte de esta señal es indicativo de la proximidad de una situación de atascamiento del molino, y es la alerta más rápida de que se dispone ante esta situación.
- g. Control del peso en toneladas por hora de toba, yeso y clinker aplicado a cada molino.
- h. El sistema de control también deberá tener información que le indique cuando estén arrancados o parados los separadores, molinos, elevadores y las bandas de transporte de toba, yeso y clinker.

**El autómata no ejecutará algunas funciones como lo son:**

- a. Arranque de los molinos de cemento, la razón por la cual no se hará se debe a que los motores de estos molinos oscilan entre 600 y 800 caballos de fuerza a 2400 voltios y son síncronos, pero, la parte más importante es que los arrancadores de dichos motores son muy antiguos de tal manera que no permiten ser arrancados automáticamente, además primero debe arrancarse manualmente los generadores de corriente directa que alimentan el campo de cada motor.
- b. En el caso de los separadores se trata de motores de inducción de anillos rozantes que son arrancados por medio de grupos de resistencias en serie con el rotor en donde tampoco puede arrancarse automáticamente ya que en el arranque los grupos de resistencias se van eliminando manualmente.

Para poder implementar el arranque automático de estos equipos sería necesario cambiar los arrancadores actuales por otros más modernos lo cual representa una inversión adicional muy grande que por el momento está fuera del alcance de este proyecto.

### **III. DESARROLLO DEL PROYECTO.**

#### **1. Estudio y análisis del proceso de molienda de cemento.**

##### **1.1. Molino de bolas.**

Es un tubo cilíndrico de uno o varios compartimientos hecho de un material especialmente tratado que gira sobre su eje horizontal y que es cargado con un medio de molienda, en este caso con bolas de acero. <sup>3\*</sup>

##### **1.2. Elevador de cangilones.**

Equipo utilizado para desplazamientos verticales de materiales, consta de una cadena o banda donde van adheridos los cumbos o cangilones la cual es movida por un motor eléctrico, además de una carga y descarga de material. <sup>3\*</sup>

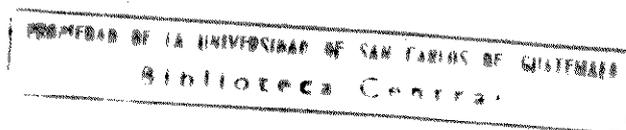
##### **1.3. Separador.**

Equipo mecánico que por medio del control del flujo de aire divide un flujo de material en una parte fina y una gruesa. En nuestro caso, la parte fina es el producto terminado y la parte gruesa es retornada a los molinos de cemento. <sup>3\*</sup>

---

<sup>3</sup> \* Para información sobre datos de motores ver sección 3.2 del capítulo V.

En esta planta se produce el Cemento tipo I Portland modificado(IPM) el cual lleva como aditivo una puzolana (también llamada TOBA) a la mezcla entre clinker <sup>4\*</sup> y yeso; la función de la puzolana en el cemento es la de ayudar a aumentar la resistencia a la compresión del concreto a edades tardías (28 días), esto es debido a que posee propiedades hidráulicas naturales, es decir, es un cemento natural, como tal se constituye en un sustituto del clinker; el contenido de puzolana está restringido por las resistencias a la compresión mínimas a mantener a edades tempranas (3 y 7 días) y tardía (28 días). La función del yeso ( $\text{CaSO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) en el cemento es la de establecer el tiempo de fraguado del concreto, este valor no debe ser mayor de un 4% (norma ASTM C-595), debido a que afectaría la estabilidad del volumen de la pasta hidratada, ni puede ser tan bajo porque el tiempo de fraguado disminuye tanto que la pasta no podría ser trabajada. El objetivo en la molienda de cemento es llevar estos tres componentes (CLINKER, PUZOLANA Y YESO) a un polvo fino con cierta superficie específica de manera que se pueda hidratar y se desarrolle la resistencia del concreto en un tiempo razonable.



---

<sup>4\*</sup> Ver glosario para clinker.

## 2. Circuitos de molienda.

Los circuitos de molienda están caracterizados por tres equipos principales: el molino de bolas, el elevador y el separador. Siendo este último el que regula la calidad en términos de fineza y superficie específica del producto terminado. El molino reduce el material ( CLINKER+PUZOLANA+YESO) desde un tamaño máximo de 1 plg<sup>3</sup> en la entrada a un tamaño máximo en la salida de 1 mm<sup>3</sup>, en donde aproximadamente el 30 % del material en la salida es menor que 0.045 mm<sup>3</sup>. Por medio del elevador este material es llevado hasta el separador, el cual selecciona la porción de la descarga del molino que dará la calidad ( en términos de fineza y superficie específica) del producto terminado, la porción que no cumple este requisito es regresado nuevamente al molino. El trabajar con un circuito de molienda trae los siguientes beneficios:

- a. Rápido cambio a varias calidades del producto.
- b. Control regular de la fineza del producto.
- c. Menor sensibilidad a variaciones en la alimentación del molino.
- d. Consumo reducido de energía para productos muy fino.
- e. Incremento en la capacidad de molienda de la planta.

En La Pedrera se cuenta con tres circuitos de molienda de cemento.

- a. Circuito de molinos 1081 y 1082 (no incluido para este proyecto de tesis).
- b. Circuito de molino 1083.
- c. Circuito de molino 1084

### **3. Recursos:**

**3.1. Recursos humanos:** personal que hizo posible este proyecto.

Coordinador general: Axel Mendizábal

2 ingenieros de Cementos Progreso.

1 ingeniero contratista de Intek.

6 Electricistas contratistas de Representaciones Winter Zamora.

10 Electricistas de Cementos Progreso.

### **3.2. Recursos físicos ya existentes:**

1. Motor sincrónico marca General Electric de 600 HP, 2300 V, 180 r.p.m.  
(motor del molino 1083-G01).
2. Motogenerador marca General Electric de 25 HP, 220 V, 1760 r.p.m.  
(motor del generador 1083-G01-EM).
3. Motor trifásico marca Allis Chalmers de 50 HP, 220 V, 1160 r.p.m. (motor del ventilador 1083-P01-FM).
4. Moto-reductor trifásico marca Allis Chalmer de 3 HP, 220 V, 1740 r.p.m. entrada, 68 r.p.m. salida (1083-J01).
5. Moto-reductor trifásico marca Allis Chalmers de 7.5 HP, 220 V, 1740 r.p.m. entrada, 68 r.p.m. salida. (1083-J03).
6. Moto-reductor trifásico marca Westinghouse de 1.5 HP, 220 V, 1740 r.p.m. entrada, 68 r.p.m. salida (1083-J04).
7. Motor trifásico marca Siemens de 5 HP, 220 V, 1715 r.p.m. (1083-J05).

8. Motor trifásico marca Allis Chalmer de 3 HP, 220 V, 1740 r.p.m. (1083-P01-J).
9. Motor trifásico marca Master de 0.75 Hp, 220 V, 1140 r.p.m. (pesadora 1083-D01).
10. Motor trifásico marca Allis Chalmers de 1 HP, 220 V, 1150 r.p.m. (pesadora 1083-D02).
11. Motor trifásico marca Siemens de 1 HP, 220 V, 1720 r.p.m. (pesadora 1083-D03).
12. Motor trifásico marca Baldor de 25 HP, 230 V, 1760 r.p.m. (elevador 1083-J02).
13. Motor trifásico marca Century de 100 HP, 2300 V, 1170 r.p.m. (separador 1083-S01).
14. Motor síncrono marca FLS de 800 HP, 2300 V, 720 r.p.m. (motor del molino 1084-G01).
15. Motor trifásico marca Allis Chalmer de 3 HP, 220 V, 1740 r.p.m. (1084-J01).
16. Motor trifásico marca Allis Chalmer de 5 HP, 220 V, 1740 r.p.m. (1084-J02).
17. Motor trifásico marca James G. de 3 HP, 220 V, 1740 r.p.m. (1084-J04).
18. Motor trifásico marca Allis Chalmers de 5 HP, 220 V, 1740 r.p.m. (1084-J05).

19. Motor trifásico marca Reliance de 1 HP, 220 V, 1150 r.p.m. (pesadora 1084-D01).
20. Motor trifásico marca Reliance de 1 HP, 220 V, 1150 r.p.m. (pesadora 1084-D02).
21. Motor trifásico marca Siemens de 1 HP, 220 V, 1728 r.p.m. (pesadora 1084-D03).
22. Motor trifásico marca Allis Chalmers de 25 HP, 220 V, 1750 r.p.m. (elevador 1084-J03).
23. Motor trifásico marca Westinghouse de 125 HP, 2300 V, 878 r.p.m. (separador 1084-S01).
24. Motor trifásico marca Howell Elect Motors de 3 HP, 220 V, 1755 r.p.m. (1080-J01).
25. Motor trifásico marca Allis Chalmers de 7.5 HP, 220 V, 1740 r.p.m. (1080-J02).
26. Arrancadores magnéticos convencionales Square D y General Electric para motores de 1 HP a 25 HP.

#### **4. Consideraciones de diseño.**

##### **4.1. Equipos no automatizados, automatización central, automatización distribuida, lazos abiertos, lazos cerrados.**

###### **4.1.1. Equipos no automatizados.**

En esta etapa, las tareas de controlar variables dentro de un proceso, eran ejecutadas por el ser humano en forma directa (control manual), visualizando el valor medido (presión, peso, temperatura) y actuando sobre elementos de acción como cerrar una válvula, aumentar velocidad, bajar carga, con el fin de minimizar la diferencia entre el valor indicado y el valor deseado para dicha variable. Esto debido a las necesidades de diseño de las plantas que obligan a mantener las variables dentro de rangos determinados, en algunos casos en forma muy ajustada para obtener resultados adecuados.

Algunos de los problemas que presentan los equipos no automatizados son:

- El costo asociado a los circuitos de relés por su baja confiabilidad, dificultoso mantenimiento, paradas imprevistas, etc.
- La falta de flexibilidad de circuitos electromecánicos o electrónicos diseñados para una aplicación especial. No se podía, o era muy difícil, utilizar una misma máquina para varios modelos de piezas. Un nuevo diseño significaba adaptar todo el circuito (es decir, recablear docenas de componentes) o reemplazarlos por uno nuevo.

#### **4.1.2. Automatización central.**

Por automatización entendemos, un sistema físico capaz de alcanzar una meta sin la intervención humana.

Con la automatización podemos obtener los siguientes beneficios:

Operación uniforme:

Tareas rutinarias

Retroalimentación de información relevante

optimizar el proceso

Operación confiable:

Alarmas reducen paros

Alarmas reducen tiempo de paros

Mantenimiento más eficiente:

Facilita localización de fallas

Optimización de mantenimiento mecánico

Ahorro de energía:

Arranque y paro de acuerdo a las exigencias del proceso

Arranque controlado de motores grandes

Se evita que un motor este arrancado cuando no se debe

Administración de energía

Flexibilidad:

Cambios más económicos

Cambios más rápidos

Calidad:

Operación uniforme

Mediciones precisas.

#### **4.1.3. Automatización distribuida.**

Con la aparición del microprocesador se logró tener en un pequeño espacio una gran capacidad de procesamiento. Fue así como surgieron los **sistemas de control distribuido**, en donde distintas unidades de procesamiento con su correspondiente redundancia realizan las distintas tareas requeridas, por ejemplo:

- Conversión de señales analógicas de campo a digital y viceversa.
- Ejecución de los algoritmos de control.
- Interfase con los operadores a través de estaciones que incluyen monitores.
- Relación con otros periféricos como impresoras, unidades de cinta etc.

Los procesadores se comunican a través de cables o redes (llamados también buses), los que permiten no sólo la distribución del procesamiento (y del riesgo), también la distribución geográfica de los módulos con las consecuentes reducciones de cableados y costos asociados.

#### **4.1.4. Lazos abiertos.**

Los lazos de control abiertos, determinan el valor de los parámetros de regulación, a partir de un modelo simplificado del proceso. Para ello se estabiliza el proceso, se pasa el controlador a modo manual (abriendo el lazo de control), se provoca una perturbación en la salida a la válvula. El controlador determina, a partir de la respuesta del proceso, los valores de ajuste del controlador.

Una desventaja de este método es que requiere que el lazo esté en modo manual durante el periodo de ensayo.

#### **4.1.5. Lazos cerrados.**

Los lazos de control cerrados se basan en el análisis de la respuesta del controlador a perturbaciones causadas por cambios en el valor deseado o en cargas del lazo de control. El controlador compara la respuesta del lazo en automático con una respuesta "ideal". Luego modifica sus parámetros de ajuste hasta lograr una respuesta óptima.

### **4.2. Especificaciones de los equipos utilizados:**

#### **4.2.1. Variadores electrónicos de velocidad.**

Los convertidores son equipos destinados a variar con pocas pérdidas la velocidad de motores trifásicos. Para ello la tensión de red se rectifica y su

energía se acumula en un condensador situado en el circuito intermedio. Con un inversor de transistores montado en puente trifásico de tensión de salida. La inductancia de los devanados del motor y la tensión modulada hacen que por el motor fluya una corriente senoidal. La velocidad del motor se controla variando la frecuencia. La frecuencia de salida puede ajustarse a valores comprendidos entre 2 y 120 Hz.

Estos variadores son utilizados para gobernar la velocidad de las bandas pesadoras de los materiales que conforman el cemento, este control se hace a través de lazos de regulación PID (proporcional, integral y derivativo) según sean las exigencias los molinos.

Mediante la introducción de parámetros especiales a través del teclado se puede adaptar el funcionamiento del convertidor a casi todas las condiciones de trabajo que puedan presentarse. Con la ayuda del microprocesador desarrollado para la electrónica de potencia se pueden realizar adaptaciones de velocidad especiales, tiempos de aceleración especiales, paradas definidas y muchas otras operaciones.

La compensación de carga, que tiene lugar automáticamente a través de la regulación corriente, se encarga de la autoadaptación al proceso. El generador de rampas parametrizable permite la aceleración y desaceleración definida del motor con limitación regulable del tirón.

La elevación de tensión, que puede ser, opcionalmente, de libre programación o automática, garantiza un arranque seguro del motor, siendo posible variar la velocidad con graduación de precisión.

El freno incorporado de corriente continua asegura una parada rápida y definida.

Mediante las entradas binarias, cinco parametrizables, son posibles otras adaptaciones. La interfase en serie, apta para líneas de datos bus, permite una conexión simple a equipos de control de mayor jerarquía. El aparato dispone de dos salidas de relé para avisos de averías y del sistema.

#### **4.2.2. Controlador para lazos PID.**

Para la implementación de los lazos PID se utilizaron controladores marca Watlow el cual es un controlador basado en microprocesador. Este tiene una entrada la cual acepta diferentes tipos de sensores: termopares J, K, t, n y s, RTDs o entrada de proceso. Este control cuenta con una salida doble, la primera salida sirve para calentar o enfriar, en tanto que la segunda realiza la función inversa o función de alarma.

Este controlador será utilizado únicamente cuando el sistema se quiera operar en forma manual debido a una emergencia por falla o mantenimiento del PLC, en caso contrario el sistema siempre se operará en forma automática y la regulación se hará a través de instrucciones PID ya incluidas en el software de programación del controlador lógico programable (PLC).

Las salidas pueden ser seleccionadas entre PID ó ON/off. El modo de control PID incluye características tales como, banda proporcional, reset integral y derivativo.

El controlador contiene ciertas características especiales, un display dual de cuatro dígitos en color rojo y verde a elegir, fuente opcional de bajo voltaje, autosintonización para ambas salidas caliente o fría, rampa de control al punto de control del sistema térmico, y la capacidad manual o automática con transferencia.

Estas características especiales incluyen indicadores LED automáticos que facilitan el monitoreo y la preparación inicial, y la compensación de calibración en el panel frontal.

El controlador puede sintonizar automáticamente el parámetro PID. El proceso de autosintonización funciona bajo el valor de reacción del proceso lento, medio o rápido. Una reacción de proceso lenta se emplea cuando el peso en la banda transportadora no se alcanza muy rápido o cuando excede grandemente el valor del punto de referencia. Una reacción de proceso rápida produce un rápido cambio en el peso sobre la banda transportadora en un período corto.

### 4.2.3. Arrancador electrónico de estado sólido

El aparato de control electrónico de motores de jaula de ardilla sirve para el arranque suave, el frenado y el servicio de ahorro de energía de motores asíncronos desde 200 hasta 500V.

En este proyecto se utilizó este tipo de arrancador en los elevadores de cemento, debido a que en este equipo se requiere un alto par de arranque y la corriente del motor con un arrancador convencional se eleva demasiado, se ha implementado una rampa de tensión para obtener un arranque suavizado del equipo.

Funcionamiento: el arrancador está equipado de un control de corte de fases gobernado por microprocesador para el arranque suave, el ahorro de energía con carga parcial y la parada suave o bien el frenado en corriente continua. Mediante este control de corte de fases se varía solamente la tensión del motor; la frecuencia es constante y corresponde siempre a la de la red. Debido a que en el arranque al motor se le entrega una tensión reducida, se reduce de forma aproximadamente cuadrática el par motor, y de forma aproximadamente lineal a la tensión, la intensidad del motor: el motor arranca suavemente. El arrancador reduce en la fase de arranque el par inicial del motor, de forma que este resulta menor que el par de arranque con arranque directo del motor.

El aparato dispone adicionalmente de una protección contra sobrecargas que trabaja según el principio de imagen térmica. Para ello se vigila constantemente el desarrollo de la temperatura con el tiempo y se realiza una comparación entre

el valor prescrito/valor real. Este aparato presta una óptima protección a los semiconductores frente al peligro de sobrecargas debidas a elevadas intensidades, altas frecuencias de maniobras o arranques difíciles.

Clases de servicio:

- En arranque:
  - Rampa de tensión
  - Limitaciones de la corriente
  - Rampa de tensión con limitación de corriente
  - Rampa de tensión con impulsos de ruptura
  - Rampa de tensión con impulsos de ruptura y limitación de corriente
  - Arranque de emergencia
- En servicio:
  - Conducción plena con análisis de perturbaciones
  - Ahorro de energía
- En parada:
  - Parada normal
  - Parada suave
  - Freno en corriente continua

Funciones de protección y de mando ya programadas:

- Vigilancia del tiempo de arranque con limitación de corriente
- Protección contra temperatura y sobrecargas
  - Reconocimiento de la marcha nominal
  - Servicio de inversión

#### **4.2.4. Pesadoras electrónicas.**

Son utilizadas para llevar un control del peso en toneladas/hora del material que circula a través de las tres bandas de alimentación de cada molino, también provee al sistema de control automático de una señal analógica de 4 a 20 mA.

**Principio de funcionamiento:** estas pesadoras usan como variables de control, la velocidad y el peso. El rodillo de pesaje a través de dos celdas de carga se encarga de transmitir con la mayor exactitud el peso de la carga y el sensor de velocidad a través de una rueda giratoria envía pulsos al monitor en donde se calcula la velocidad de la banda.

Electrónicamente, multiplica el peso por la velocidad de la banda  $W \times S = R$  este valor es comparado a un set-point. Si se presenta cualquier desviación del set-point este se compensa a través de un controlador por medio de señales analógicas gobernando la velocidad de la banda.

#### **4.2.5. Medidores digitales de potencia 3710.**

Estos medidores pueden conectarse en varias configuraciones a un sistema de potencia; estrella 4 alambres, delta 3 alambres y sistemas monofásicos. Para que el equipo pueda calcular todos los parámetros se requieren los valores de voltaje y corriente en las tres fases.

Para la conexión en sistemas en estrella con 347 VAC de línea a neutro y 600 VAC de línea a línea no se necesitan transformadores de potencial, sin embargo, para sistemas en alto voltaje, estrella o delta deben utilizarse PT's. Los

transformadores de corriente a utilizar deben tener 5 amperios en el secundario a plena escala.

Una entrada auxiliar de voltaje puede ser usada para medir una variable externa como temperatura de un transformador o voltaje de una batería, el rango de la entrada es de 1 VAC. También cuenta con una salida auxiliar de corriente analógica de 0-20 mA ó 4-20 mA proporcional a cualquier parámetro medido, **esta última salida será una de las variables a utilizar para el control de carga a los molinos.**

Display y mediciones: El 3710 ACM ofrece medición de parámetros en las tres fases con alta exactitud, además, todos los parámetros son accesibles desde el tablero del frente.

Entre las mediciones se incluyen: voltaje, corriente, potencia activa, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia, frecuencia. Provee también valores de demanda promedio de corriente y KW totales, valores máximos y mínimos de todos los parámetros.

Los valores de energía incluyen: KWH, KVAH y KVARH. Toda lectura de corrientes es bidireccional y se indica su sentido. Toda lectura de voltaje, corriente, potencia y lecturas de energía son valores RMS, incluyendo armónicas.

El 3710 utiliza 4 botones de membrana con los cuales se puede acceder a todos los parámetros e información del estado de los mismos, así también, a las funciones de programación. Para leer corrientes y voltajes se selecciona usando

el botón PHASE, mientras que con el botón FUNCTION se puede observar una lista común de funciones de potencia. Los botones MAX y MIN se usan para desplegar los valores máximo y mínimo de cada parámetro medido.

Este equipo se puede utilizar en: industrias, hoteles, subestaciones, sistemas de cogeneración y cualquier otra localidad donde se usen cantidades significativas de energía o se requiera monitoreo y control a distancia.

### **4.3. El autómata:**

#### **4.3.1. Descripción de los componentes básicos del sistema de control.**

El sistema de control electrónico consta de un chasis, una fuente de poder, el controlador lógico programable, módulos digitales de entrada y salida, módulos analógicos de entrada y salida.

##### **4.3.1.1. Chasis.**

El chasis contiene e intercomunica al controlador lógico programable (PLC) a la fuente de poder y a los módulos de entrada y salida. La fuente de poder va montada en el lado izquierdo del chasis. Todos los componentes se deslizan dentro del chasis a través de guías formadas en el mismo. Un máximo de 32 chasises pueden ser conectados en un sistema de control modelo PLC 5/60 mediante un lazo remoto serial.

#### **4.3.1.2. Fuente de poder.**

Cuando se configura un sistema modular, se debe tener una fuente de poder individual para cada chasis. La fuente de poder no ocupa espacio o slot, se monta a la izquierda de cada chasis con dos tornillos. La fuente de poder provee energía o alimentación al procesador y a cada uno de los slots de entrada y salida. Todas las fuentes de poder están protegidas por dos fusibles reemplazables.

Existen dos diferentes fuentes de poder en AC y una en DC. Para las fuentes de AC, la selección entre alimentación 120/240 VAC se hace a través de un puente (jumper), la fuente de poder está provista de un LED que se ilumina cuando ésta está funcionando apropiadamente.

#### **4.3.1.3. Controlador lógico programable.**

El procesador siempre ocupa el primer espacio o slot del primer chasis. Existen varios modelos de procesadores entre los cuales pueden mencionarse los siguientes: PLC 5/11, PLC 5/20, PLC 5/30, PLC 5/40, PLC 5/60, PLC 5/80, PLC 5/250. Debido a que en este proyecto se controlan 4 molinos de cemento, tenemos una considerable cantidad de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, así también hay mucha posibilidad de crecimiento. Por lo tanto se ha seleccionado un procesador bastante poderoso como lo es el PLC 5/60 cuyas características principales se describen a continuación:

TABLA 1. ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE PLC 5/60

MEMORIA DEL PROGRAMA RAM	64K PALABRAS, INSTRUCCIONES, TIMERS, CONTADORES
TIPOS DE MEMORIA	BATTERY-BACKED CMOS RAM EEPROM PROGRAM BACKUP OPTION USING 1785-ME16, -ME32, -ME64, AND -M100
MÁXIMAS I/O DIGITALES	3072 (ANY MIX) OR 3072 IN + 3072 OUT (COMPLEMENTARY)
MÁXIMAS I/O ANALÓGICAS	3072
TIEMPO DE SCAN	0.5 ms MÍNIMO X Kword 2.0 ms TÍPICO X Kword
PUERTOS DE COMUNICACIÓN	4 DH+ /REMOTE I/O (ADAP OR SCAN)
MAX. No. RACKS DIRECCIONADOS	24 (16 MAX PER I/O LINK)
MAX. No. CHASIS	32 MAX PER I/O LINK
No. PUERTOS RS-232-C/422-A/423-A	1
COPROCESADOR MATEMÁTICO	YES

#### **4.3.1.4. Módulos discretos de entrada y salida.**

Existen tres tipos de módulos de entrada/salida digital: entrada, salida y combinados. Estos están disponibles en varias densidades incluyendo 4, 8, 16 y hasta 32 puntos y se pueden interfazar a AC y DC. Los módulos de salida están disponibles AC de estado sólido, DC de estado sólido y salidas tipo contacto de relé. Seguidamente se describen las características técnicas más relevantes de los módulos utilizados en el desarrollo del proyecto:

TABLA 2. MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL MODELO 1771 IAD.

CATEGORÍA DE VOLTAJE	120
VOLTAJE DE OPERACIÓN	79-138 AC 79-138 DC
NUMERO DE ENTRADAS	16
SIGNAL DELAY TYPICAL	ON AC = 5 (+ - 3 ) ms ON DC IS SELECTABLE: 3 (+ - 0.1) ms OR 10 (+ - 1) ms OFF AC/DC = 25 (+ - 5) ms
MAX OFF-STATE CURRENT	3.0 mA AC, 8.0 mA DC
BACKPLANE CURRENT LOAD	195 mA
APLICACIONES	PROPÓSITOS GENERALES DE ENTRADAS 120 V EN AC/DC

TABLA 3. MÓDULO DE SALIDA DIGITAL MODELO 1771 OW16/B.

VOLTAJE DE OPERACIÓN	24-250 AC 24-150 DC
NUMERO DE SALIDAS	16
CORRIENTE POR SALIDA	2A (80W DC MAX), (500VA AC MAX)
MÁXIMA CORRIENTE POR MÓDULO	1280W DC, 1440VA AC
CONTACTOS	8 NORMALMENTE ABIERTOS Y 8 SELECCIONABLES
BACKPLANE CURRENT LOAD	1300 mA
APLICACIONES	AISLAMIENTO, NO CORRIENTES DE FUGA

#### **4.3.1.5. Módulos analógicos de entrada y salida.**

TABLA 4. MÓDULO DE ENTRADA ANALÓGICA MODELO 1771 IFE

NUMERO DE ENTRADAS	8 DIFFERENTIAL OR 16 SINGLE-ENDED INPUTS SELECTABLE
RANGO DE VOLTAJE	0.5 V DC 1.5 V DC +/- 5V DC +/- 10V DC
RANGO DE CORRIENTE	4-20 mA 0-20 mA +/- 20 mA 0-10V DC
FORMATO DE DATOS	BINARY OR BCD SCALING TO +/- 9999
BACKPLANE CURRENT LOAD	750 mA
REQUIERE FUENTE EXTERNA	NO
CHANNEL UPDATE/RESOLUTION	12.5 ms/8 CHANNELS 25 ms/16 CHANNELS 12 BIT RESOLUTION

TABLA 5. MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA MODELO 1771 OFE2

NÚMERO DE SALIDAS	4 ISOLATED (1000 V) OUTPUTS
RANGO DE VOLTAJE	1-5 V DC 1-10 V DC +/- 10V DC
RANGO DE CORRIENTE	4-20 mA
FORMATO DE DATOS	BINARY OR BCD
	SCALING TO +/- 9999
BACKPLANE CURRENT LOAD	1.5 A
REQUIERE FUENTE EXTERNA	NO
CHANNEL UPDATE/RESOLUTION	8ms/4 CHANNELS (BCD) 1.6 ms/4 CHANNELS (BINARY) 2 BITS RESOLUTION + SIGN

#### **4.3.1.6. Panel View 1200**

El Panel View es un interfase del operador con el sistema PLC, provee rapidez, facilidad, flexibilidad y bajo costo. Este es un reemplazo ideal de un panel de control tradicional con alambrados por una pantalla en la que tenemos push buttons, gráficas de barras, visualización de las salidas, mensajes, diagrama de flujo, también un puerto de comunicación RS 232 para poder cargar y descargar el programa, mensajes de alarma visual y auditiva, ajuste de brillo. Está conectado directamente al PLC a través de comunicación Remote I/O <sup>5\*</sup>. Ver figuras 1 Y 2.

---

<sup>5</sup> \* Ver glosario.

FIGURA 1

Keypad Terminal

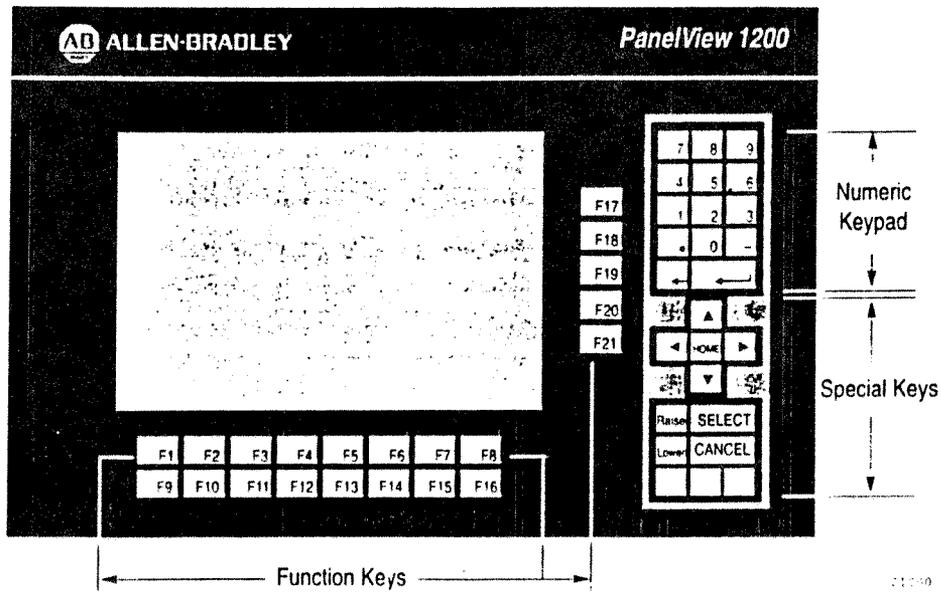
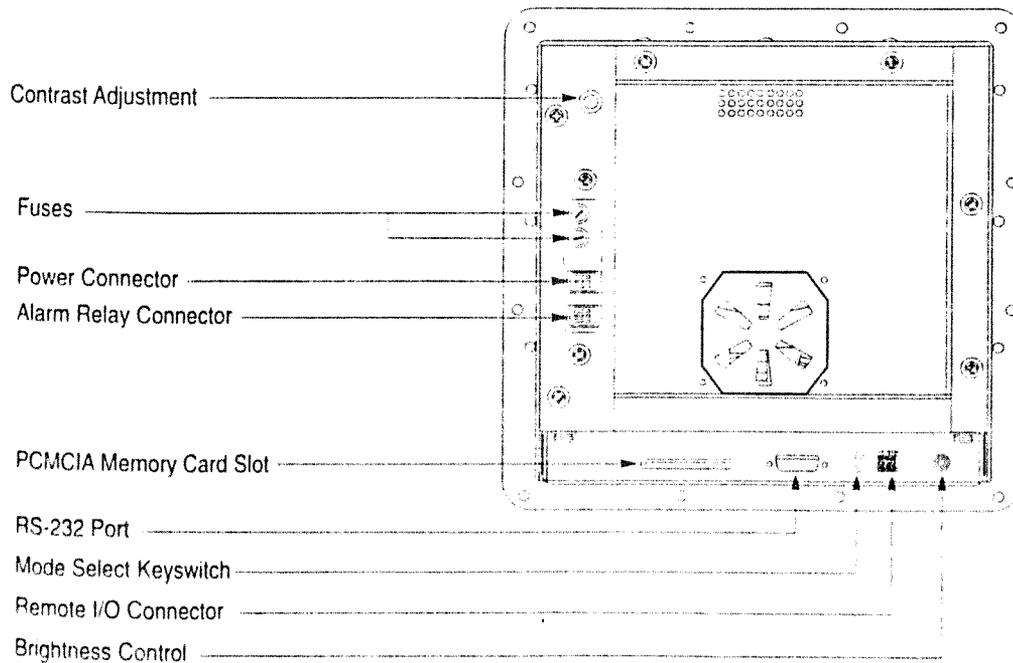


FIGURA 2

PanelView 1200 Color Terminal Rear Panel



### **4.3.2. Ventajas.**

#### **4.3.2.1. Del controlador lógico programable PLC 5/60.**

- Puertos de comunicación Remote I/O y adapter.
- Puerto para programación Data Highway Plus.
- Puertos configurables RS-232 - C/422 - A.423, display ASCII.
- La programación se realiza por medio de subrutinas y un programa principal, para un mejor control de las tareas del proceso.
- El procesador posee LED's que indican si la batería está baja, si hay comunicación, falla en el procesador, mal configurado algún puerto de comunicación, si el procesador está en modo de programación, remoto o corriendo.
- Puede ser programado en lógica de escalera, el cual consiste en escalones individuales, cada uno consistente en una o más instrucciones de entrada y una instrucción de salida.
- Las fallas pueden ser programadas, para reaccionar antes que el sistema se pare.
- Los intervalos de tiempo para examinar una información específica pueden ser programados.
- Se cuenta con un software de programación avanzado con el que se puede configurar el controlador electrónico, ingresar/modificar el programa, cargar un programa al controlador electrónico, recuperar un programa del controlador electrónico, monitorear operaciones de control, examinar programas, crear e

imprimir diagramas de escalera, tabla de datos, utilizar el editor especial cut/copy/paste, almacenar programas múltiples en la memoria de la computadora.

- Cuenta con set completo de instrucciones que permiten hacer programas de alto nivel y con mucha facilidad. Entre estas tenemos:

- Instrucciones tipo relé
- Instrucciones de tiempo
- Instrucciones de comparación
- Instrucciones de computo
- Instrucciones lógicas
- Instrucciones de conversión
- Instrucciones de archivo
- Instrucciones de diagnóstico
- Instrucciones de registro
- Instrucciones de secuencia
- Instrucciones de control de programas
- Instrucciones de control de procesos PID
- Instrucciones de mensaje
- Y otras.

#### **4.3.2.2. De los módulos digitales.**

- No es necesario desconectar el alambrado para poder reemplazar el módulo, ya que posee un conector que únicamente hay que soltar.
- Tiene LED's indicadores del estado en que se encuentran cada una de las entradas y salidas, esto nos ayuda a detección de fallas.
- Las salidas de estado sólido utilizan un fusible por módulo para protección del circuito.
- Los módulos están disponibles en diferentes densidades desde 4 hasta 32 puntos.

#### **4.3.2.3. De los módulos analógicos.**

- Hay en un amplio rango de niveles de señal incluyendo entradas y salidas análogas estándar. Entradas de temperatura directamente desde termocoplas y RTD.
- Incluye filtros para evitar transmisión de ruidos.
- Aislamiento individual entre cada salida del circuito.
- Provee información al procesador del estado del módulo para alarmar en caso de falla.
- Los módulos pueden configurarse para operar señales en voltaje o miliamperios.
- No requieren fuente externa .
- Alto grado de exactitud (0.01% típico).

### **4.3.3. Conexiones.**

#### **4.3.3.1. Flujo de señales por el sistema PLC5.**

Las condiciones de entrada de los dispositivos del campo están conectadas a los módulos de entrada y son leídas por el procesador en una tabla de imágenes de entrada. Estas señales son procesadas a través del programa de escalera dando como resultado una tabla de imágenes de salida, que a través de los módulos de salida se energizan los dispositivos de campo. Ver figura 3.

#### **4.3.3.2. De los módulos digitales de entrada.**

La conexión de los módulos de entradas digitales se representa en la figura No. 4. La línea L1 (viva) ac/dc al terminal de los contactos de los dispositivos de campo, el terminal E a la línea L2 (neutro) ac/dc, los terminales A al D no son usados. Debe utilizarse cable calibre 14 o 16 para minimizar la caídas de voltaje debido a las distancias.

#### **4.3.3.3. De los módulos digitales de salida.**

La conexión de los módulos de salidas digitales se representa en la figura No. 5, puede observarse que de la salida 01 a la 07 tenemos contactos de relé NO (normalmente abiertos) y de la salida 10 a la 17 tenemos contactos de relé NO y NC (normalmente cerrados) compartiendo un punto común.

FIGURA 3

Signal Flow Through the PLC-5 System

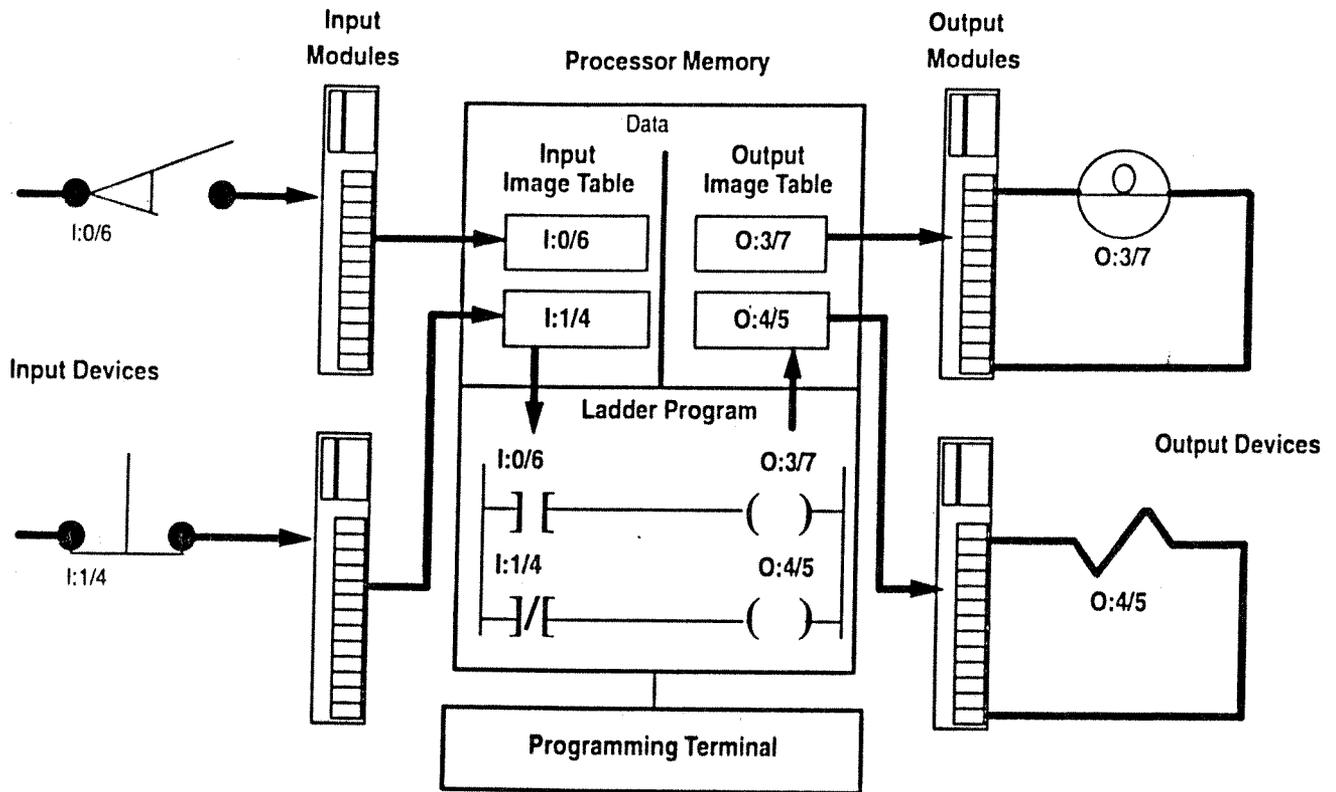
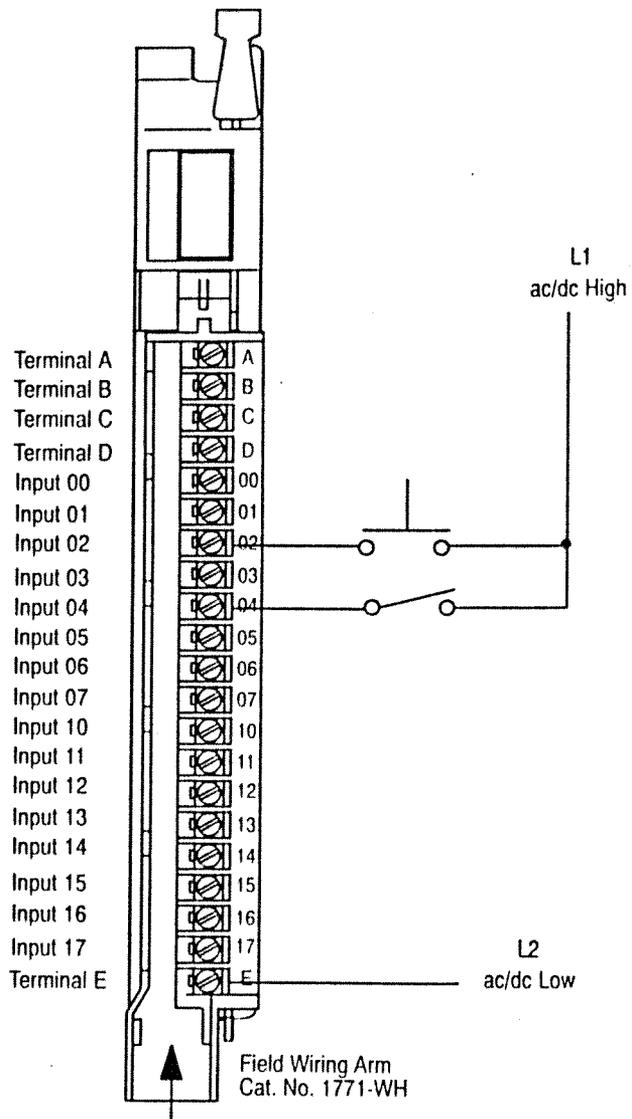


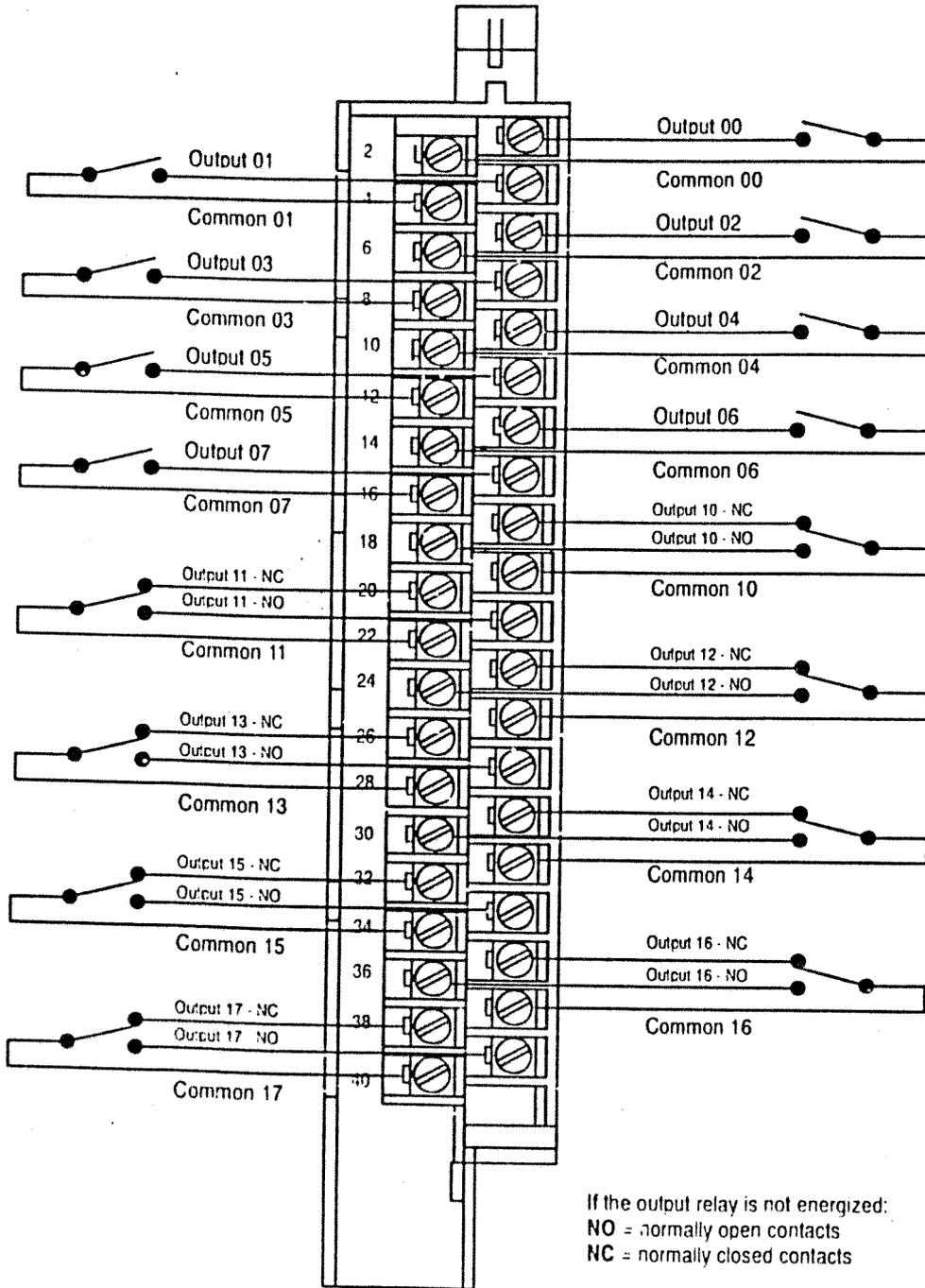
FIGURA 4



(Actual wiring runs in this direction.)

FIGURA 5

Connection Diagram for the 1771-OW16 Contact Output Module



Terminal	Function
1	Output 00 (NO)
2	Common for output 00
3	Output 01 (NO)
4	Common for output 01
5	Output 02 (NO)
6	Common for output 02
7	Output 03 (NO)
8	Common for output 03
9	Output 04 (NO)
10	Common for output 04
11	Output 05 (NO)
12	Common for output 05
13	Output 06 (NO)
14	Common for output 06
15	Output 07 (NO)
16	Common for output 07
17	Output 10 (NC)
18	Output 10 (NO)
19	Common for output 10
20	Output 11 (NC)
21	Output 11 (NO)
22	Common for output 11
23	Output 12 (NC)
24	Output 12 (NO)
25	Common for output 12
26	Output 13 (NC)
27	Output 13 (NO)
28	Common for output 13
29	Output 14 (NC)
30	Output 14 (NO)
31	Common for output 14
32	Output 15 (NC)
33	Output 15 (NO)
34	Common for output 15
35	Output 16 (NC)
36	Output 16 (NO)
37	Common for output 16
38	Output 17 (NC)
39	Output 17 (NO)
40	Common for output 17

If the output relay is not energized:  
 NO = normally open contacts  
 NC = normally closed contacts

FIGURA 6

Connection of Analog Input Devices to the Field Wiring Arm

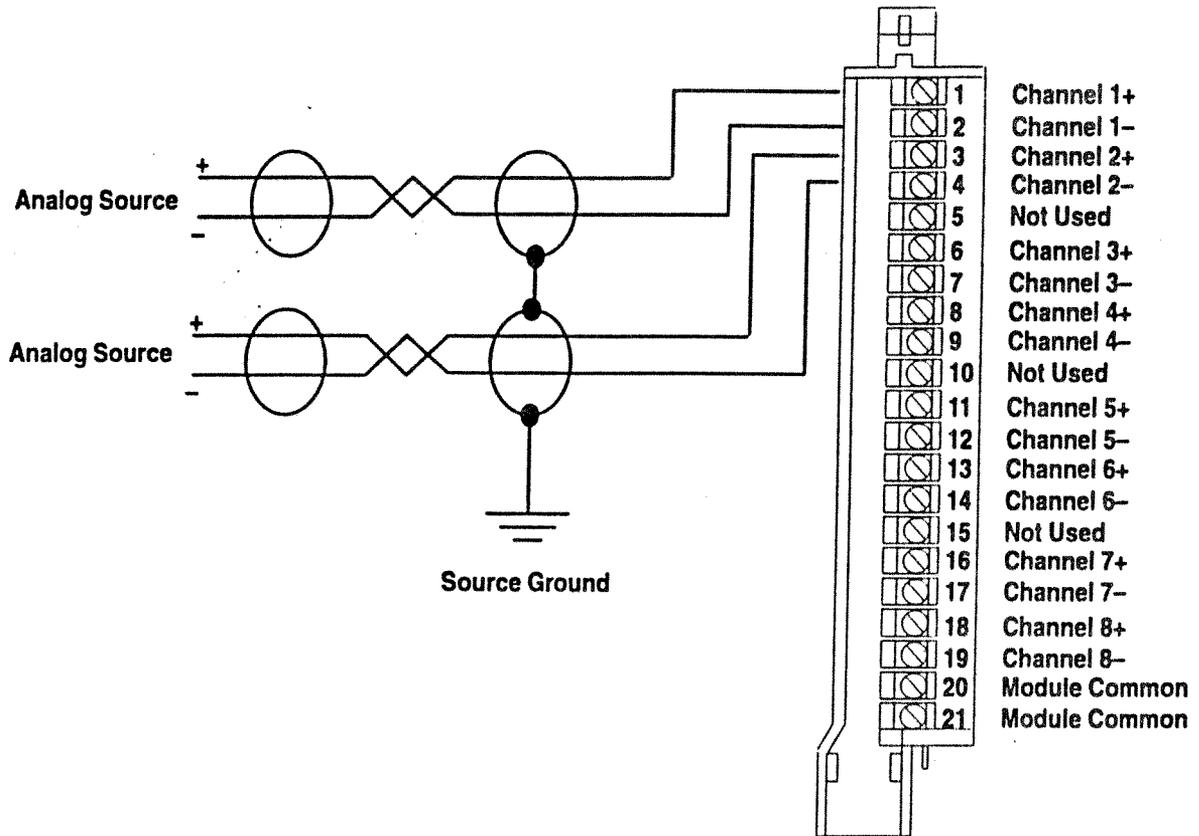
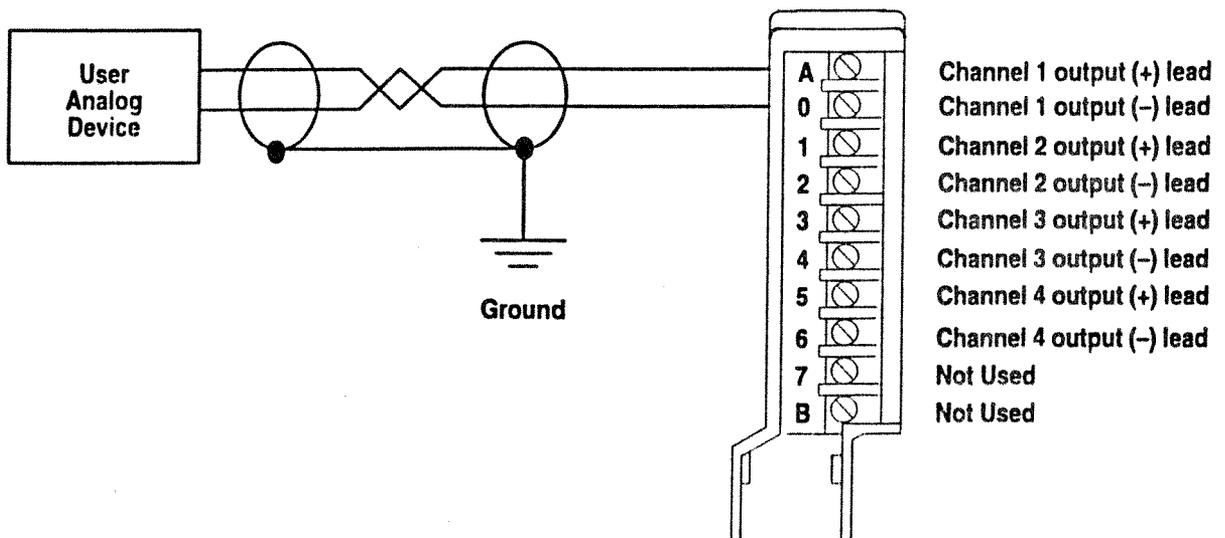


FIGURA 7

Connection of Analog Output Devices to the Field Wiring Arm



#### **4.3.3.4. De los módulos analógicos de entrada y salida.**

La conexión de los módulos analógicos está representada en las figuras No. 6 y 7. Para este tipo de señales debe utilizarse cable con shield (blindado), para evitar problemas de ruido.

#### **4.4. Rediseño de los circuitos de control de cada equipo.**

Debido a que en este proyecto se tendrá la opción de poderse trabajar en forma manual o automática se han tenido que modificar los circuitos de control de cada equipo involucrado dentro del proceso de automatización, para ello se a instalado un panel de control para cada molino en donde se han centralizado los puntos de conexión de todos los circuitos. Dentro de los paneles mencionados tenemos varios contactores auxiliares los cuales son energizados y desenergizados por un selector de **manual-automático** en donde para el modo manual se anulan los contactos de salida del autómeta y debe operarse todo el equipo en la forma tradicional, para el modo automático los contactores auxiliares anulan todas las condiciones de campo para que el autómeta pueda ejecutarlas a través de software.

El autómeta requiere de ciertas señales digitales de entrada las cuales le servirán para saber cuando un equipo está apagado o encendido de tal manera que pueda a través del programa condicionar el arranque de los equipos según la secuencia establecida por el diagrama de flujo. Para poder proveer estas señales digitales se han instalado dentro de los paneles de control de cada molino relés

auxiliares conectados en paralelo con las bobinas de los arrancadores de cada equipo.

En las figuras No. 8 y 9 se muestran dos ejemplos de como fueron modificados los circuitos de control, los demás circuitos han sido modificados de una manera similar.

#### **4.5. Materiales utilizados.**

Entre los diferentes materiales utilizados para la centralización de los puntos de medición y toma de señales para el autómata se pueden enumerar los siguientes:

- 1 1200 borneras para riel WL WK2 5U 14-18.
- 2 120 topes para bornera WL 9708.
- 3 18 metros de riel # KM 25 para montajes.
- 4 54 relés de 8 pines 240 V con sus bases.
- 5 24 metros de canaleta plástica KMKL 25/60.
- 6 18 metros de canaleta plástica KMKL 60/60.
- 7 06 metros de canaleta plástica KMKL 25/35.
- 8 16 contactores auxiliares 4 contactos NO KM DIL R40 con bobina para 240 V.
- 9 16 juegos de 4 contactos auxiliares NC para contactor auxiliar 04 DIL.
- 10 04 flipones automático de 2 amperios de 2 polos.
- 11 60 botoneras stop KM DRX.

FIGURA 8  
 TRANSPORTADOR 1084-J02-M

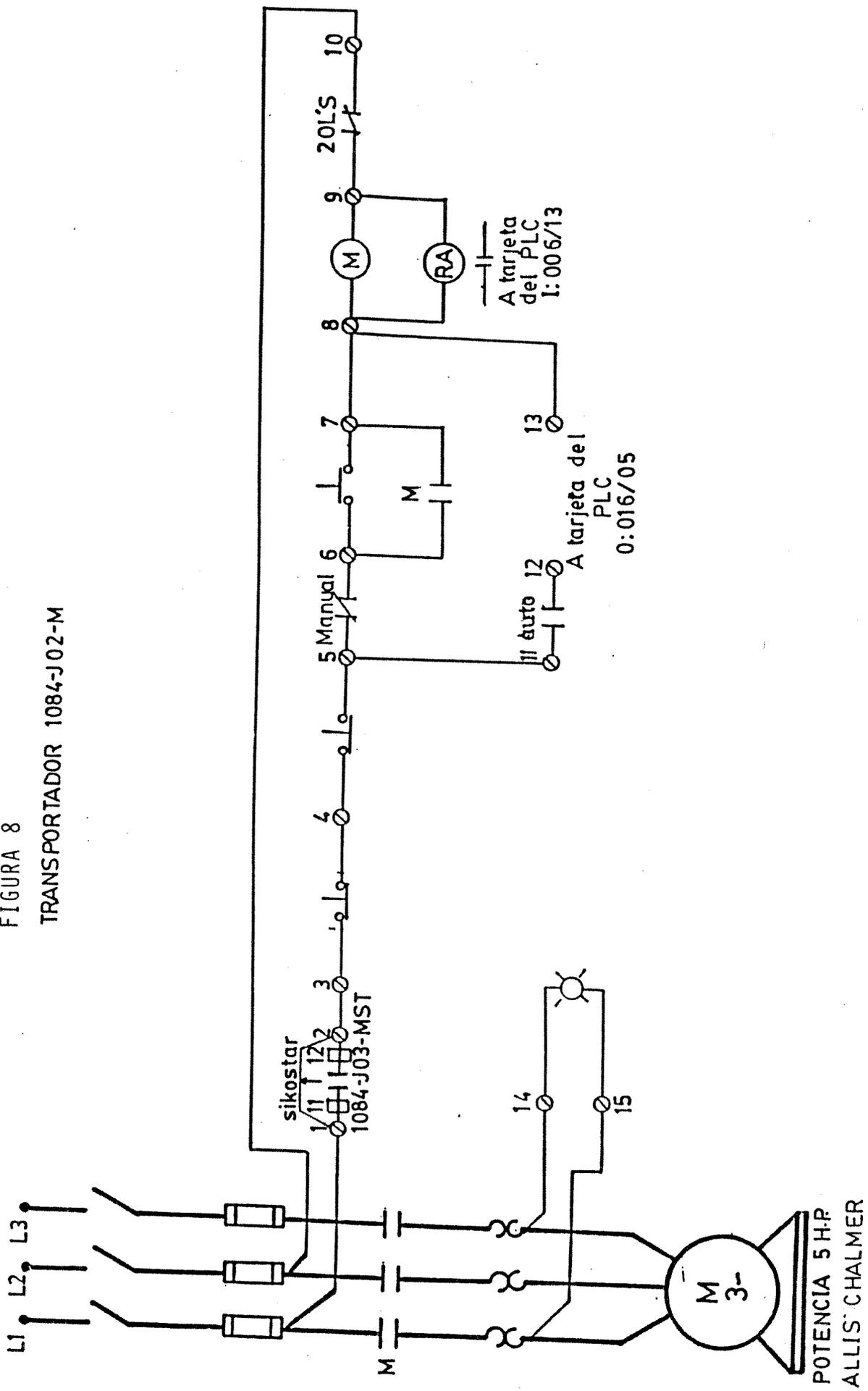
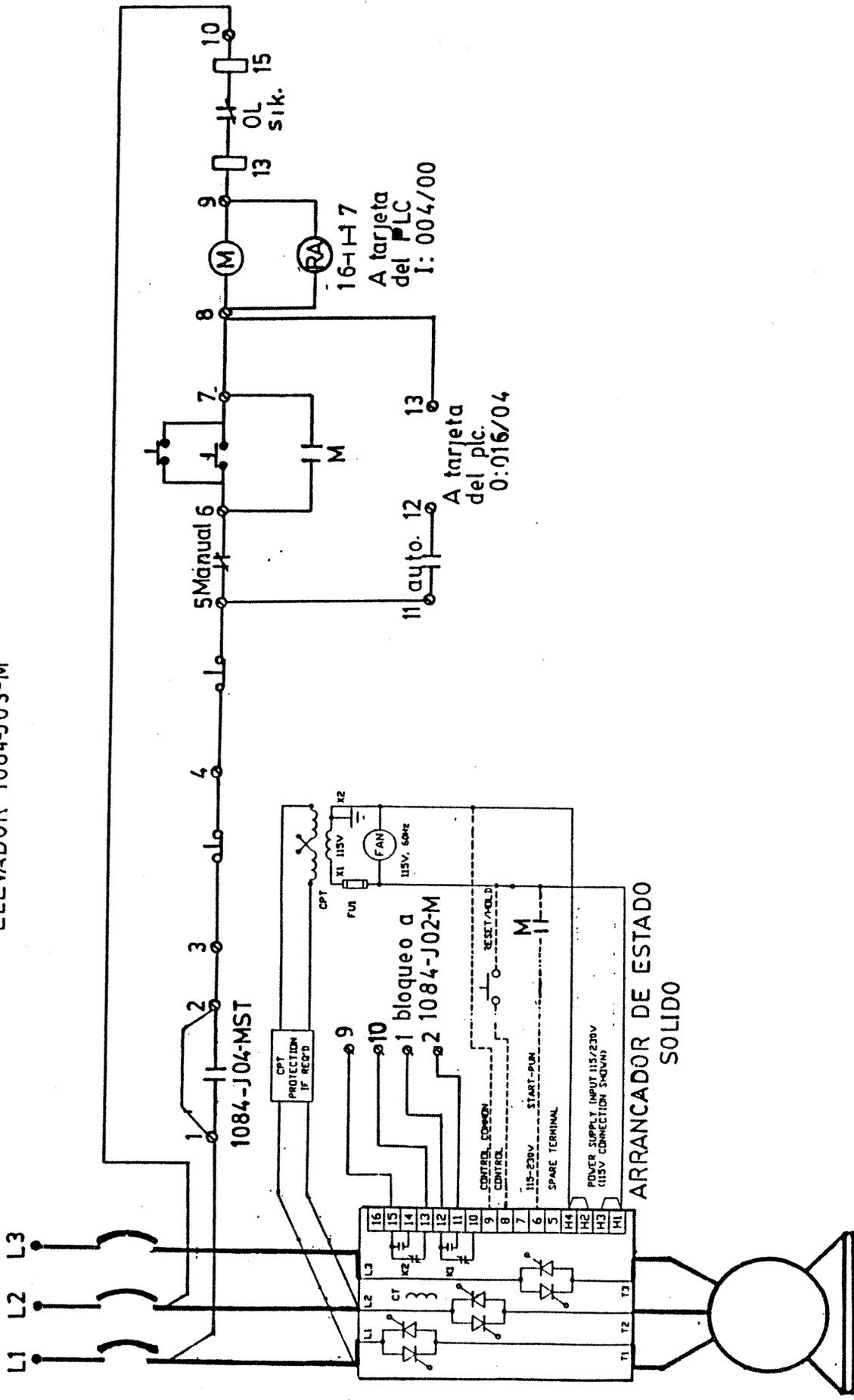


FIGURA 9  
ELEVADOR 1084-J03-M



POTENCIA 25 H.P.  
ALLIS CHALMER

- 12 60 botoneras start con luz incorporada color verde KMLLT-GN.
- 13 03 manijas de dos posiciones KM RW 1KV 0-11C con placa.
- 14 550 terminales abiertas 14-16.
- 15 400 terminales de pin 14-16.
- 16 300 cinchos TIE RAP de 6 pulgadas.
- 17 60 regletas con números para bornera del 0-9 WL 9705.
- 18 60 regletas con números para bornera del 11-20 WL 9705.
- 19 75 tapaderas para borneras WL AP 2.5 AWG 14.
- 20 02 cajas de 80 X 100 X 30 cm. RW 1180 con llave.
- 21 02 cajas de 60 X 60 X 21 cm. RW 1060 con llave.
- 22 100 cinchos TAE RAP de 10 pulgadas.
- 23 100 cinchos TAE RAP de 12 pulgadas.
- 24 04 cajas plásticas KMCI43X-150 250 X 375 X200 mm. completas.
- 25 100 metros de cable protoflex 7 X 1.5 mm.
- 26 300 metros de cable con shield 2 X 18.
- 27 6500 de cable TFF No. 16 color rojo.
- 28 600 metros de cable THHN No. 14.
- 29 06 metros de BX plástico flexible.
- 30 70 metros de canaleta metálica de 4 pulg. X 1 pie con tapadera y tornillos.
- 31 04 vueltas a 90 grados para canaleta de 4 pulg. X 1 pie.
- 32 03 canaletas tipo T de 4 pulg. X 1 pie.

- 33 10 tubos conduit aluminio de 1/2" X 10'.
- 34 05 coplas conduit de 1/2".
- 35 40 abrazaderas conduit de 3/4".
- 36 10 metros de tubo BX NMT de 1" flexible.
- 37 15 tubos conduit aluminio de 3/4" X 10'.
- 38 15 tubos conduit aluminio de 1" X 10'.
- 39 02 cajas de 50 unidades de pernos Hilti KB11 12-334.
- 40 03 automáticos FAZ de 2 x 20 Amp.

#### **4.6. Equipo de instrumentación y medición:**

Dentro del equipo de instrumentación y de medición necesarios para obtener las señales analógicas que irán hacia el autómata y que servirán para que él pueda determinar cuales son las potencias consumidas por los molinos, separadores y elevadores, tenemos lo siguiente:

a. Molino 1083-G01-M.

- 02 transformadores de corriente marca General Electric con relación de transformación de 200/5.
- 02 transformadores de potencial marca General Electric con relación de transformación de 2400/120 con fusibles incorporados.
- 01 medidor de potencia marca Power Measurement 3710 con salida analógica de 4 a 20 mA.

b. Separador 1083-S01-M.

- 02 transformadores de corriente marca MW con relación de transformación de 50/5.
- 02 transformadores de potencial marca General Electric con relación de transformación de 2400/120 con fusibles incorporados.
- 01 transductor marca RIS con entradas de 5 A, 120 VAC y salida de 4 a 20 mA.

c. Elevador 1083-J02-M.

- 02 transformadores de corriente marca General Electric con relación de transformación de 100/5.
- 02 transformadores de potencial marca MW con relación de transformación de 240/120.
- 01 transductor marca RIS con entradas de 5 A, 120 VAC y salida de 4 a 20 mA.

d. Molino 1084-G01-M.

- 02 transformadores de corriente marca FLS con relación de transformación de 200/5.
- 02 transformadores de potencial marca FLS con relación de transformación de 2400/120 con fusibles incorporados.
- 01 medidor de potencia marca Power Measurement 3710 con salida analógica de 4 a 20 mA.

e. Separador 1084-S01-M.

- 02 transformadores de corriente marca MW con relación de transformación de 50/5.
- 02 transformadores de potencial marca Westinghouse con relación de transformación de 2400/120 con fusibles incorporados.
- 01 transductor marca RIS con entradas de 5 A, 120 VAC y salida de 4 a 20 mA.

f. Elevador 1084-J02-M.

- 02 transformadores de corriente marca General Electric con relación de transformación de 150/5.
- 02 transformadores de potencial marca ABB con relación de transformación de 240/120.
- 01 transductor marca RIS con entradas de 5 A, 120 VAC y salida de 4 a 20 mA.

#### **4.7. Equipo de control de velocidad.**

Para poder controlar la velocidad de las bandas transportadoras del material de alimentación a cada uno de los molinos fue necesario comprar **9 variadores electrónicos de frecuencia** los cuales serán controlados por el autómata.

#### **4.8. Entradas y salidas.**

Las entradas y salidas son elementos del PLC que lo vinculan al campo. En el caso de las entradas, Adaptan las señales de sensores para que la CPU las reconozca. En el caso de las salidas, activan un circuito de conexión (transistor, triac ó relé) ante una orden de la CPU.

Veamos una clasificación de las entradas y salidas:

##### **-Discretas:**

También llamadas digitales, lógicas , binarias u “on-off”, pueden tomar solo dos estados. La denominación de digital es más común que la discreta, aún cuando es incorrecta, ya que todas las funciones del PLC, incluidas las E/S, son digitales.

##### **-Analógicas:**

Pueden tomar una cantidad de valores intermedios dentro de un cierto límite, dependiendo de su resolución. Por ejemplo: 0 a 10 Vcc, 4 a 20 mAcc, etc.

Un término comúnmente utilizado en los PLCs modulares es el de densidad de la tarjeta de E/S. La densidad define la cantidad de puntos de entrada/salida que contiene un mismo módulo. Según el fabricante, el modelo de PLC y el tipo de tarjeta, se puede disponer de tarjetas de 4, 8, 16 y 32 puntos de E/S en un mismo módulo. Se puede denominar como de alta densidad a los módulos de 32 puntos.

Para poder acomodar los componentes de un módulo de alta densidad en el espacio disponible de la tarjeta, es usual que los canales compartan algunos componentes. Por ejemplo, en un módulo de 16 entradas discretas, estas se pueden distribuir en 2 grupos de ocho. Cada grupo dispone de un sólo borne de tensión de referencia común. Esto obliga a que todos los canales de un mismo grupo utilicen el mismo tipo y nivel de tensión, obtenido de la fuente.

De una forma similar, en las tarjetas de salida discreta, el fusible de protección puede ser compartido por todos los canales del grupo. Esto significa que, si el fusible se funde, todo el grupo sale de servicio.

La ventaja que ofrecen los módulos de alta densidad es que se reduce el tamaño del equipo, y se pueden colocar más puntos en un mismo chasis; por ende, el costo por punto se reduce.

#### **4.8.1. Análisis de entradas digitales:**

Este bloque contiene información relacionada con el elemento de entrada (tarjeta y punto) por el que ingresa el valor de la variable, puede tener adicionalmente información del tiempo de barrido y fase, posición de alarma, prioridad de la alarma, y contacto de salida para la alarma. Para la realización de este proyecto se utilizaron 38 entradas digitales. Vea tablas No. 6 y 7.

#### **4.8.2. Análisis de salidas digitales:**

El bloque de salida discreta puede contener información relacionada con el destino (tarjeta y punto de salida) de la variable, impresora de salida de la alarma, y contacto de salida para la alarma. Suele recibir información de otro bloque que resume el resultado de lógicas o eventos ejecutadas. En el presente proyecto tenemos un total de 29 salidas digitales . Vea tablas No. 6 y 7.

#### **4.8.3. Análisis de entradas analógicas:**

El PLC fue originalmente diseñado para el control de estados lógicos (si-no), y es un equipo de tecnología digital. Por lo tanto la única manera que tiene de trabajar con valores analógicos es que éstos se presenten internamente por medio de números en formato binario.

La principal tarea de una entrada analógica es precisamente la de convertir un valor analógico en un número en formato binario, por medio de un conversor A/D.

Las entradas analógicas convierten una señal analógica en un número binario. Una entrada analógica con un conversor de 8 bits podrá dividir un rango de 4 a 20 mA en 256 valores, o sea que la resolución será de  $(20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}) / 256 = 0.0625 \text{ mA}$ . En cambio con una entrada analógica de 12 bits, tendrá una resolución de una parte en 4096, o sea  $0.0039 \text{ mA}$ . Se define justamente como resolución al mínimo cambio que un conversor puede discriminar en su entrada.

Para el caso particular de rangos que incluyen el cero (como  $-50 \text{ mVcc}$  a  $+50 \text{ mVcc}$ , ó  $-10 \text{ Vcc}$  a  $+10 \text{ Vcc}$ ) se implementan dos métodos:

- En algunos PLCs (típicamente pequeños y medianos), se desplaza el cero. Por ejemplo, una entrada analógica con un conversor de 8 bits y un rango de entrada de  $-10 \text{ Vcc}$  a  $+10 \text{ Vcc}$ , tendrá una salida de 00000000 a 11111111. De esta forma, una entrada de  $0 \text{ Vcc}$  no coincide con el 00000000 de salida del conversor A/D.

- En otros PLCs ( en general grandes) se utiliza un bit para indicar el signo de la entrada. Por ejemplo, una señal analógica con un conversor A/D de 8 bits y un rango de entrada de  $-10 \text{ Vcc}$  a  $+10 \text{ Vcc}$ , utilizará un bit para indicar el signo de la entrada, y otros 7 para indicar su valor absoluto. En este caso, la salida del conversor A/D estará entre -11111111 a +11111111. Se dice entonces que la resolución del conversor es de 8 bits, ó 7 bits más signo. Cuando con una tarjeta de este tipo se lee una señal de  $0$  a  $10 \text{ Vcc}$ , se utiliza sólo la mitad del

rango del conversor. La resolución de esta tarjeta en esta aplicación será entonces de 7 bits.

En nuestro caso se está utilizando 12 entradas analógicas, para en control de los molinos y dosificación de la carga. Ver tablas No. 6 y 7.

#### **4.8.4. Análisis de salidas analógicas:**

Aquí la CPU emite un número binario a través del bus de datos, que debe convertirse en una señal analógica de corriente o de tensión.

Los módulos de salida analógica ofrecen 12, 4 ú 8 canales, en tensión o en corriente. Típicamente, este bloque contiene información relacionada con el destino (tarjeta y punto de salida) del valor analógico, unidades de ingeniería (típicamente porcentaje de apertura de una válvula), límites de alarma, impresora de salida de la alarma, prioridad de la alarma. Suele estar conectado a otro bloque que le informa el valor a optar (en el caso de este proyecto, una serie de instrucciones PID dentro del programa) o a un punto activo de una estación de operación si es una salida manual.

El total de salidas analógicas utilizadas en el proyecto de automatización de los molinos fue de 6, gobernado de esta manera la velocidad de las bandas alimentadoras. Ver tablas No. 6 y 7.



TABLA 6		GRUPOS DE ARRANQUE DE MOLINO DE CEMENTO 1083-00			
NUMERO GRUPO	NOMBRE DEL EQUIPO	DIRECCIÓN DE CONEXIÓN EN TARJETAS DE PLC			
		DIGITAL IN	DIGITAL OU	ANAL. IN	ANAL. OUT
<b>GRUPO 0:</b>					
1. 1083-G01-EM	GENERADOR DC	006/07.	015/02.		
2. 1083-G01-M	MOTOR DEL MOLINO	003/13.	013/03.	000/CH8	
3. 1083-P01-FM	MOTOR VENTILADOR	006/10.	016/00		
<b>GRUPO 1:</b>					
1. 1090-C01-M	COMPRESOR DE AIRE	006/00			
2. 1090-C02-M	COMPRESOR DE AIRE	006/01.			
3. 1090-K02-M	BOMBA FULLER	005/16.			
4. 1090-K03-M	BOMBA FULLER	005/17.			
5. 1080-J01-M	TRANSPORTADOR GRAL.	005/15.			
6. 1080-J02-M	TRANSPORTADOR GRAL.	005/14.			
<b>GRUPO 2:</b>					
1. 1083-J04-M	DESCARGA SEPARADOR	003/10.	015/07.		
2. 1083-S01-M	SEPARADOR	003/11.	015/10.	001/CH2	
3. 1083-J03-M	CARGA AL SEPARADOR	006/02.	015/11.		
4. 1083-J02-M	ELEVADOR	003/12.	015/12.	001/CH1	
<b>GRUPO 3</b>					
1. COMP. CLOSED	DESCARGA FILTRO	006/16.	no usa		
2. 1083-J05-M	CARGA ELEVADOR	006/04.	015/14		
3. 1083-P01-J FOR	RECOLECTOR FILTRO	006/05.	015/15		
<b>GRUPO 4:</b>					
1. 1083-J0-1-M	DESCARGA MOLINO	006/03.	015/13		
2. 1083-G01-A	CLUTCH DEL MOLINO	006/06.	015/16		
<b>GRUPO 5:</b>					
1. 1083-P01	FILTRO PHOTO HELIC	006/17.	016/12.		
<b>GRUPO 6</b>					
1. 1083-D01-M	PESADORA DE CLINKER	003/14.	013/04.	001/CH3	011/CH1
2. 1083-D02-M	PESADORA DE TOBA	003/15.	013/05.	001/CH4	011/CH2
3. 1083-D03-M	PESADORA DE YESO	003/16.	013/06.	001/CH5	011/CH3
LOCAL/REMOTO	SELECTOR MAN-AUTO	007/02.			

<b>TABLA 7</b>		<b>GRUPOS DE ARRANQUE DE MOLINO DE CEMENTO 1084</b>			
<b>NUMERO GRUPO</b>	<b>NOMBRE DEL EQUIPO</b>	<b>DIRECCIÓN DE CONEXIÓN EN TARJETAS DEL PLC</b>			
		<b>DIGITAL IN</b>	<b>DIGITAL OUT</b>	<b>ANAL. IN</b>	<b>ANAL. OUT</b>
<b>GRUPO 0:</b>					
1. 1083-P01-FM	VENTILADOR DE TIRO	006/10.	016/00		
<b>GRUPO 1:</b>					
1. 1090-C01-M	COMPRESOR DE AIRE	006/00			
2. 1090-C02-M	COMPRESOR DE AIRE	006/01.			
3. 1090-K02-M	BOMBA FULLER	005/16.			
4. 1090-K03-M	BOMBA FULLER	005/17.			
5. 1080-J01-M	TRANSPORTADOR GRAL.	005/15.			
6. COMP. IS CLOSED		007/04.	no usa		
7. COMP. IS OPEN		007/05.	016/14		
<b>GRUPO 2:</b>					
1. 1084-J05-M	DESCARGA SEPARADOR	006/11.	016/01.		
2. 1084-S01-M	SEPARADOR	003/17.	016/02.	001/CH8	
3. 1084-J04-M	CARGA SEPARADOR	006/12.	016/03.		
4. 1084-J03-M	ELEVADOR	004/00	016/04.	001/CH7	
5. 1084-J02-M	CARGA ELEVADOR	006/13.	016/05.		
<b>GRUPO 3:</b>					
1. 1084-J01-M	DESCARGA DE MOLINO	006/14.	016/06.		
<b>GRUPO 3A</b>					
C_FILT_OP	COMP. DESCARGA FILT	006/15.	016/10		
1083-P01-J-REV	RECOLECTOR FILTRO	007/00.	016/13		
<b>GRUPO 4:</b>					
1. 1084-G01-M	MOLINO	004/01.	016/07.	001/CH6	
2. 1083-P01	FILTRO PHOTO-HELIC	006/17.	016/12.		
<b>GRUPO 5</b>					
1. 1084-D01-M	PESADORA DE CLINKER	004/02.	013/07.	002/CH1	011/CH4
2. 1084-D02-M	PESADORA DE TOBA	004/03.	013/10.	002/CH2	012/CH1
3. 1084-D03-M	PESADORA DE YESO	004/04.	013/11.	002/CH3	012/CH2
LOCAL/REMOTO	SELECTOR MAN-AUTO	007/03.			

## **5. Ejecución del proyecto.**

### **5.1. Montaje del equipo.**

El PLC, la fuente de poder, el chasis y los módulos de entrada tanto analógicos como digitales fueron montados dentro de un gabinete completamente cerrado y en un cuarto exclusivo para este equipo, en donde se permite únicamente el acceso de personal que tiene relación con equipo electrónico.

El Panel View está montado frente a los molinos de cemento, de tal manera que el operador pueda tener no sólo una visión del proceso a través de las pantallas, sino también físicamente.

### **5.2. Entubado y canalización.**

Para el tendido de cables de potencia, control y de señales analógicas, se separaron los cables de potencia de los demás con el fin de evitar ruidos o inducciones que pudieran afectar las señales analógicas.

Todo el cableado de control y de señal que va hacia el PLC se tendió dentro de canaleta metálica de 4 plg x 1 pie , para el cableado de potencia se utilizó tubería conduit de aluminio de 3/4", 1", 1 1/2", 2" esto de acuerdo a los calibres de los conductores.

### **5.3. Cableado de señales analógicas y digitales hacia el autómeta.**

Se conectaron relés auxiliares de 8 pines en paralelo a las bobinas de cada uno de los arrancadores, estos sirvieron para enviar las señales digitales de entrada hacia el PLC. Para el cableado de las señales digitales de entrada y salida se utilizaron los siguientes tipos de cables:

Cable Protoflex 7 X 1.5 mm.

Cable Protoflex 12 X 1.5 mm.

Cable Protoflex 25 X 1.5 mm.

Cable TFF No. 16 color rojo.

Cable THHN No. 14.

Para las señales analógicas se utilizó cable belden con blindaje individual para cada par.

Cable con pantalla 2 X 18.

Cable con pantalla 8 X 18.

### **5.4. Conexión del equipo y del autómeta.**

En la figura No. 9 pueden observarse los puntos de conexión de campo de las señales digitales, el contacto NO (normalmente abierto: bornes 16-17) del relé auxiliar (RA) va conectado a los módulos de entrada, este le permite al PLC identificar que ese motor está realmente arrancado. Los puntos 12 - 13 de la misma figura van conectados a los módulos de salida digital, si la manija **manual-auto** está

en la posición **auto** se podrán parar y arrancar los motores desde el PLC en forma automática.

La figura No. 10 muestra el diagrama de conexiones de un transductor de potencia utilizado en los elevadores y separadores. La relación transformación de los CT's y de los PT's varía de acuerdo a la corriente y voltaje nominal de operación de los motores <sup>6\*</sup>. En los bornes No. 1 y 2 se obtiene una corriente de salida de 4 a 20 mA que va conectada a los módulos de entrada analógica.

La figura No. 11 representa el diagrama de conexiones de un medidor de potencia 3710 utilizado en los molinos. La relación de transformación de los PT's es 2400V/110V y la de los CT's de 200A/5A en ambos molinos. En los puntos identificados con **AUX** se obtiene una salida de 4 a 20 mA que va conectada a los módulos de entrada analógica.

La figura No. 12 muestra un diagrama del lazo de control para una banda de alimentación donde los módulos de entrada analógica del PLC reciben una señal de 4 a 20 mA directamente de la pesadora, y emite otra señal de 4 a 20 mA a través de los módulos de salida analógica hacia los variadores de frecuencia.

---

<sup>6\*</sup> Para información de transformadores de corriente y de potencial vea sección 4.5 del capítulo V.

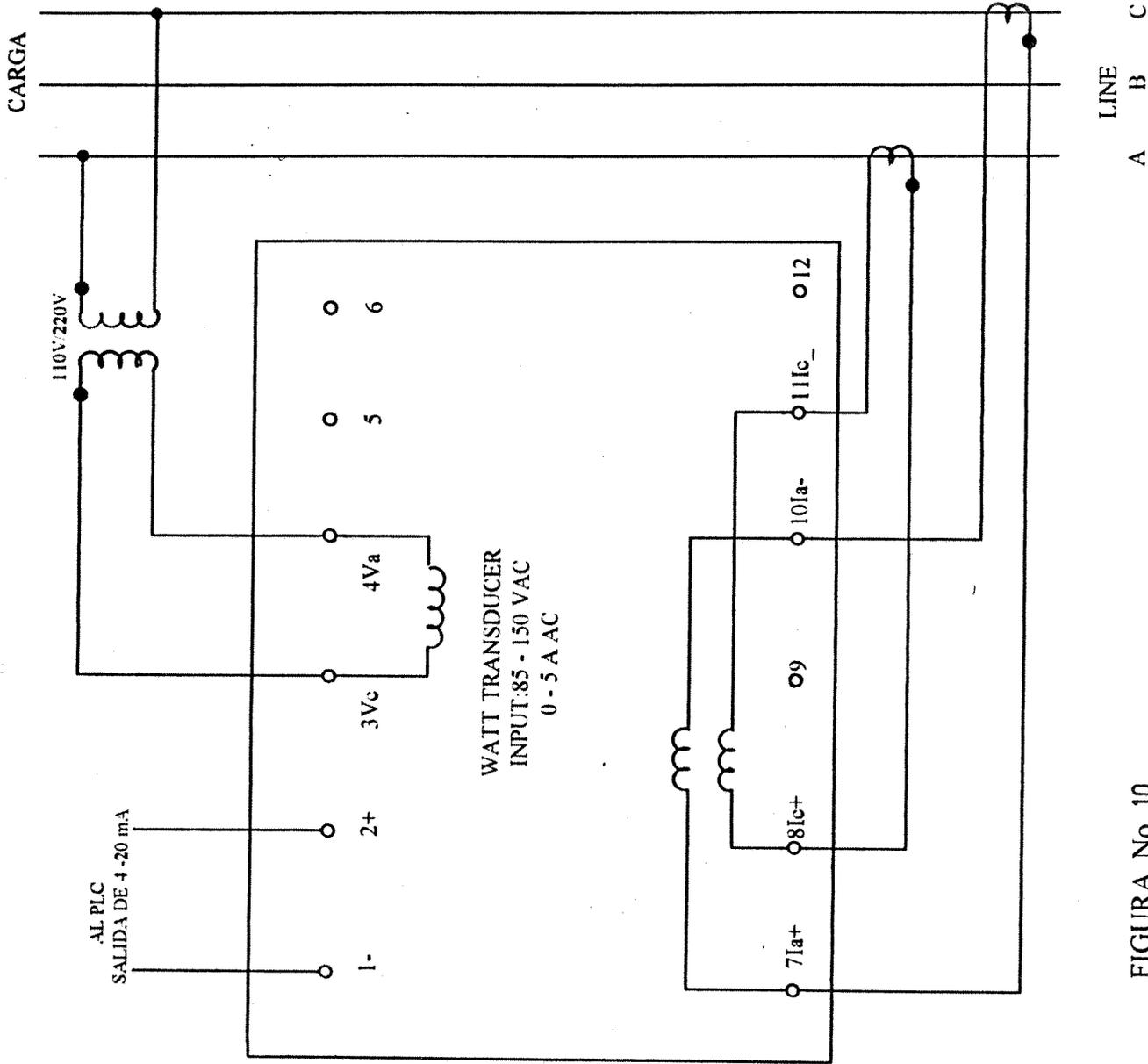
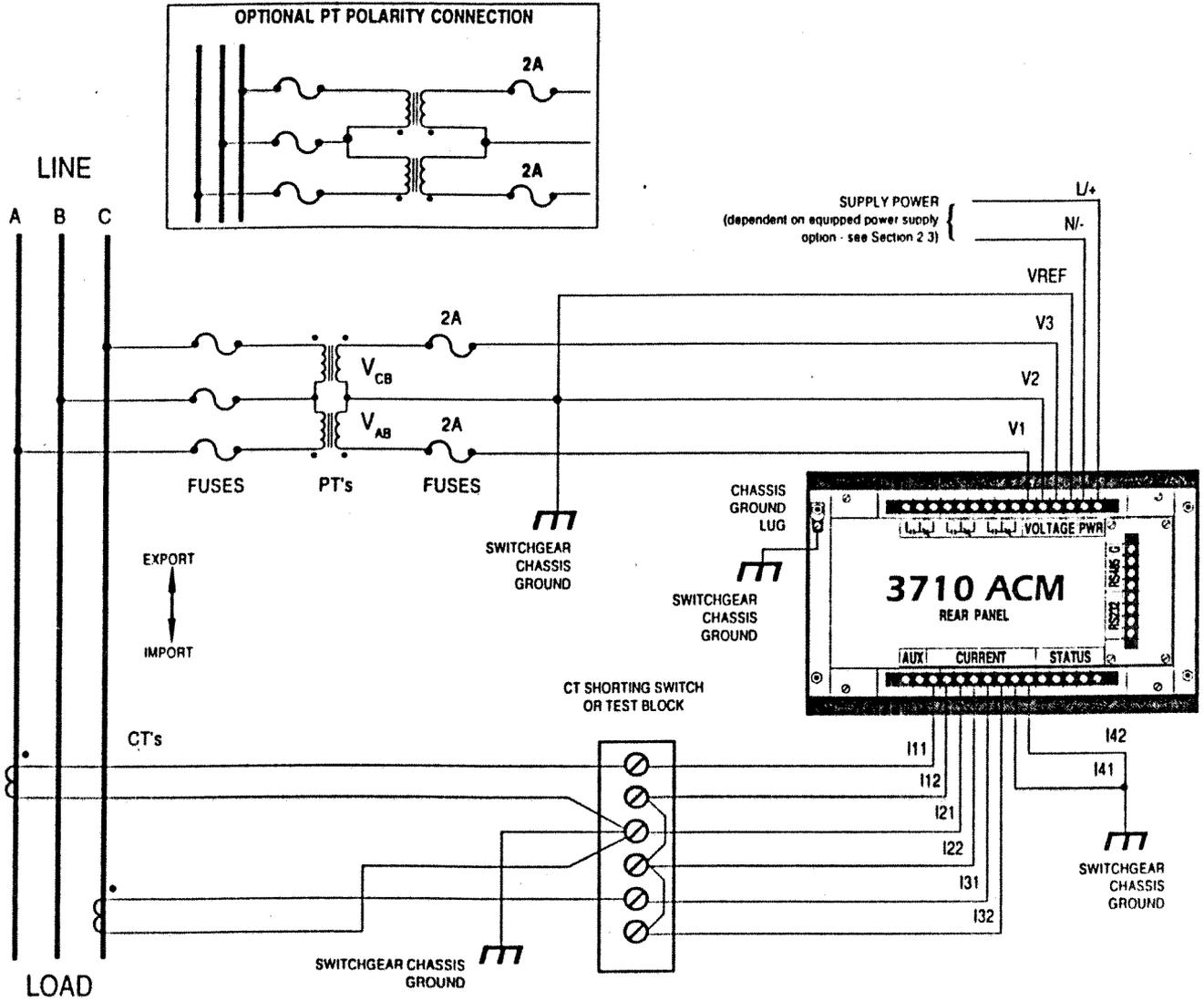


FIGURA No. 10

FIGURA No.11

3 WIRE DELTA: 2 ELEMENT CONNECTION USING 2 PTs AND 2 CTs.



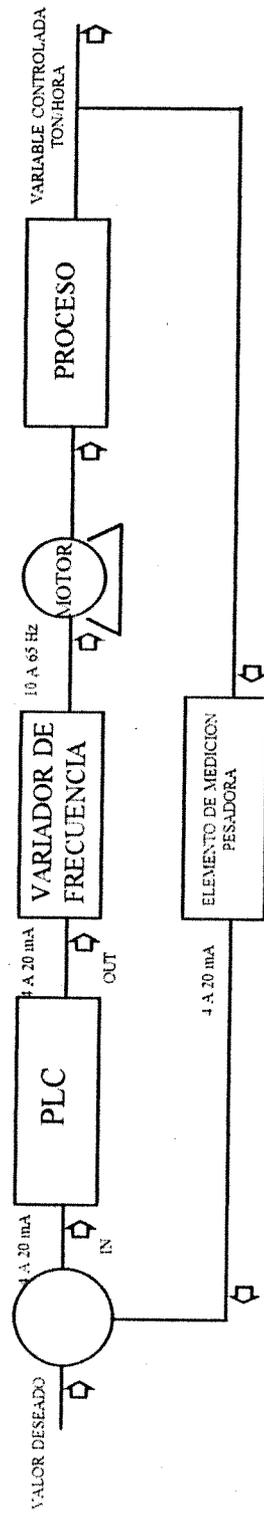


FIGURA No. 12 LAZO DE CONTROL DE BANDA DE ALIMENTACIÓN

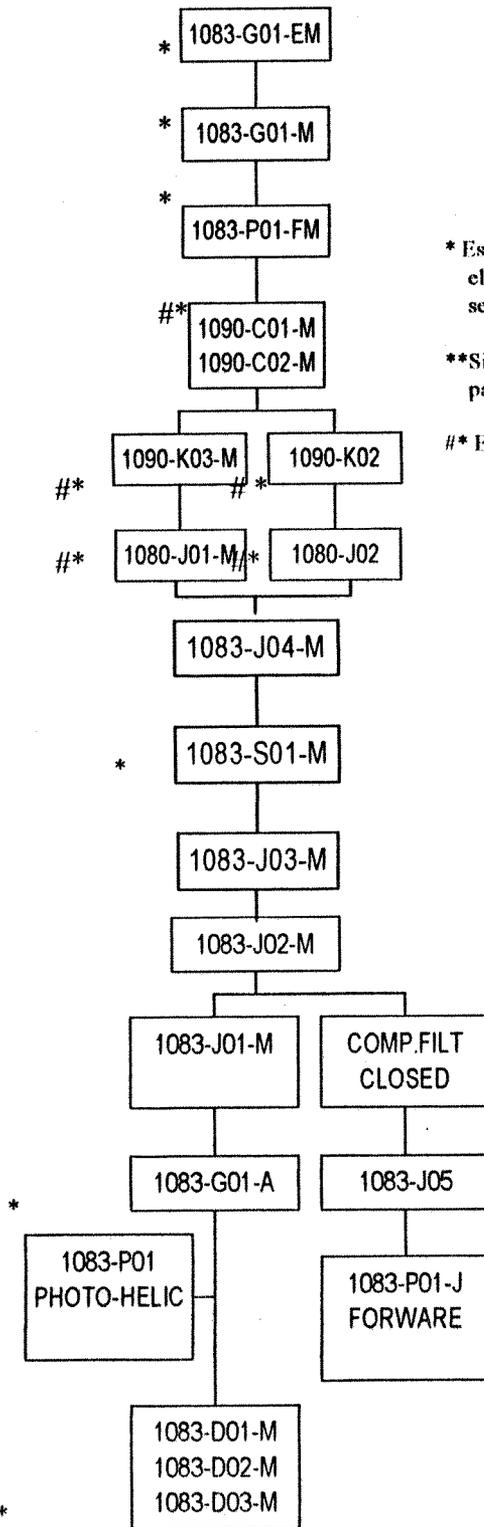
## **5.5. Programación del autómata.**

### **5.5.1. Secuencia de arranque.**

Basados en el diagrama de proceso, se elaboró un diagrama de bloques para el molino 1083 y otro para el molino 1084, que determina la secuencia de arranque de cada uno de los equipos de cada molino. Ver gráficas No. 3 y 4.

Si comparamos los diagramas de secuencia de arranque de ambos molinos, se podrá comprobar que hay algunos equipos que aparecen en ambos diagramas, por ejemplo el filtro PHOTO-HELIC, ésto se debe a que el filtro trabaja para ambos molinos razón por la cual puede ser arrancado desde cualquier molino; el 1083-P01-J es un gusano transportador que también aparece en ambos molinos, sirve para descargar el filtro PHOTO-HELIC y llevar el material al molino que se le indique dependiendo del sentido de rotación en que sea arrancado (forward o reverse).

**GRÁFICA No. 3.**  
**SECUENCIA DE ARRANQUE Y PARO DE MOLINO 1083-00**



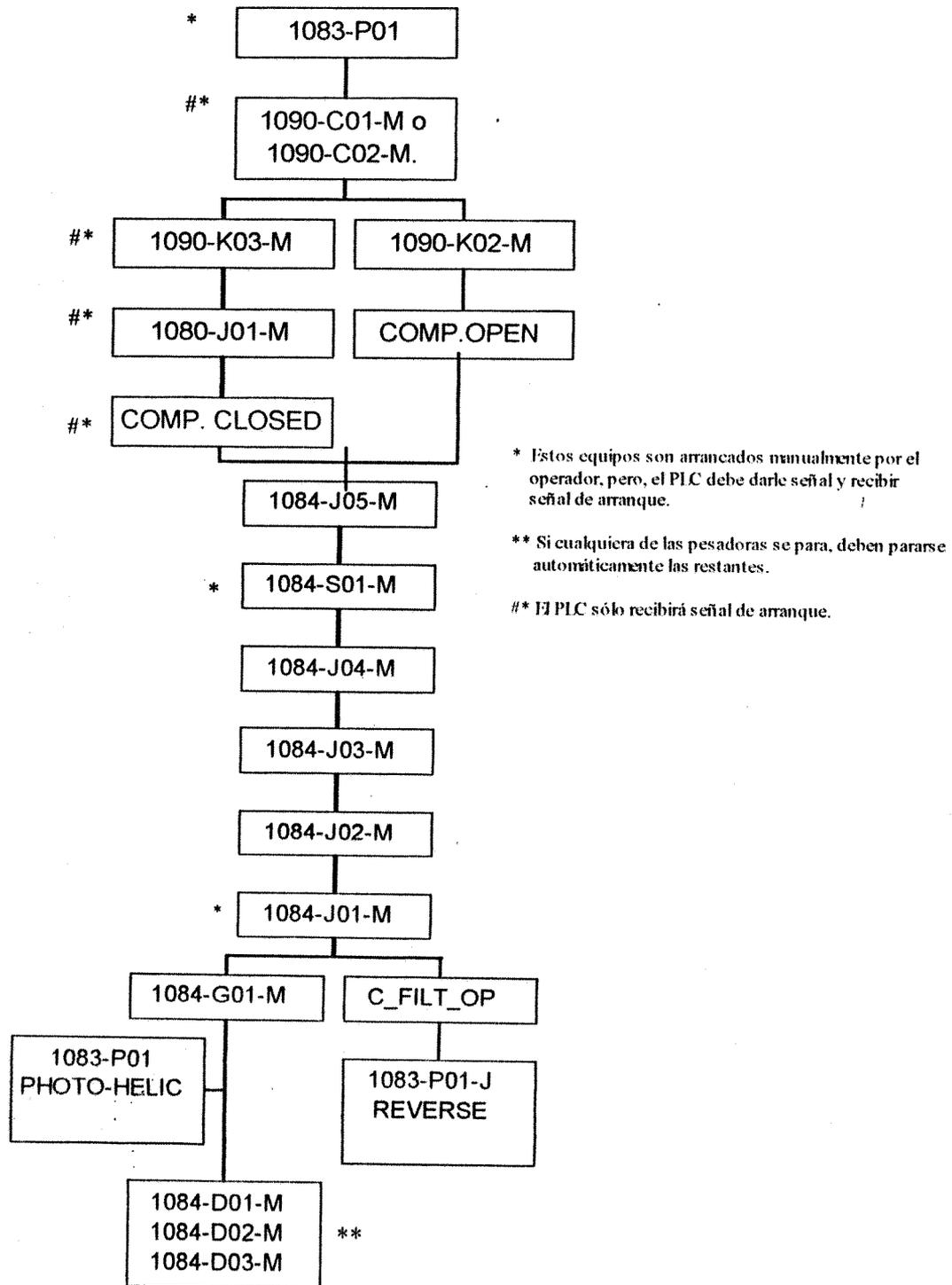
\* Estos equipos son arrancados manualmente por el operador, pero, el PLC debe darle señal y recibir señal de arranque.

\*\*Si por cualquier motivo una de las pesadoras se para, deben pararse automáticamente las restantes.

\*\* El PLC sólo recibirá señal de arranque.

\*\*

**GRAFICA No. 4.**  
**SECUENCIA DE ARRANQUE Y PARO DE MOLINO 1084-00**



### **5.5.2. Arranque en grupos.**

Para el arranque y paro automático del equipo, se definieron grupos basados en las condiciones generales del flujo de material a lo largo del proceso y de la secuencia de arranque establecida en los diagramas de bloques anteriores.

Los grupos quedaron formados como aparecen en las tablas 6 y 7. El objetivo de la formación de los grupos se debe a que algunas veces no es necesario arrancar ciertos equipos, por ejemplo, la posición abierta o cerrada de la compuerta del filtro (C\_FILT\_OP ó C\_FILT\_CL) determinará si se arranca el grupo 3A de la secuencia del molino 1084, o el grupo 3 de la secuencia del molino 1083. Así también por razones de operación, ya que una vez que se le da arranque a un grupo el PLC empezará a arrancar todos los equipos que pertenecen a dicho grupo dejando un intervalo de 5 segundos entre cada uno. El operador visualizará en la pantalla el momento en que cada motor vaya arrancando y cuando finalice el grupo, si lo desea, puede verificar físicamente que el equipo este funcionando normalmente antes de arrancar el siguiente grupo. El paro del equipo se realiza en condiciones similares.

### **5.5.3. Descripción de pantallas.**

Para que el operador pueda estar informado y tomar acción sobre el proceso se generaron pantallas de operación, ver figuras 13 a 18.

Las mismas constan de dos partes:

Una parte estática que representa un mímico del proceso con gráficos de gusanos transportadores, separadores, molinos, tolvas, motores etc. En esta parte estática se dejaron espacios en los lugares donde van a ir los valores de las variables y se indican que lugares son activos, ya sea como consecuencia del estado de una variable o por acción del operador (cambio de color, incremento del tamaño de una barra).

Una parte dinámica, que son los valores de las variables o cambios en pantalla que se modifican en función de lo que ocurre en el proceso o por acción del operador. En este caso lecturas de potencia de elevadores, separadores, molinos y lecturas de peso en toneladas/hora de las bandas de alimentación de toba, yeso y clinker.

Para que la configuración de las pantallas se complete, existe un programa que permite la conexión de las áreas reservadas a elementos dinámicos, con el lugar de memoria donde se encuentra almacenado el valor o el estado de la variable.

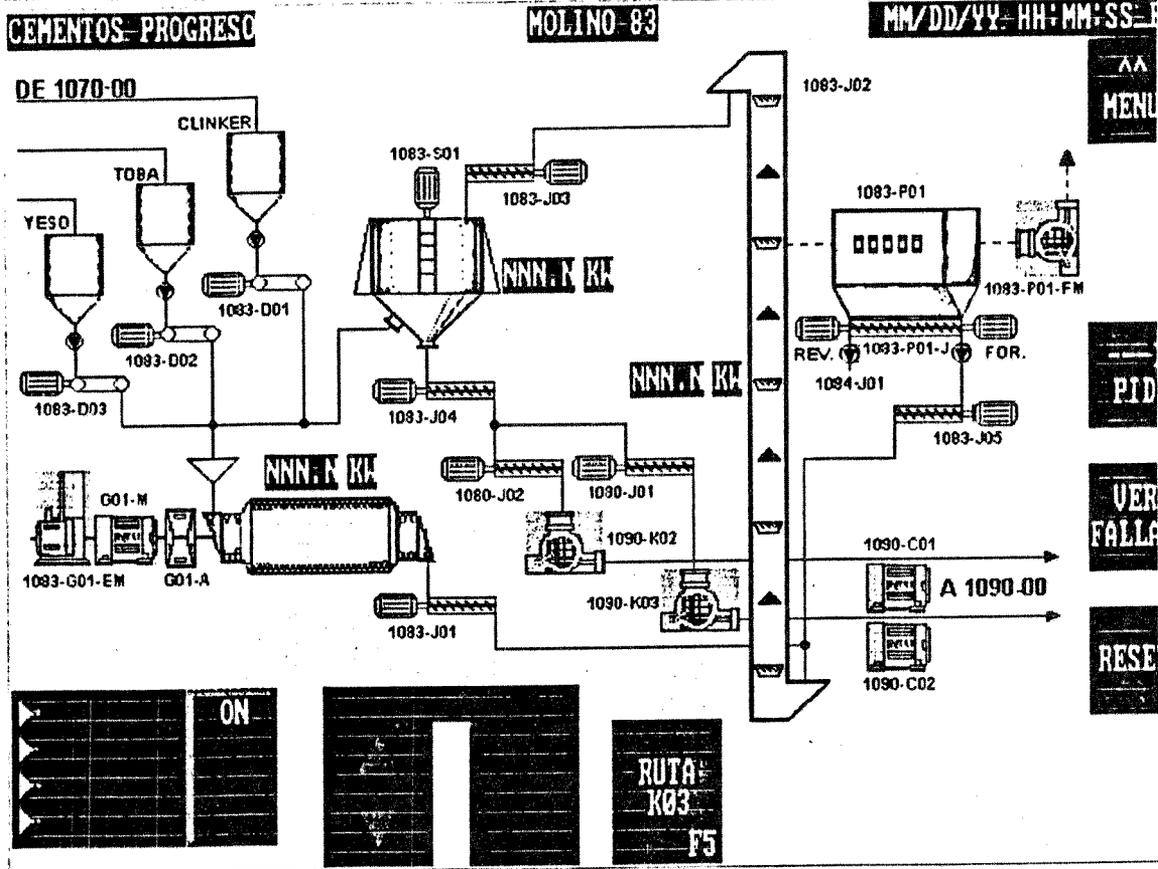
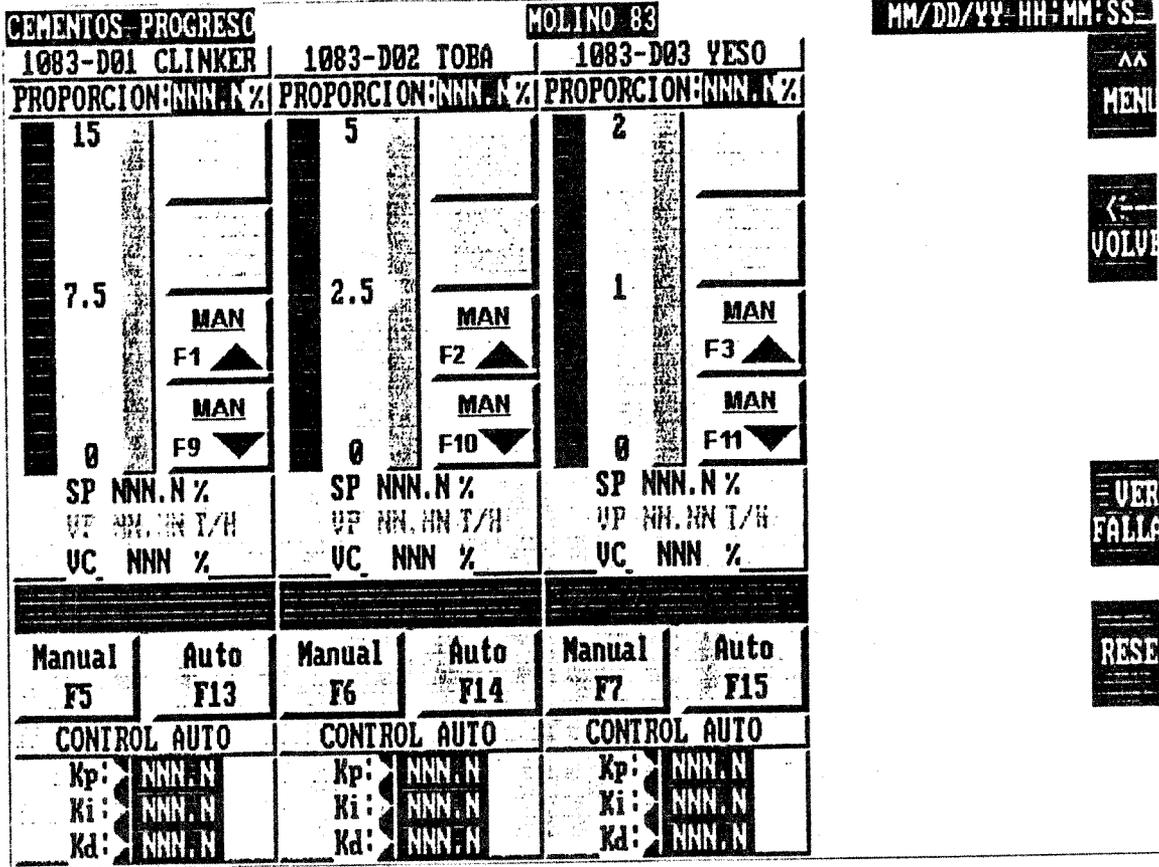


FIGURA No. 13  
PANTALLA DE PROCESO DEL MOLINO 1083 PARA ARRANQUE Y PARO DE LOS GRUPOS, ASI COMO PARA CONTROL VISUAL DEL EQUIPO EN OPERACIÓN



AA  
MENU  
←  
VOLV  
VER  
FALL  
RESE

FIGURA No.14  
PANTALLA DE CONTROL DE LOS LAZOS PID DE LAS TRES PESADORAS DEL  
MOLINO 1083.

**CEMENTOS-PROGRESO**  
**1083-G01**  
400 KW

400  
200  
0

AUTO  
F1 ▲  
AUTO  
F9 ▼  
MAN  
F2 ▲  
MAN  
F10 ▼

SP NNN.N KW  
VC NNN %

Manual F5    Auto F13

CONTROL MANUAL

Kp: NNN.N  
Ki: NNN.N  
Kd: NNN.N

**MOLINO-83**

MM/DD/YY HH:MM:SS

**PROPORCIONES:**

PESADORA:	NUEVO:	ACTUAL:
1083-D01:	NNN.N %	NNN.N %
1083-D02:	NNN.N %	NNN.N %
1083-D02:	NNN.N %	NNN.N %
TOTAL:	NNN.N %	100.0 %

▲▲  
MENU

←  
VOLVER

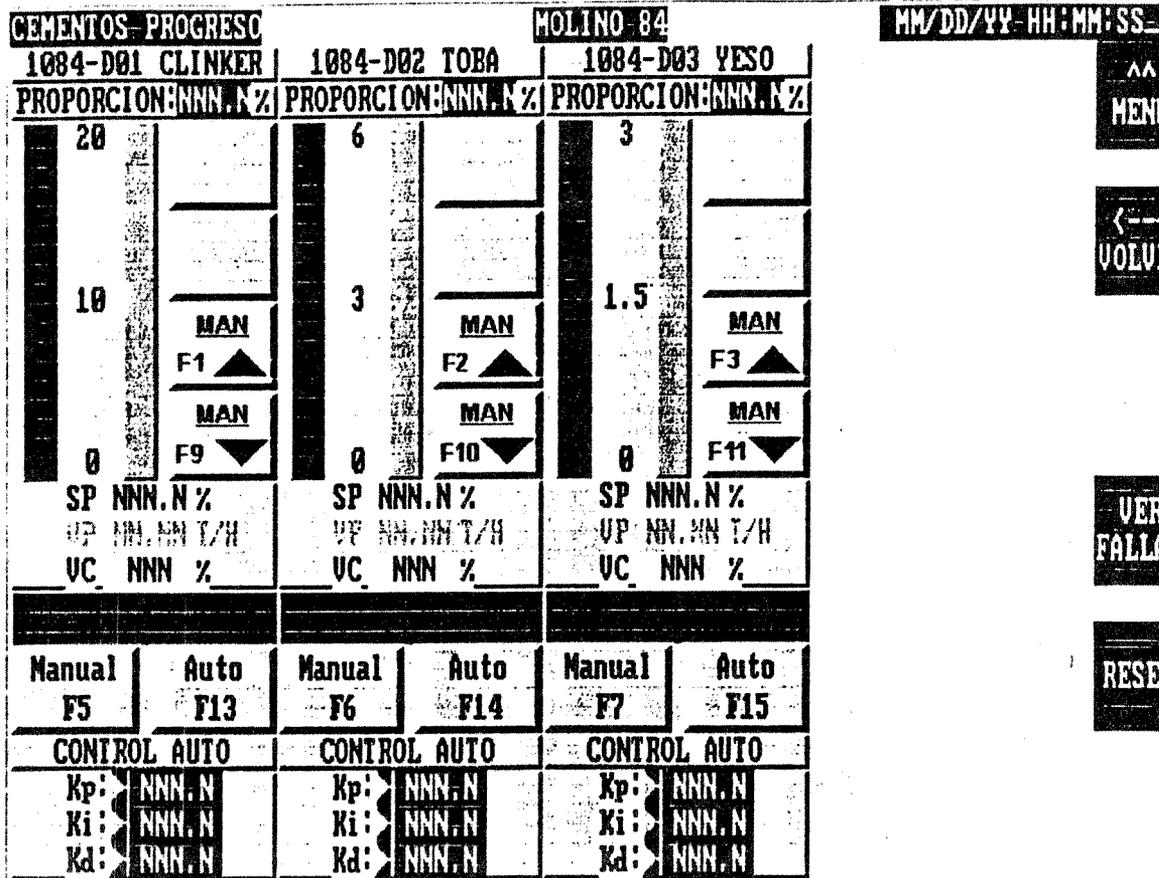
---  
PID

VER  
FALLA

RESE

FIGURA No. 15  
PANTALLA DE CONTROL DEL LAZO PID DEL MOTOR DEL MOLINO 1083.





AA  
MENU  
←  
VOLUE  
VER  
FALLA  
RESE

FIGURA No. 17  
PANTALLA DE CONTROL DE LOS LAZOS PID DE LAS TRES PESADORAS DEL MOLINO 1084.

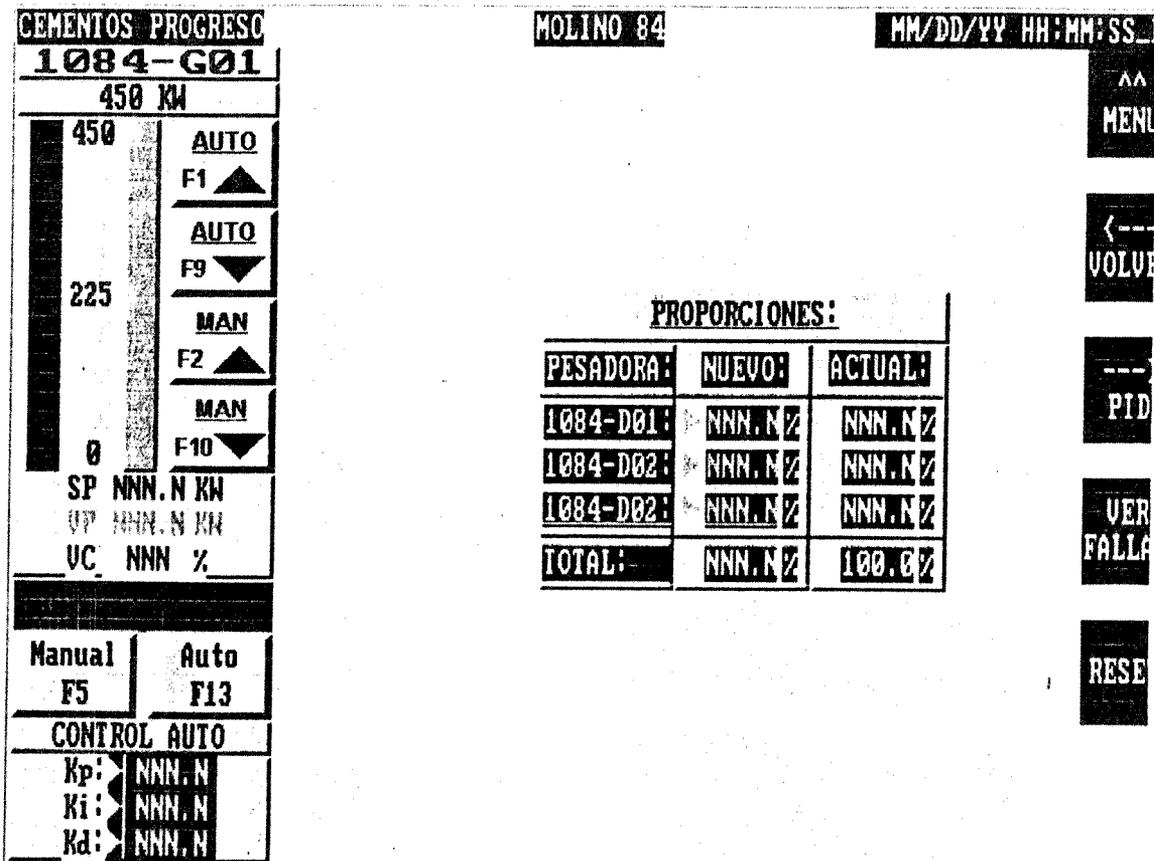


FIGURA No. 18  
 PANTALLA DE CONTROL DEL LAZO PID DEL MOTOR DEL MOLINO 1084.

#### **5.5.4. El algoritmo PID.**

La función del lazo de control es tratar que la variable controlada se mantenga lo más próxima posible al valor deseado, con una evolución real que respete las exigencias del proceso. La instrucción PID surge como consecuencia de la combinación de 3 acciones básicas de control: la acción proporcional, la acción integral y la acción derivativa.

La acción proporcional intenta corregir el error en la variable controlada dando a la válvula una posición o al motor una velocidad proporcional al mismo.

En muchos casos, la acción proporcional puede dejar un error permanente u "off-set" que puede ser eliminado por medio del agregado del modo integral. Esta capacidad del modo integral de eliminar el error permanente hace que también se le denomine "reset". El modo integral tiene una salida proporcional a la integral del error a lo largo del tiempo, y por lo tanto actúa mientras exista error en el lazo.

En lazos de dinámica lenta es conveniente el agregado del modo derivativo, cuya salida es proporcional a la velocidad de variación del error, es decir, a la derivada del error respecto del tiempo.

#### **5.5.5. Funcionamiento de los lazos de control.**

Cada molino, es alimentado con tres tipos de materia prima, (toba, yeso y clinker) por medio de tres bandas de transporte. Estas bandas están provistas de una pesadora electrónica que lee el valor en toneladas/hora del material que está pasando. Emite una señal analógica de 4 a 20 mA que es recibida por el PLC a

través de uno de los módulos de entradas analógicas. Esta información, conjuntamente con las señales de las otras pesadoras, son procesadas en el programa de escalera y de las instrucciones PID (proporcional, integral y derivativo) del PLC, dando como resultado una salida analógica también de 4 a 20 mA que gobernará la velocidad de las bandas de alimentación a través de los variadores electrónicos de frecuencia ver figura 12. Obteniéndose como resultado que las proporciones de carga de las tres pesadoras sea constante y como consecuencia un cemento con características fisico-químicas más uniformes. Sin embargo, esto sólo garantiza mejoras en la calidad del cemento, pero no mejoras en la eficiencia del molino puesto que una alimentación constante puede dar como resultado que los molinos se llenen o se vacíen, cuando realmente se debe mantener un punto óptimo del grado de llenado. Para mejorar la eficiencia de los molinos, se utilizó otra variable de control, la potencia consumida por los motores de los molinos, en la pagina trece se explica el comportamiento de la potencia consumida respecto del grado de llenado, en donde una disminución de la potencia consumida, significa que el molino está lleno y un aumento de la potencia, significa que el molino está vacío. Basándonos en este comportamiento, se programó otro lazo de control PID, en el cual se variarían los set-point de peso de las pesadoras de acuerdo al grado de llenado del molino. De esta manera tenemos cuatro lazos de control PID para cada molino. Tres para las pesadoras y uno el molino. En donde los set-point de los lazos de control de las bandas pesadoras son variados por el PID del

molino. El set-point del PID del molino es fijo y lo define el operador de los molinos.

#### **5.5.6. Programa.**

Debido a que el programa de escalera de los molinos es muy extenso (consta de 181 páginas) se publicarán únicamente los archivos siguientes:

Archivo No. 2      Programa principal.

Archivo No. 20      Programación de los lazos de control PID. En este archivo se incluye la impresión de las pantallas de las instrucciones PID de las pesadoras 1083-D01, 1083-D02, 1083-D03 y del motor del molino 1083. Aquí es donde ingresan o modifican los valores de las constantes proporcional, intergral, derivativa, etc. Las pantallas de las pesadoras y molino 1084 son similares.

Archivo No. 50-56    Programación de la secuencia de arranque, paro y detección de fallas de los grupos 83\_0 al 83\_6.

Los archivos No. 21 que es Panel View y el archivo No. 22 que es Fallas no se publicarán, ya que su función es únicamente desplegar mensajes y visualización del estado en que se encuentran los equipos (parado, arrancado, falla), pero no afectan la lógica de control. Los archivos 70 al 76 corresponden a la secuencia de arranque, paro y detección de fallas de los grupos 84\_0 al 84\_5 que tampoco serán publicados ya que la lógica de programación es similar a los archivos 50 al 56 que corresponden al molino 1083.

Allen-Bradley Company  
6200 Series Software  
PLC-5 Programming Terminal Software  
Release 5.01.03  
Program Listing Report

TESIS: AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO

Processor File: CEM83\_84  
Thu May 1, 1997 - 9:08:52 am

REPORT OPTIONS

Page Width:	110
Page Length:	68
Graphics Capabilities:	NO
Right Power Rail:	YES
Address Display:	SYMBOL
Address Comments:	YES
Rung Comments:	YES
Output Cross Reference:	NO
Ladder Cross Reference:	NONE
Starting Rung:	2:0
Ending Rung:	999:32767
Formatting Commands:	ACTIVE

PROGRAM DIRECTORY FOR PROCESSOR: CEM83_84 -----[ OFFLINE ]-----			
File	Name	Type	Size(words)
0		system	116
1		function chart	6
2	PRINCIPAL	MCP ladder	507
3		undefined	6
4		undefined	6
5		undefined	6
6		undefined	6
7		undefined	6
8		undefined	6
9		undefined	6
10		undefined	6
11		undefined	6
12		undefined	6
13		undefined	6
14		undefined	6
15		ladder	7
16		undefined	6
17		ladder	7
18		undefined	6
19		undefined	6
20	ST1_PID	ladder	177
21	PANEL_VIEW	ladder	2775
22	FLT_SBR	ladder	11
23		undefined	6
24		undefined	6
25		undefined	6
26		undefined	6
27		undefined	6
28		undefined	6
29		undefined	6
30		undefined	6
31		undefined	6
32		undefined	6
33		undefined	6
34		undefined	6
35		undefined	6
36		undefined	6
37		undefined	6
38		undefined	6
39		undefined	6
40		undefined	6
41		undefined	6
42		undefined	6
43		undefined	6
44		undefined	6
45		undefined	6
46		undefined	6
47		undefined	6
48		undefined	6
49		undefined	6
50	GRUPO_83_0	ladder	144
51	GRUPO_83_1	ladder	232
52	GRUPO_83_2	ladder	207
53	grupo_83_3	ladder	129
54	grupo_83_4	ladder	118

+ PROGRAM DIRECTORY FOR PROCESSOR: CEM83\_84 -----[ OFFLINE ]-----+

File	Name	Type	Size(words)
55	GRUPO_83_5	ladder	45
56	GRUPO_83_6	ladder	131
57		undefined	6
58		undefined	6
59		undefined	6
60		undefined	6
61		undefined	6
62		undefined	6
63		undefined	6
64		undefined	6
65		undefined	6
66		undefined	6
67		undefined	6
68		undefined	6
69		undefined	6
70	GRUPO_84_0	ladder	63
71	GRUPO_84_1	ladder	188
72	GRUPO_84_2	ladder	250
73	GRUPO_84_3	ladder	74
74	GRUP_84_3A	ladder	89
75	GRUPO_84_4	ladder	102
76	GRUPO_84_5	ladder	134

Rung 2:0

```
                                PANEL VIEW
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +--+
|Prog file number  21|
|Input parameter
|Return parameter
+-----+
```

Rung 2:1

```
                                GRUPO 83-0
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +--+
|Prog file number  50|
|Input parameter
|Return parameter
+-----+
```

Rung 2:2

```
                                GRUPO 83-1
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +--+
|Prog file number  51|
|Input parameter
|Return parameter
+-----+
```

Rung 2:3

```
                                GRUPO 83-2
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +--+
|Prog file number  52|
|Input parameter
|Return parameter
+-----+
```

Rung 2:4

```
                                GRUPO 83-3
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +--+
|Prog file number  53|
|Input parameter
|Return parameter
+-----+
```

Rung 2:5

```
                                GRUP 83-4
+JSR-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +--+
|Prog file number  54|
|Input parameter
|Return parameter
+-----+
```

Rung 2:6

```
GRUPO 83-5
+JSR-----+
+-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +
+-----+
|Prog file number 55|
|Input parameter    |
|Return parameter   |
+-----+
```

Rung 2:7

```
GRUPO 83-6
+JSR-----+
+-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +
+-----+
|Prog file number 56|
|Input parameter    |
|Return parameter   |
+-----+
```

Rung 2:8

```
GRUPO 84-0
+JSR-----+
+-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +
+-----+
|Prog file number 70|
|Input parameter    |
|Return parameter   |
+-----+
```

Rung 2:9

```
GRUPO 84-1
+JSR-----+
+-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +
+-----+
|Prog file number 71|
|Input parameter    |
|Return parameter   |
+-----+
```

Rung 2:10

```
GRUPO 84-2
+JSR-----+
+-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +
+-----+
|Prog file number 72|
|Input parameter    |
|Return parameter   |
+-----+
```

Rung 2:11

```
GRUPO 84-3
+JSR-----+
+-----+
+JUMP TO SUBROUTINE +
+-----+
|Prog file number 73|
|Input parameter    |
|Return parameter   |
+-----+
```

Rung 2:12

	GRUP 84-3A
	+JSR-----+
	+JUMP TO SUBROUTINE +-+
	Prog file number 74
	Input parameter
	Return parameter
	+-----+

Rung 2:13

	GRUPO 84-4
	+JSR-----+
	+JUMP TO SUBROUTINE +-+
	Prog file number 75
	Input parameter
	Return parameter
	+-----+

Rung 2:14

	GRUPO-84-5
	+JSR-----+
	+JUMP TO SUBROUTINE +-+
	Prog file number 76
	Input parameter
	Return parameter
	+-----+

Rung 2:15

FIRST	BTW
PROGRAM	AIM 000
SCAN	CONFIG.
S:1	+BTW-----+
[	+BLOCK TRANSFER WRITE +- (EN)-+
15	Rack 00
	Group 0+- (DN)
	Module 0
	Control block BT30:31+- (ER)
	Data file N25:0
	Length 37
	Continuous N
	+-----+

Rung 2:16

FIRST	BTW
PROGRAM	AIM 001
SCAN	CONFIG.
S:1	+BTW-----+
[	+BLOCK TRANSFER WRITE +- (EN)-+
15	Rack 00
	Group 1+- (DN)
	Module 0
	Control block BT30:33+- (ER)
	Data file N25:40
	Length 37
	Continuous N
	+-----+

Rung 2:17

FIRST  
PROGRAM  
SCAN

S:1

] [ 15

BTW  
AIM 002  
CONFIG.

+BTW-----+  
+BLOCK TRANSFER WRITE +- (EN) +  
;Rack 00!  
;Group 2+-(DN)  
;Module 0!  
;Control block BT30:35+-(ER)  
;Data file N25:80!  
;Length 37!  
;Continuous N!  
+-----+

Rung 2:18

BT30:36

] / [ EN

BTR  
AOM 010  
CONFIG.

+BTR-----+  
+BLOCK TRANSFER READ +- (EN) +  
;Rack 01!  
;Group 0+-(DN)  
;Module 0!  
;Control block BT30:36+-(ER)  
;Data file N24:60!  
;Length 5!  
;Continuous N!  
+-----+

Rung 2:19

BT30:38

] / [ EN

BTR  
AOM 011  
CONFIG.

+BTR-----+  
+BLOCK TRANSFER READ +- (EN) +  
;Rack 01!  
;Group 1+-(DN)  
;Module 0!  
;Control block BT30:38+-(ER)  
;Data file N24:70!  
;Length 5!  
;Continuous N!  
+-----+

Rung 2:20

BT30:40	BTR	
]/[	AOM 012	
EN	CONFIG	
	+BTR-----+	
	+BLOCK TRANSFER READ	+- (EN) -+
	Rack	01
	Group	2+- (DN)
	Module	0
	Control block	BT30:40+- (ER)
	Data file	N24:80
	Length	5
	Continuous	N
	+-----+	

Rung 2:21

		COMUNICAC.
		PANEL VIEW
		"OK"
		N22:0
		( )
+MEQ-----+		
+MASKED EQUAL		
Source	S:32	
	0	
Mask	000F	
Compare	0	
+-----+		

Rung 2:22

LOC_REM_83		AUTO83
1:007		N22:0
]-[		( )
02		1

Rung 2:23

LOC_REM_84		AUTO84
1:007		N22:0
]-[		( )
03		2

```

Rung 2:24
PARO GRUPO
83-1 X FLT
GRUPO 83-0
N21:41
] [
  0
AUTOMATICO
GRUPO 83-0
N20:40
] / [
  0
  
```

```

          SECUENCIA
          GRUPO 83.1
          +FLL-----+
          ++FILL FILE  ++
          |Source      0|
          |Destination #N20:41|
          |Length      6|
          +-----+
          |STOP-START|
          |GRUPO 83  |
          +MVM-----+
          +-----+MOVE WITH MASK ++
          |Source      0|
          |Mask        FFFE|
          |Destination N22:13|
          |              0|
          +-----+
  
```

```

Rung 2:25
PARO GRUPO
83-2 X FLT
GRUPO 83-1
N21:42
] [
  0
AUTOMATICO
GRUPO 83-1
N20:41
] / [
  0
  
```

```

          SECUENCIA
          GRUPO 83.2
          +FLL-----+
          ++FILL FILE  ++
          |Source      0|
          |Destination #N20:42|
          |Length      5|
          +-----+
          |STOP-START|
          |GRUPO 83  |
          +MVM-----+
          +-----+MOVE WITH MASK ++
          |Source      0|
          |Mask        FFFC|
          |Destination N22:13|
          |              0|
          +-----+
  
```

Rung 2:26

PARO 83-3  
 POR FALLA  
 EN 83-2

SECUENCIA  
 GRUPO 83.3

N21:43  
 ] [-----+  
 0  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-2  
 N20:42  
 ]/[-----+  
 0

```

+-----+
+FLL-----+
++FILL FILE      ++
|Source          0|
|Destination     #N20:43|
|Length         4|
+-----+
          STOP-START
          GRUPO 83
+-----+
+MVM-----+
+-----+MOVE WITH MASK ++
|Source          0|
|Mask           FFF8|
|Destination N22:13|
|              0|
+-----+
  
```

Rung 2:27

PARO 83-4  
 POR FALLA  
 EN G-83-2  
 N21:44

SECUENCIA  
 GRUPO 83.4

] [-----+  
 0  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-2  
 N20:42  
 ]/[-----+  
 0

```

+-----+
+FLL-----+
++FILL FILE      ++
|Source          0|
|Destination     #N20:44|
|Length         3|
+-----+
          STOP-START
          GRUPO 83
+-----+
+MVM-----+
+-----+MOVE WITH MASK ++
|Source          0|
|Mask           FFF0|
|Destination N22:13|
|              0|
+-----+
  
```

Rung 2:28

```

| PARO 83-5
| POR FALLA
| EN G83-4
| N21:45
|-----] [-----+
| 0
| AUTOMATICO
| GRUPO83-4
| N20:44
|-----]/[-----+
| 0
  
```

SECUENCIA  
 GRUPO 83.5

```

+---+ FLL-----+
++FILL FILE ++
|Source 0|
|Destination #N20:45|
|Length 2|
+---+
| STOP-START
| GRUPO 83
+---+
+---+ MVM-----+
++MOVE WITH MASK ++
|Source 0|
|Mask FF00|
|Destination N22:13|
| 0|
+---+
  
```

Rung 2:29

```

| PARO 83-6
| POR FALLA
| EN G_83-4
| N21:46
|-----] [-----+
| 0
| AUTOMATICO
| G_83_5
| N20:45
|-----]/[-----+
| 0
  
```

SECUENCIA  
 GRUPO 83.6

```

+---+ CLR-----+
++CLEAR ++
|Destination N20:46|
| 0|
+---+
| STOP-START
| GRUPO 83
+---+
+---+ MVM-----+
++MOVE WITH MASK ++
|Source 0|
|Mask FFC0|
|Destination N22:13|
| 0|
+---+
  
```

Rung 2:30

PARO GRUPO	SECUENCIA
84-1 X FLT	GRUPO 84.1
EN G_84-0	
N21:61	+FLL-----+
-----] [-----	+FILL FILE ++
0	Source 0
AUTOMATICO	Destination #N20:61
GRUPO 84-0	Length 6
N20:60	+-----+
-----]/[-----	STOP/START
0	GRUPO 84
	+MVM-----+
	+-----+MOVE WITH MASK ++
	Source 0
	Mask FFFE
	Destination N22:14
	0
	+-----+

Rung 2:31

paro 84-2	SECUENCIA
por falla	GRUPO 84.2
en G_84-1	
N21:62	+FLL-----+
-----] [-----	+FILL FILE ++
0	Source 0
AUTOMATICO	Destination #N20:62
GRUPO 84-1	Length 5
N20:61	+-----+
-----]/[-----	STOP/START
0	GRUPO 84
	+MVM-----+
	+-----+MOVE WITH MASK ++
	Source 0
	Mask FFFC
	Destination N22:14
	0
	+-----+

Rung 2:32

```

PARO 84-3
POR FALLA
EN G_84_2
N21:63
  
```

```

] [
0
Automatico
grupo 84-2
N20:62
] / [
0
  
```

```

SECUENCIA
GRUPO 84.3
  
```

+FLL-----+

++FILL FILE ++

```

;Source 0
  
```

```

;Destination #N20:63
  
```

```

;Length 4
  
```

+-----+

```

STOP/START
GRUPO 84
  
```

+MVM-----+

++MOVE WITH MASK ++

```

;Source 0
  
```

```

;Mask FFF8
  
```

```

;Destination N22:14
  
```

```

0
  
```

+-----+

Rung 2:33

```

PARO 84-3A
POR FALLA
EN 84-3
N21:64
  
```

```

] [
0
AUTOMATICO
GRUPO 84-3
N20:63
] / [
0
  
```

```

SECUENCIA
GRUPO
84.3A
  
```

+FLL-----+

++FILL FILE ++

```

;Source 0
  
```

```

;Destination #N20:64
  
```

```

;Length 3
  
```

+-----+

```

STOP/START
GRUPO 84
  
```

+MVM-----+

++MOVE WITH MASK ++

```

;Source 0
  
```

```

;Mask FFF0
  
```

```

;Destination N22:14
  
```

```

0
  
```

+-----+



Rung 2:37

```

1083G01          CONTACTOR
83-0.2          MOTOR MOL.
AUTO83
N22:0  N20:40          0:013
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      1      2                      03  |
    
```

Rung 2:38

```

1083P01-FM      CONTACTOR
83-0.3          VENTILADOR
AUTO83          1083P01FMC
N22:0  N20:40          0:016
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      1      3                      00  |
    
```

Rung 2:39

```

          STOP/START          TRANSPORTA
          1080-J01            DOR
          GRUPO 83.1          GENERAL
                                1080-J01
AUTO83
N22:0  N20:41          0:015
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      1      5                      01  |
          STOP/START
          1080-J01
          1080-J01
          N22:0  N20:61
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      2      5                      |
    
```

Rung 2:40

```

1083J04          CONTACTOR
83-2.1          DESC. SEP.
AUTO83          1083J04C
N22:0  N20:42          0:015
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      1      1                      07  |
    
```

Rung 2:41

```

1083S01          CONTACTOR
83-2.2          SEPARADOR
AUTO83          1083S01C
N22:0  N20:42          0:015
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      1      2                      10  |
    
```

Rung 2:42

```

1083J03          CONTACTOR
83-2.3          CARGA SEP.
AUTO83          1083J03C
N22:0  N20:42          0:015
+---] [-----] [-----] ( )-----+
|      1      3                      11  |
    
```

```

Rung 2:43
|      1083J02      |      CONTACTOR
|      83-2.4      |      ELEVADOR
|      AUTO83      |      1083J02C
|      N22:0 N20:42 |      0:015
+---| [-----] |-----+
|      1      4      |      12
  
```

```

Rung 2:44
|      1083J05      |      CONTACTOR
|      83-3.2      |      CARGA ELEV
|      AUTO83      |      1083J05C
|      N22:0 N20:43 |      0:015
+---| [-----] |-----+
|      1      2      |      14
  
```

```

Rung 2:45
|      1083P01JF |1083P01JR |RECOLECTOR      |      CONTACTOR
|      83-3.3   |84-3A.2  |FILTRO REW      |      RECOLECTOR
|              |          |ARRANCADO       |      FILTRO FOR
|      AUTO83   |          |1083P01JRA      |      1083P01JFC
|      N22:0   |N20:43   |N20:64   I:007   |      0:015
+---| [-----] |-----] / [-----] / [-----] +
|      1      3      2      00      |      15
  
```

```

Rung 2:46
|      1083J01      |      CONTACTOR
|      83-4.1      |      DESC.MOL.
|      AUTO83      |      1083J01C
|      N22:0 N20:44 |      0:015
+---| [-----] |-----+
|      1      1      |      13
  
```

```

Rung 2:47
|      CLUTCH      |      CONTACTOR
|      83-4.2      |      CLUTCH
|      AUTO83      |      1083G01AC
|      N22:0 N20:44 |      0:015
+---| [-----] |-----+
|      1      2      |      16
  
```

```

Rung 2:48
|      PHOTOHELIC  |
|      83-5.1      |
|      AUTO83      |      1083P01C
|      N22:0 N20:45 |      0:016
+---| [-----] |-----+
|      1      1      |      12
  
```

```

Rung 2:49
|      1083D01      |      CONTACTOR
|      83-6.1      |      PESADORA
|              |      CLINKER
|      AUTO83      |
|      N22:0 N20:46 |      0:013
+---| [-----] |-----+
|      1      1      |      04
  
```

```

Rung 2:50
|      1083D02      CONTACTOR |
|      83-6.2      PESADORA  |
|                  TOBA      |
|  AUTO83          1083D02C   |
|  N22:0  N20:46   0:013    |
+---] [-----] [-----] ( )---+
|      1      2      05    |

```

```

Rung 2:51
|      1083D03      CONTACTOR |
|      83-6.3      PESADORA  |
|                  YESO      |
|  AUTO83          1083D03C   |
|  N22:0  N20:46   0:013    |
+---] [-----] [-----] ( )---+
|      1      3      06    |

```

```

Rung 2:52
|      ;1083-P01FM  CONTACTOR |
|      ;84-0.1     VENTILADOR |
|  AUTO84          1083P01FMC |
|  N22:0  N20:60   0:016    |
+---] [-----] [-----] ( )---+
|      2      1      00    |

```

```

Rung 2:53
|      ;STOP/START CERRAR    |
|      ;COMPUERTA  COMPUERTA |
|      ;TRANSPORTE TRANSPORTE|
|      ;M84                                     |
|  AUTO84                                     |
|  N22:0  N20:61   0:016    |
+---] [-----] [-----] ( )---+
|      2      6      14    |

```

```

Rung 2:54
|      ;1084J05    CONTACTOR |
|      ;84-2.1    DESC.SEP.  |
|  AUTO84          1084J05C   |
|  N22:0  N20:62   0:016    |
+---] [-----] [-----] ( )---+
|      2      1      01    |

```

```

Rung 2:55
|      ;1084S01    CONTACTOR |
|      ;84-2.2    SEPARADOR  |
|  AUTO84          1084S01C   |
|  N22:0  N20:62   0:016    |
+---] [-----] [-----] ( )---+
|      2      2      02    |

```

```

Rung 2:56
|      |1084J04|      |CONTACTOR|
|      |84-2.3 |      |CARGA SEP.|
|      |      |      |1084J04C|
|      |      |      |0:016| | |
|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |3|      |03|
    
```

```

Rung 2:57
|      |1084J03|      |CONTACTOR|
|      |84-2.4 |      |ELEVADOR|
|      |      |      |1084J03C|
|      |      |      |0:016| | |
|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |4|      |04|
    
```

```

Rung 2:58
|      |1084J02|      |CONTACTOR|
|      |84-2.5 |      |CARGA ELEV|
|      |      |      |1084J02C|
|      |      |      |0:016| | |
|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |5|      |05|
    
```

```

Rung 2:59
|      |1084J01|      |CONTACTOR|
|      |84-3.1 |      |DESC.MOLIN|
|      |      |      |1084J01C|
|      |      |      |0:016| | |
|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |1|      |06|
    
```

```

Rung 2:60
|      |C_FILT_OP|      |COMPUERTA|
|      |84-3A.1|      |FILTRO|
|      |      |      |ABIERTA|
|      |      |      |C_FILT_OP|
|      |      |      |I:006| | |
|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |1|      |15|
    
```

```

Rung 2:61
|      |1083P01JR|1083P01JF|RECOLECTOR|      |CONTACTOR|
|      |84-3A.2 |83-3.3 |FILTRO FOR|      |RECOLECTOR|
|      |      |      |ARRANCADO|      |FILTRO REW|
|      |      |      |1083P01JFA|      |1083P01JRC|
|      |      |      |      |      |0:016| | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |2|      |3|      |05|      |13|
    
```

```

Rung 2:62
|      |1084G01|      |CONTACTOR|
|      |84-4.1 |      |MOTOR MOL.|
|      |      |      |1084G01C|
|      |      |      |0:016| | |
|---|---|---|---|---|---|
|      |2|      |1|      |07|
    
```



Rung 2:68

AUTO83 N22:0 ]/[ 1 COMUNICAC. PANEL VIEW "OK" N22:0 ]/[ 4		SECUENCIA GRUPO 83.0 +FLL-----+ +FILL FILE +  Source 0   Destination #N20:40   Length 7  +-----+
--	--	---

Rung 2:69

AUTO84 N22:0 ]/[ 2 COMUNICAC. PANEL VIEW "OK" N22:0 ]/[ 4		SECUENCIA GRUPO 84.0 +FLL-----+ +FILL FILE +  Source 0   Destination #N20:60   Length 7  +-----+
--	--	---

Rung 2:70

OVERFLOW BIT S:0 (U) 1
------------------------------------

Rung 2:71

-----[END OF FILE]-----

FILES 3 THROUGH 14 ARE NOT TYPE LADDER

Rung 20:3

	PESADORA	
	1083-D01	
+PID-----+		
+PID		+-+
Control block	PD31:0	
Process variable	N24:26	
Tieback	0	
Control variable	N25:140	
-----+		

Rung 20:4

	PESADORA	
	1083-D02	
+PID-----+		
+PID		+-+
Control block	PD31:1	
Process variable	N24:27	
Tieback	0	
Control variable	N25:141	
-----+		

Rung 20:5

	PESADORA	
	1083-D03	
+PID-----+		
+PID		+-+
Control block	PD31:2	
Process variable	N24:28	
Tieback	0	
Control variable	N25:142	
-----+		

Rung 20:6

	MOLINO	
	1083-G01	
+PID-----+		
+PID		+-+
Control block	PD31:3	
Process variable	N24:11	
Tieback	0	
Control variable	N22:2	
-----+		

Rung 20:7

	PESADORA	
	1084-D01	
+PID-----+		
+PID		+-+
Control block	PD31:4	
Process variable	N24:44	
Tieback	0	
Control variable	N25:143	
-----+		

Rung 20:8

```

                                     PESADORA
                                     1084-D02
                                     +PID-----+
+-----+-----+
+PID                                         +-+
|Control block      PD31:5|
|Process variable   N24:45|
|Tieback           0|
|Control variable   N25:160|
+-----+-----+
  
```

Rung 20:9

```

                                     PESADORA
                                     1084-D03
                                     +PID-----+
+-----+-----+
+PID                                         +-+
|Control block      PD31:6|
|Process variable   N24:46|
|Tieback           0|
|Control variable   N25:161|
+-----+-----+
  
```

Rung 20:10

```

                                     MOLINO
                                     1084-G01
                                     +PID-----+
+-----+-----+
+PID                                         +-+
|Control block      PD31:7|
|Process variable   N24:29|
|Tieback           0|
|Control variable   N22:3|
+-----+-----+
  
```

Rung 20:11

```

                                     BTW
                                     AOM 010
                                     CONFIG.
                                     +BTW-----+
+-----+-----+
++BLOCK TRANSFER WRITE +- (EN) +-+
|:Rack              01|
|:Group             0+- (DN)|
|:Module            0|
|:Control block     BT30:37+- (ER)|
|:Data file         N25:120|
|:Length            13|
|:Continuous        N|
+-----+-----+
|                                     BT30:37|
+-----+-----+
|                                     (U)  +-+
|                                     EN|
+-----+-----+
  
```

Rung 20:12

```

      BTW
      AOM 011
      CONFIG
      +BTW-----+
      ++BLOCK TRANSFER WRITE  +--(EN)++
      ||Rack                    01||
      ||Group                   1+--(DN)||
      ||Module                   0||
      ||Control block  BT30:39+--(ER)||
      ||Data file             N25:140||
      ||Length                 13||
      ||Continuous             N||
      +-----+
      BT30:39
      (U)---+
      EN
  
```

Rung 20:13

```

      BTW
      AOM 012
      CONFIG.
      +BTW-----+
      ++BLOCK TRANSFER WRITE  +--(EN)++
      ||Rack                    01||
      ||Group                   2+--(DN)||
      ||Module                   0||
      ||Control block  BT30:41+--(ER)||
      ||Data file             N25:160||
      ||Length                 13||
      ||Continuous             N||
      +-----+
      BT30:41
      (U)---+
      EN
  
```

Rung 20:14

ESTE FIFO PERMITE CREAR UN VECTOR DE N DATOS PARA POSTERIORMENTE PROMEDIAR LA VARIABLE DE CONTROL DEL MOLINO 1083 PARA ESTABILIZARLO.

```

      FIFO
      STACK 1083
      FULL
      R6:0
      ]/[
      DN
      CONTROL
      FIFO
      1083
      +FPL-----+
      ++FIFO LOAD              +--(EN)++
      ||Source                 N22:2||
      ||FIFO                   #N23:0+--(DN)||
      ||Control                 R6:0||
      ||Length                 30+--(EM)||
      ||Position                0||
      +-----+
      R6:0
      (U)---+
      EN
  
```

Rung 20:15  
 FIFO  
 STACK 1083  
 FULL

R6:0  
 ] [-----  
 DN

```

CONTROL
AVERAGE
INSTRUCTIO
FIFO 1083
+AVE-----+
+AVERAGE FILE +- (EN) +
|File      #N23:0|
|Destination N22:30+- (DN)|
|          0|
|Control    R6:4+- (ER)|
|Length     30|
|Position   0|
+-----+
  
```

Rung 20:16  
 FIFO  
 STACK 1083  
 FULL

R6:0  
 ] [-----  
 DN

```

CONTROL
FIFO
1083
+FFU-----+
++FIFO UNLOAD +- (EU) +
||FIFO      #N23:0|
||Destination N22:6+- (DN)|
||Control    R6:0|
||Length     30+- (EM)|
||Position   0|
+-----+
R6:0|
+-----+ (U) +
EU
  
```

Rung 20:17

ESTE FIFO PERMITE CREAR UN VECTOR DE N DATOS PARA POSTERIORMENTE PROMEDIAR LA  
 VARIABLE DE CONTROL DEL MOLINO 1084 PARA ESTABILIZARLO

FIFO  
 STACK 1084  
 FULL

R6:1  
 ]/[-----  
 DN

```

CONTROL
FIFO
1084
+FFL-----+
++FIFO LOAD +- (EN) +
||Source    N22:3|
||FIFO      #N23:50+- (DN)|
||Control   R6:1|
||Length    30+- (EM)|
||Position  0|
+-----+
R6:1|
+-----+ (U) +
EN
  
```

Rung 20:18  
FIFO  
STACK 1084  
FULL

R6:1

DN

CONTROL  
AVERAGE  
INSTRUCTIO  
FIFO 1084

+AVE-----+

+AVERAGE FILE +- (EN) -+

File #N23:50

Destination N22:31+- (DN)

0

Control R6:5+- (ER)

Length 30

Position 0

+-----+

Rung 20:19  
FIFO  
STACK 1084  
FULL

R6:1

DN

CONTROL  
FIFO  
1084

+FFU-----+

+FIFO UNLOAD +- (EU) -+

FIFO #N23:50

Destination N22:7+- (DN)

Control R6:1

Length 30+- (EM)

Position 0

+-----+

R6:1

-(U) -+

EU

Rung 20:20

-----[END OF FILE]-----

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO  
Data Table Report

PLC-5/60 File CEM83\_84

Wed Jun 11, 1997 Page 1  
Data Table File PD31:0

Setpoint:	5.000000	Proportional Gain (Kc):	9.000000
Process Var.:	0.000000	Reset Time (Ti) [mins/repeat]:	1.600000
Error:	5.000000	Derivative Rate (Td) [mins]:	0.000000
Output %:	100.0000		
Mode:	AUTO	Deadband:	0.0500000
PV Alarm:	LOW	Output Bias %:	336.2637
Deviation Alarm:	POS		
Output Limiting:	HIGH	Tieback %:	0.000000
SP Out of Range:	NO	Set Output %:	100.0000
Error within Deadband:	NO		
PID Initialized:	NO		
A/M Station Mode:	AUTO		
Software A/M Mode:	AUTO		
Status Enable (EN):	1		

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO  
Data Table Report

PLC-5/60 File CEM83\_84

Wed Jun 11, 1997 Page 2  
Data Table File PD31:0

PID Equation:	DEPENDENT	Engineering Unit Maximum:	60.00000
Derivative of:	ERROR	Engineering Unit Minimum:	0.000000
Control Action:	SP-PV		
PV Tracking:	NO	Input Range Maximum:	4095.000
		Input Range Minimum:	0.000000
Update Time (secs):	0.5000000	Output Limit High %:	100.0000
		Output Limit Low %:	0.000000
Cascaded Loop:	NO	PV Alarm High:	60.00000
Cascaded Type:	-	PV Alarm Low:	0.000000
Master to This Slave:	-	PV Alarm Deadband:	5.000000
		(+) Deviation Alarm:	0.000000
		(-) Deviation Alarm:	0.000000
		Deviation Alarm Deadband:	0.000000

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO

Data Table Report

PLC-5/60 File CEM83\_84

Wed Jun 11, 1997 Page 3

Data Table File PD31:1

Setpoint:	2.500000	Proportional Gain (Kc):	7.000000
Process Var.:	0.1196581	Reset Time (Ti) [mins/repeat]:	0.1000000
Error:	2.380342	Derivative Rate (Td) [mins]:	0.000000
Output %:	100.0000		

Mode:	AUTO	Deadband:	0.0500000
PV Alarm:	NONE	Output Bias %:	0.000000
Deviation Alarm:	POS		
Output Limiting:	HIGH	Tieback %:	0.000000
SP Out of Range:	NO	Set Output %:	0.000000
Error within Deadband:	NO		
PID Initialized:	NO		

A/M Station Mode:	AUTO
Software A/M Mode:	AUTO
Status Enable (EN):	1

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO

Data Table Report

PLC-5/60 File CEM83\_84

Wed Jun 11, 1997 Page 4

Data Table File PD31:1

PID Equation:	DEPENDENT	Engineering Unit Maximum:	35.00000
Derivative of:	ERROR	Engineering Unit Minimum:	0.000000
Control Action:	SP-PV		
PV Tracking:	NO	Input Range Maximum:	4095.000
		Input Range Minimum:	0.000000

Update Time (secs):	0.5000000	Output Limit High %:	100.0000
		Output Limit Low %:	0.000000

Cascaded Loop:	NO	PV Alarm High:	35.00000
Cascaded Type:	-	PV Alarm Low:	0.000000
Master to This Slave:	-	PV Alarm Deadband:	5.000000

(+) Deviation Alarm:	0.000000
(-) Deviation Alarm:	0.000000
Deviation Alarm Deadband:	0.000000

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO  
Data Table Report

PLC-5/60 File CEM83\_84

Wed Jun 11, 1997 Page 7  
Data Table File PD31:3

Setpoint:	1.500000	Proportional Gain (Kc):	3.200000
Process Var.:	0.000000	Reset Time (Ti) [mins/repeat]:	0.3000000
Error:	1.500000	Derivative Rate (Td) [mins]:	0.000000
Output %:	100.0000		
Mode:	AUTO	Deadband:	0.0050000
PV Alarm:	LOW	Output Bias %:	0.000000
Deviation Alarm:	POS		
Output Limiting:	HIGH	Tieback %:	0.000000
SP Out of Range:	NO	Set Output %:	0.000000
Error within Deadband:	NO		
PID Initialized:	NO		
A/M Station Mode:	AUTO		
Software A/M Mode:	AUTO		
Status Enable (EN):	1		

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO  
Data Table Report

PLC-5/60 File CEM83\_84

Wed Jun 11, 1997 Page 8  
Data Table File PD31:3

PID Equation:	DEPENDENT	Engineering Unit Maximum:	10.00000
Derivative of:	ERROR	Engineering Unit Minimum:	0.000000
Control Action:	SP-PV		
PV Tracking:	NO	Input Range Maximum:	4095.000
		Input Range Minimum:	0.000000
Update Time (secs):	0.5000000	Output Limit High %:	100.0000
		Output Limit Low %:	0.000000
Cascaded Loop:	NO	PV Alarm High:	10.00000
Cascaded Type:	-	PV Alarm Low:	0.000000
Master to This Slave:	-	PV Alarm Deadband:	1.000000
		(+) Deviation Alarm:	0.000000
		(-) Deviation Alarm:	0.000000
		Deviation Alarm Deadband:	0.000000

Rung 50:0

```

AUTOMATICO
GRUPO 83-0

N20:40
N22:0 N22:13
+---] [-----] [-----] ( )-----+
      1      0                               0
  
```

Rung 50:1

```

AUTOMATICO
GRUPO 83-0

N20:40
+---] [-----] ( )-----+
      0
                                START
                                DELAY
                                1083-G01-E
                                +TON-----+
                                +TIMER ON DELAY +- (EN)+
                                !Timer T11:401!
                                !Time base 1.0+-(DN)!
                                !Preset 4!
                                !Accum 0!
                                +-----+
  
```

Rung 50:2

```

T11:401
DN
+---] [-----] (L)-----+
      1      1
                                FALLA !1083G01EM
                                1083-G01-E!83-0.1
                                N21:40 N20:40
                                +---] [-----] (L)-----+
                                1      1
                                FALLA !1083P01-FM
                                !1083-PO1-F!83-0.3
                                N21:40 N20:40
                                +---] [-----] (L)-----+
                                3      3
  
```

Rung 50:3

```

AUTOMATICO!1083G01EM
GRUPO 83-0!83-0.1

N20:40 N20:40
+---] [-----] [-----] (L)-----+
      0      1
                                RETARDO
                                CHEQUEO
                                FALLA
                                1083G01EM
                                +TON-----+
                                +TIMER ON DELAY +- (EN)+
                                !Timer T13:401!
                                !Time base 1.0+-(DN)!
                                !Preset 300!
                                !Accum 0!
                                +-----+
                                GENERADOR !FALLA
                                ARRANCADO !1083-G01-E!
                                1083G01EMA
                                !T13:401 1:006 N21:40
                                +---] [-----] [-----] (L)-----+
                                DN 07 1
  
```







Rung 50:15

-----[END OF FILE]-----

Rung 51:0  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-1

N20:41

] [ 0

RETARDO  
 CHEQUEO  
 FALLA  
 COMPRESORE  
 S

+TON-----+

+TIMER ON DELAY +- (EN) +

|Timer T13:411|

|Time base 1.0+- (DN)|

|Preset 300|

|Accum 0|

+-----+

COMPRESOR |COMPRESOR |FALLA  
 ARRANCADO |ARRANCADO |COMPRESORE  
 |S

1090C01A 1090C02A

|T13:411 1:006 1:006 N21:41

+-- ] [-----] / [-----] / [-----] (L) -----+

DN 00 01 1

Rung 51:1  
 AUTOMATICO | SELECTOR  
 GRUPO 83-1 | RUTA

| BOMBA  
 | K2-K3  
 | M83

N20:41 I:105

] [ 0 10

RETARDO  
 CHEQUEO  
 FALLA  
 1090-K02  
 GRUPO 83.1

+TON-----+

+TIMER ON DELAY +- (EN) +

|Timer T13:413|

|Time base 1.0+- (DN)|

|Preset 60|

|Accum 0|

+-----+

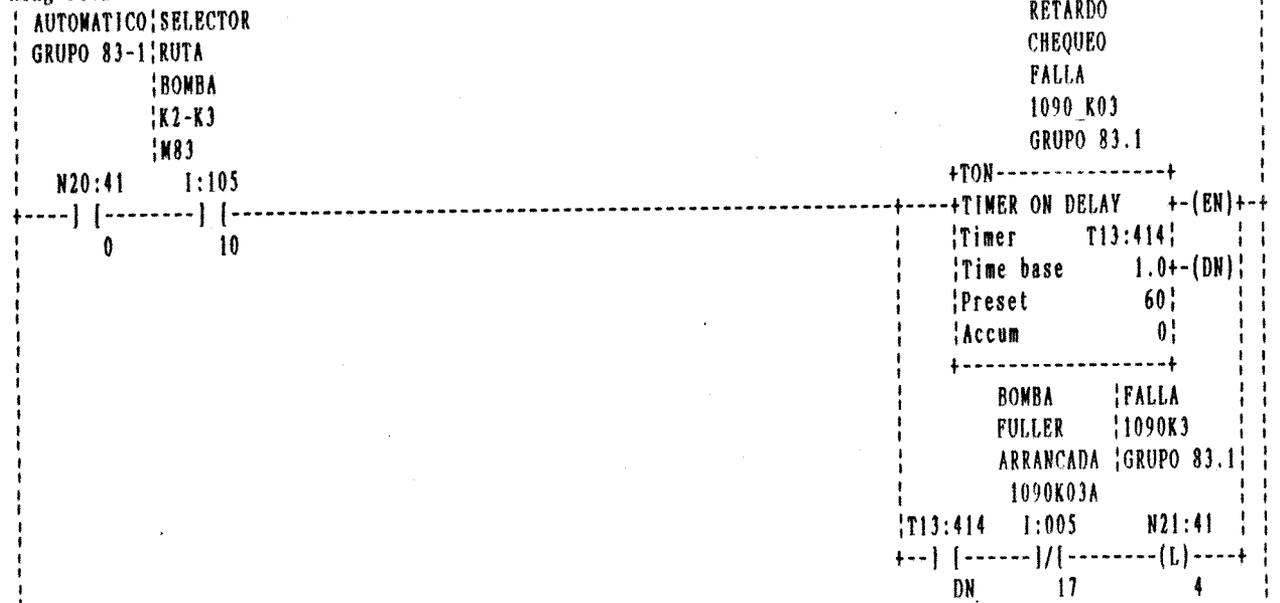
BOMBA | FALLA  
 FULLER | 1090\_K02  
 ARRANCADA | GRUPO 83.1  
 1090K02A

|T13:413 1:005 N21:41

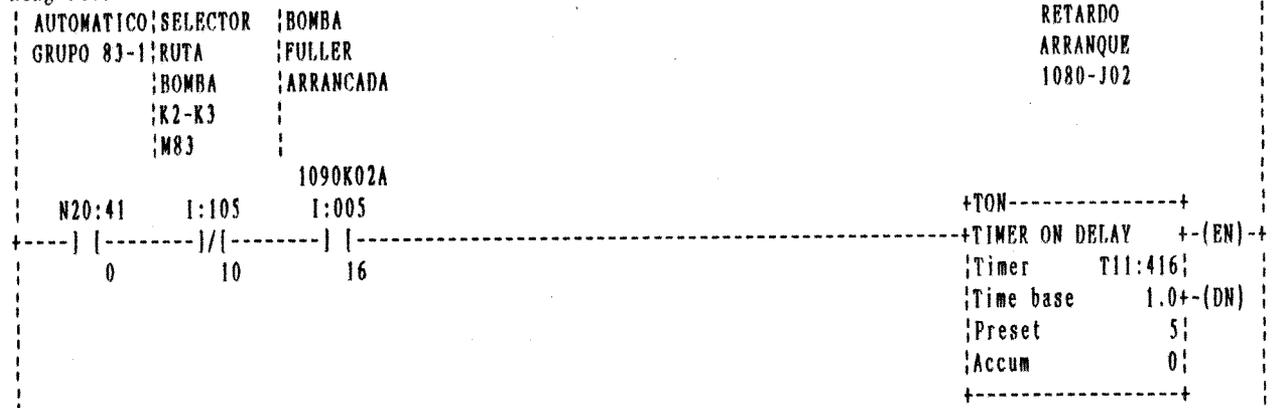
+-- ] [-----] / [-----] (L) -----+

DN 16 3

Rung 51:2



Rung 51:3



Rung 51:4



Rung 51:5  
 STOP/START  
 1080-J02  
 M83

RETARDO  
 CHEQUEO  
 FALLA  
 1080-J02  
 GRUPO 83.1

N20:41

---] [---  
 6

+TON-----+

+TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T13:416|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 60|  
 |Accum 0|  
 +-----+  
 TRANSPORT. |FALLA  
 GENERAL |1080-J02  
 ARRANCADO |GRUPO 83.1|  
 1080J02A  
 T13:416 1:005 N21:41  
 +---] [-----]/[------(L)-----+  
 DN 14 6

Rung 51:6

AUTOMATICO |SELECTOR |BOMBA  
 GRUPO 83-1 |RUTA |FULLER  
 |BOMBA |ARRANCADA  
 |K2-K3  
 |M83

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1080-J01

1090K03A

N20:41 1:105 1:005  
 ---] [---] [---] [---  
 0 10 17

+TON-----+

+TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T11:415|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 5|  
 |Accum 0|  
 +-----+

Rung 51:7

FALLA  
 1080-J01  
 GRUPO 83.1  
 T11:415 N21:41

STOP/START  
 1080-J01  
 GRUPO 83.1  
 N20:41

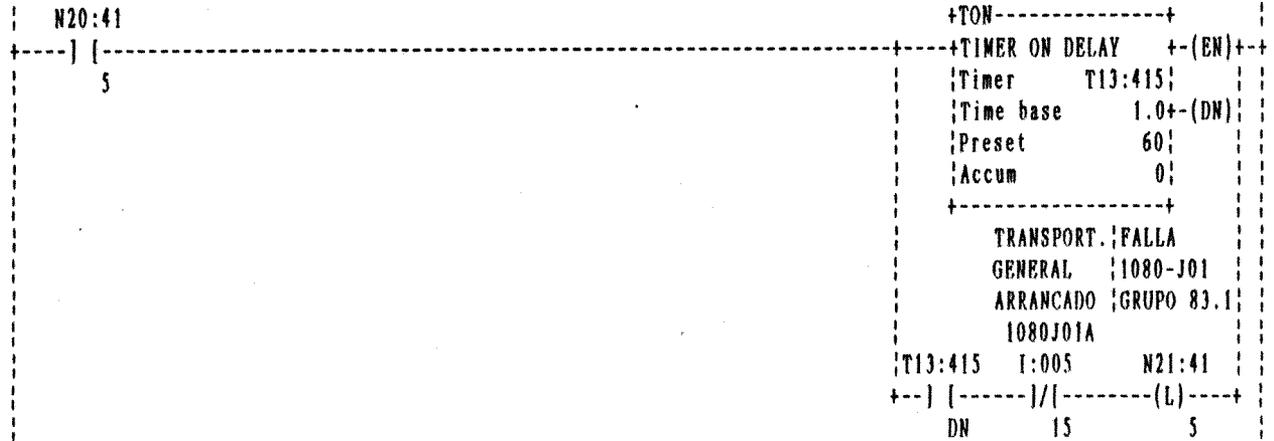
---] [---] [---] [---  
 DN 5

-(L)-----

5

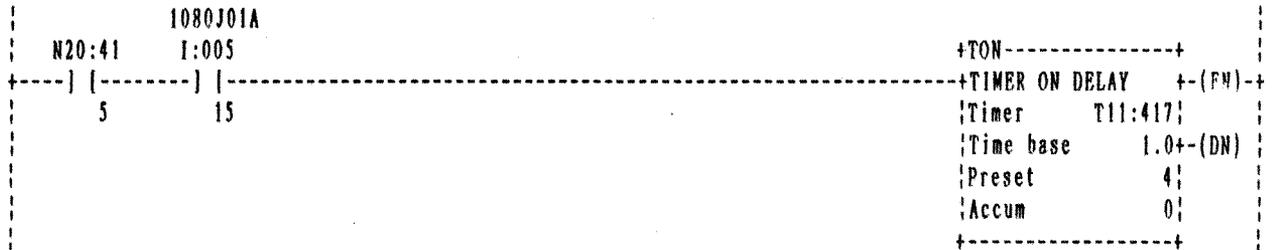
Rung 51:8  
 STOP/START  
 1080-J01  
 GRUPO 83.1

RETARDO  
 CHEQUEO  
 FALLA  
 1080-J01  
 GRUPO 83.1



Rung 51:9  
 STOP/START |TRANSPORT.  
 1080-J01 |GENERAL  
 GRUPO 83.1 |ARRANCADO

RETARDO  
 ARRANQUE  
 COMPUERTA  
 TRANSPORTE

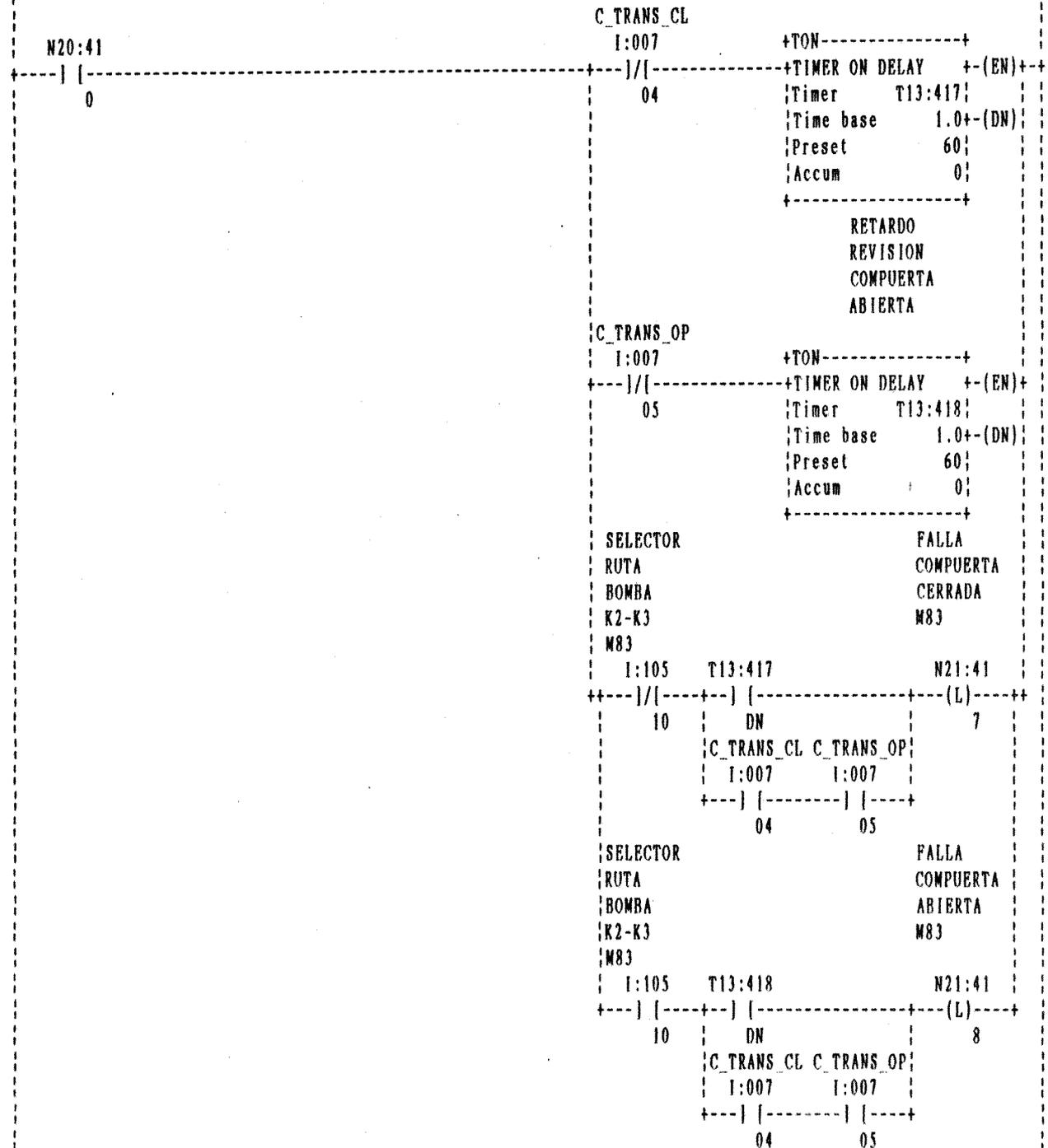


Rung 51:10  
 FALLA  
 COMPUERTA  
 CERRADA  
 M83  
 T11:417 N21:41  
 ] [-----]/[------(L)---+
 DN 7

STOP/START  
 COMPUERTA  
 TRANSPORTE  
 M83  
 N20:41  
 7

Rung 51:11  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-1

RETARDO  
 REVISION  
 COMPUERTA  
 CERRADA





Rung 51:14

	STOP/START
T12:416	1080-J02
[ ]	M83
DN	N20:41
FALLA	(U)
1080-J02	6
GRUPO 83.1	
N21:41	
[ ]	
6	
FALLA	
1090_K02	
GRUPO 83.1	
N21:41	
[ ]	
3	

Rung 51:15

	STOP/START
T12:415	1080-J01
[ ]	GRUPO 83.1
DN	N20:41
FALLA	(U)
1080-J01	5
GRUPO 83.1	
N21:41	
[ ]	
5	
FALLA	
1090K3	
GRUPO 83.1	
N21:41	
[ ]	
4	

Rung 51:16

	STOP/START
SELECTOR	COMPUERTA
RUTA	TRANSPORTE
BOMBA	M83
K2-K3	
M83	
1:105	N20:41
]/[	(U)
10	7

Rung 51:17

FALLA	PARO GRUPO
COMPRESORE	83-2 X FLT
S	GRUPO 83-1
N21:41	N21:42
	(L)
1	0
FALLA	
1090_K02	
GRUPO 83.1	
N21:41	
3	
FALLA	
1090K3	
GRUPO 83.1	
N21:41	
4	
FALLA	
1080-J01	
GRUPO 83.1	
N21:41	
5	
FALLA	
1080-J02	
GRUPO 83.1	
N21:41	
6	
FALLA	
COMPUERTA	
CERRADA	
M83	
N21:41	
7	
FALLA	
COMPUERTA	
ABIERTA	
M83	
N21:41	
8	

Rung 51:18

-----[END OF FILE]-----

Rung 52:0  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-2

START  
 DELAY  
 1083-J04

N20:42  
 ] [-----]  
 0

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T11:421|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 4|  
 |Accum 0|  
 +-----+

Rung 52:1  
 FALLA  
 1083-J04  
 GRUPO 83.2

1083J04  
 83-2.1

T11:421 N21:42  
 ] [-----]/[  
 DN 1

N20:42  
 (L)  
 1

Rung 52:2  
 AUTOMATICO;1083J04  
 GRUPO 83-2;83-2.1

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-J04

N20:42 N20:42  
 ] [-----] [-----]  
 0 1

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T13:421|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 5|  
 |Accum 0|  
 +-----+

DESCARGA FALLA  
 SEPARADOR 1083-J04  
 ARRANCADA GRUPO 83.2

1083J04A  
 T13:421 I:003 N21:42  
 ] [-----]/[-----]  
 DN 10 1

Rung 52:3  
 1083J04 DESCARGA  
 83-2.1 SEPARADOR  
 ARRANCADA

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-S01

1083J04A  
 N20:42 I:003  
 ] [-----] [-----]  
 1 10

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T11:422|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 4|  
 |Accum 0|  
 +-----+

Rung 52:4

FALLA		1083S01
1083-S01		83-2.2
GRUPO 83-2		
T11:422	N21:42	N20:42
+---] [-----]/[-----]		(L)
DN	2	2

Rung 52:5

AUTOMATICO	1083S01	RETARDO
GRUPO 83-2	83-2.2	REVISAR
		FALLA
		1083-S01
		GRUPO 83-2
N20:42	N20:42	+TON-----+
+---] [-----]		+TIMER ON DELAY +-(EN)+
0	2	Timer T13:422
		Time base 1.0+-(DN)
		Preset 5
		Accum 0
		+-----+
		SEPARADOR FALLA
		ARRANCADO 1083-S01
		GRUPO 83-2
		1083S01A
T13:422	I:003	N21:42
+---] [-----]/[-----]		(L)
DN	11	2

Rung 52:6

1083S01	SEPARADOR	RETARDO
83-2.2	ARRANCADO	ARRANQUE
		1083-S01
		GRUPO 83.2
	1083S01A	
N20:42	I:003	+TON-----+
+---] [-----]		+TIMER ON DELAY +-(EN)+
2	11	Timer T11:423
		Time base 1.0+-(DN)
		Preset 4
		Accum 0
		+-----+

Rung 52:7

FALLA		1083J03
1083-J03		83-2.3
GRUPO 83-2		
T11:423	N21:42	N20:42
+---] [-----]/[-----]		(L)
DN	3	3

Rung 52:8

AUTOMATICO;1083J03  
 GRUPO 83-2;83-2.3

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-J03

N20:42 N20:42  
 ] [-----] [-----]  
 0 3

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 ;Timer T13:423;  
 ;Time base 1.0+-(DN);  
 ;Preset 5;  
 ;Accum 0;  
 +-----+  
 CARGA AL ;FALLA  
 SEPARADOR ;1083-J03  
 ARRANCADO ;GRUPO 83-2;  
 1083J03A  
 ;T13:423 1:006 N21:42  
 +---] [-----]/[------(L)-----+  
 DN 02 3

Rung 52:9

1083J03 ;CARGA AL  
 83-2.3 ;SEPARADOR  
 ;ARRANCADO

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-J02  
 GRUPO 83-2

1083J03A  
 N20:42 1:006  
 ] [-----] [-----]  
 3 02

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 ;Timer T11:424;  
 ;Time base 1.0+-(DN);  
 ;Preset 4;  
 ;Accum 0;  
 +-----+  
 +---] [-----]/[------(L)-----+  
 DN 4

Rung 52:10

FALLA  
 1083-J02  
 GRUPO 83.2  
 T11:424 N21:42

1083J02  
 83-2.4  
 N20:42

+---] [-----]/[------(L)-----+  
 DN 4 4

Rung 52:11

AUTOMATICO|1083J02  
 GRUPO 83-2|83-2.4

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-J02

N20:42    N20:42  
 ] [-----] [  
 0            4

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 |Timer        T13:424|  
 |Time base    1.0+-(DN)|  
 |Preset       5|  
 |Accum        0|  
 +-----+  
 ELEVADOR |FALLA  
 ARRANCADO |1083-J02  
           |GRUPO 83.2|  
           1083J02A  
 T13:424 I:003 N21:42  
 +-- ] [-----]/[----- (L)-----+  
           DN        12            4

Rung 52:12

1083J02 |ELEVADOR  
 83-2.4 |ARRANCADO

SELECTOR |AUTOMATICO  
 DESCARGA |GRUPO 83-3  
 PHOTOHELIC|  
 A 1083 O  
 1084

AUTO83            1083J02A  
 N22:0    N20:42    I:003  
 ] [-----] [-----] [  
   1            4            12

START\_83\_3  
 N22:13    I:105    N20:43  
 ] [-----] [-----] ( )  
           3            16            0  
                                   AUTOMATICO|  
                                   GRUPO83-4|  
 START\_83\_4  
 N22:13                    N20:44  
 +-- ] [-----] ( )-----+  
           4                    0

Rung 52:13

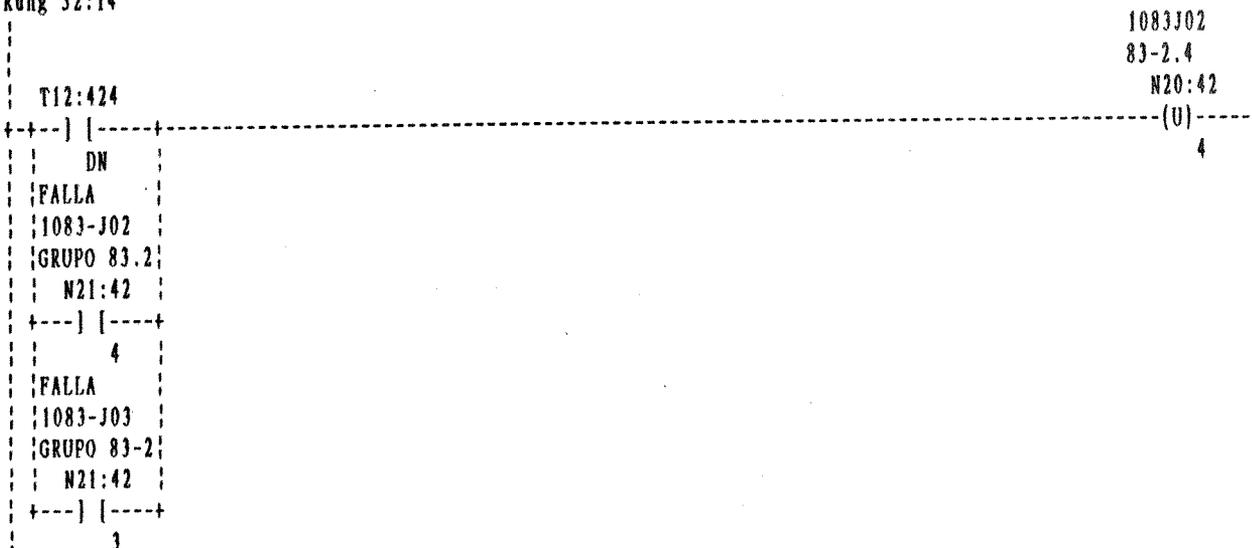
AUTOMATICO  
 GRUPO 83-2

RETARDO  
 PARO  
 1083J02  
 GRUPO 83.2

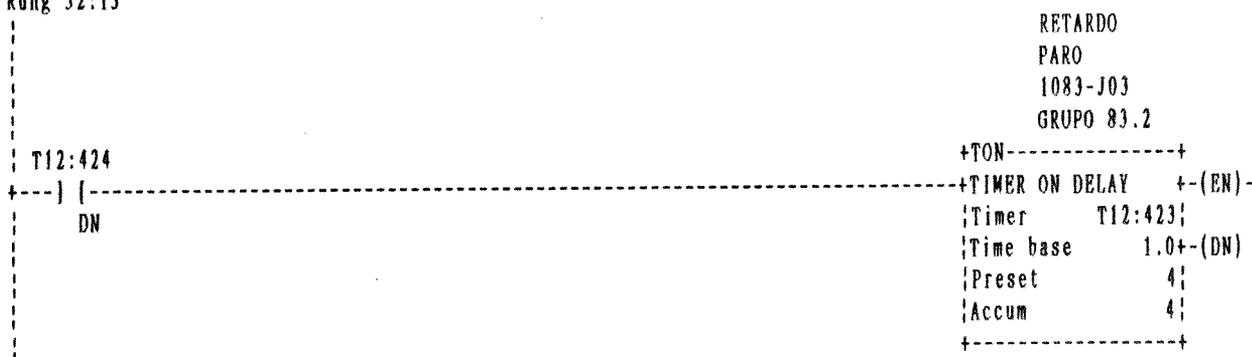
N20:42  
 ]/[-----]  
   0

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 |Timer        T12:424|  
 |Time base    1.0+-(DN)|  
 |Preset       5|  
 |Accum        5|  
 +-----+

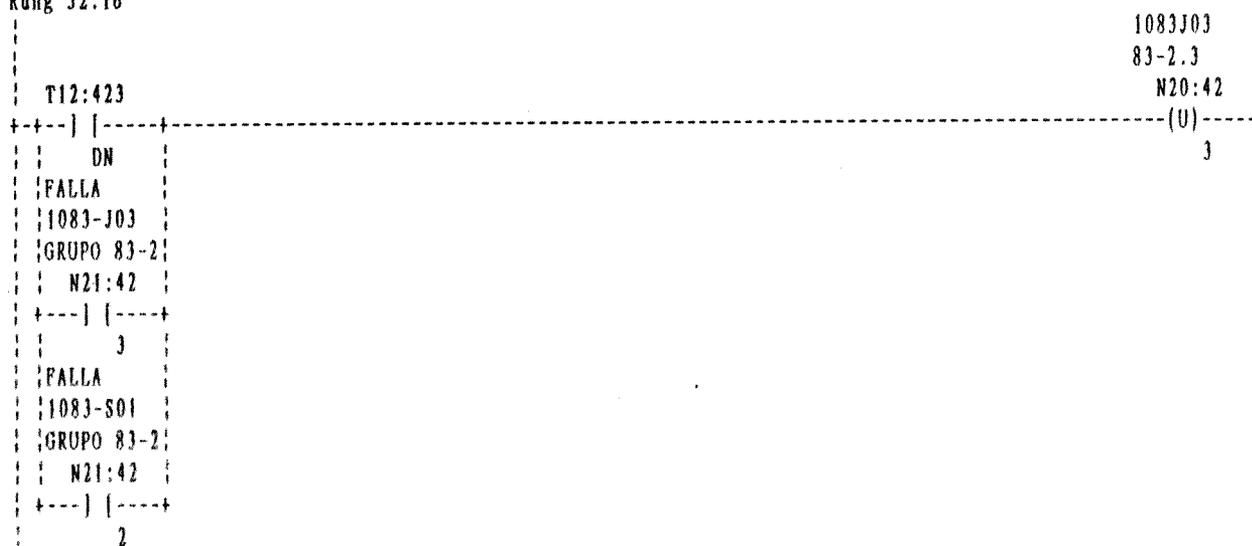
Rung 52:14



Rung 52:15



Rung 52:16



Rung 52:17

	RETARDO	
	PARO	
	1083-S01	
	GRUPO 83.2	
T12:423	+TON-----+	
-----	+TIMER ON DELAY	+-(EN)-+
DN	Timer T12:422	
	Time base 1.0+-(DN)	
	Preset 4	
	Accum 4	
	+-----+	

Rung 52:18

	1083S01	
	83-2.2	
	N20:42	
-----	(U)	
DN	2	
FALLA		
1083-S01		
GRUPO 83-2		
N21:42		
-----		
2		
FALLA		
1083-J04		
GRUPO 83.2		
N21:42		
-----		
1		

Rung 52:19

	RETARDO	
	PARO	
	1083-J04	
	GRUPO 83.2	
T12:422	+TON-----+	
-----	+TIMER ON DELAY	+-(EN)-+
DN	Timer T12:421	
	Time base 1.0+-(DN)	
	Preset 5	
	Accum 5	
	+-----+	

Rung 52:20

	1083J04	
	83-2.1	
	N20:42	
-----	(U)	
DN	1	
FALLA		
1083-J04		
GRUPO 83.2		
N21:42		
-----		
1		

Rung 52:21

FALLA  
1083-J04  
GRUPO 83.2

PARO 83-3  
POR FALLA  
EN 83-2

N21:42

N21:43

+---] [-----+

---(L)---+

1

0

FALLA  
1083-S01  
GRUPO 83-2  
N21:42

PARO 83-4  
POR FALLA  
EN G-83-2  
N21:44

+---] [-----+

---(L)---+

2

0

FALLA  
1083-J03  
GRUPO 83-2  
N21:42

+---] [-----+

3

FALLA  
1083-J02  
GRUPO 83.2  
N21:42

+---] [-----+

4

Rung 52:22

-----[END OF FILE]-----

```

Rung 53:0
AUTOMATICO
GRUPO 83-3

N20:43
] [
0

RETARDO
ARRANQUE
CERRAR
VALVULA
PHOTOHELIC

+TON-----+
+TIMER ON DELAY +- (EN) +-
|Timer T11:431|
|Time base 1.0+- (DN)|
|Preset 4|
|Accum 0|
+-----+
  
```

```

Rung 53:1
FALLA
COMPUERTA
FILTRO
CERRADA

T11:431 N21:43
] [-----] / [-----] (L)
DN 1

C-FILT-CL
83-3.1

N20:43
  
```

```

Rung 53:2
AUTOMATICO;C-FILT-CL
GRUPO 83-3;83-3.1

N20:43 N20:43
] [-----] [-----]
0 1

RETARDO
REVISION
FALLA
COMPUERTA
FILTRO CE.

+TON-----+
+TIMER ON DELAY +- (EN) +-
|Timer T13:431|
|Time base 1.0+- (DN)|
|Preset 5|
|Accum 0|
+-----+
COMPUERTA |FALLA
FILTRO |COMPUERTA
CERRADA |FILTRO
|CERRADA
C_FILT_CL
T13:431 I:006 N21:43
+---] [-----] / [-----] (L) ---+
DN 16 1
  
```

Rung 53:3

C-FILT-CL |COMPUERTA  
 83-3.1 |FILTRO  
 |CERRADA

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-J05  
 GRUPO 83-3

N20:43 C\_FILT\_CL 1:006  
 1 16

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 |Timer T11:432|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 4|  
 |Accum 0|  
 +-----+

Rung 53:4

FALLA  
 1083-J05  
 GRUPO 83.3  
 T11:432 N21:43  
 DN 2

1083J05  
 83-3.2  
 N20:43  
 (L)  
 2

Rung 53:5

AUTOMATICO|1083J05  
 GRUPO 83-3|83-3.2

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-J05

N20:43 N20:43  
 0 2

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 |Timer T13:432|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 5|  
 |Accum 0|  
 +-----+  
 CARGA ELEV|FALLA  
 ARRANCADO |1083-J05  
 |GRUPO 83.3|  
 1083J05A  
 T13:432 1:006 N21:43  
 +-] [-----]/|------(L)-----+  
 DN 04 2

Rung 53:6

1083J05 |CARGA ELEV  
 83-3.2 |ARRANCADO

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-P01-J  
 GRUPO 83.3

N20:43 1083J05A 1:006  
 2 04

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 |Timer T11:433|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 4|  
 |Accum 0|  
 +-----+

Rung 53:7

FALLA	1083-P01-J	1083P01JF
1083-P01-J	GRUPO 83.3	83-3.3
T11:433	N21:43	N20:43
+---] [-----] / [-----] (L)-----+		3
DN	3	

Rung 53:8

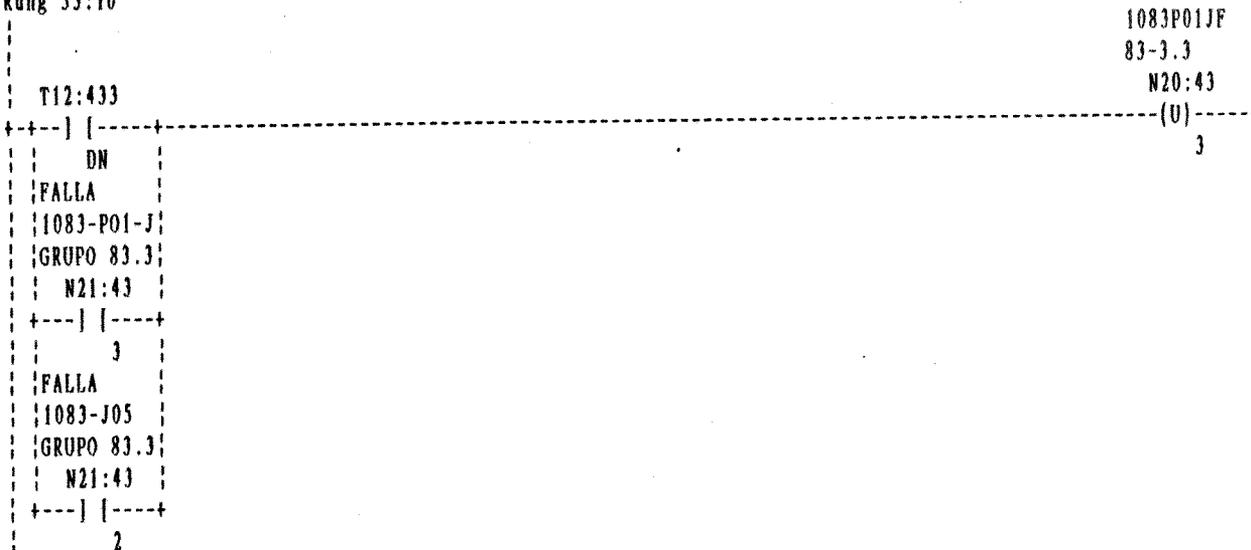
AUTOMATICO	1083P01JF	RETARDO
GRUPO 83-3	83-3.3	REVISION
		FALLA
		1083-P01-J
N20:43	N20:43	+TON-----+
+---] [-----] [-----] (L)-----+		+TIMER ON DELAY +- (EN) +
0	3	{Timer T13:433}
		{Time base 1.0+- (DN)}
		{Preset 5}
		{Accum 0}
		+-----+
		RECOLECTOR
		FILTRO FOR
		ARRANCADO
		1083P01JFA
		{T13:433 1:006 N21:43
		+---] [-----] / [-----] (L)-----+
		DN 05 3

Rung 53:9

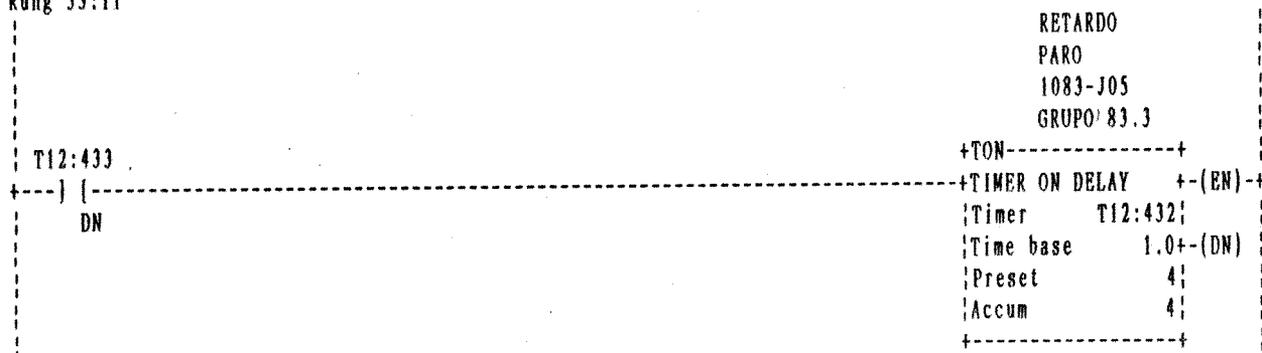
AUTOMATICO	GRUPO 83-3	RETARDO
		PARO
		1083-P01-J
		GRUPO 83.3
N20:43		+TON-----+
+---] / [-----] (L)-----+		+TIMER ON DELAY +- (EN) +
0		{Timer T12:433}
		{Time base 1.0+- (DN)}
		{Preset 5}
		{Accum 5}
		+-----+

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 Biblioteca Central

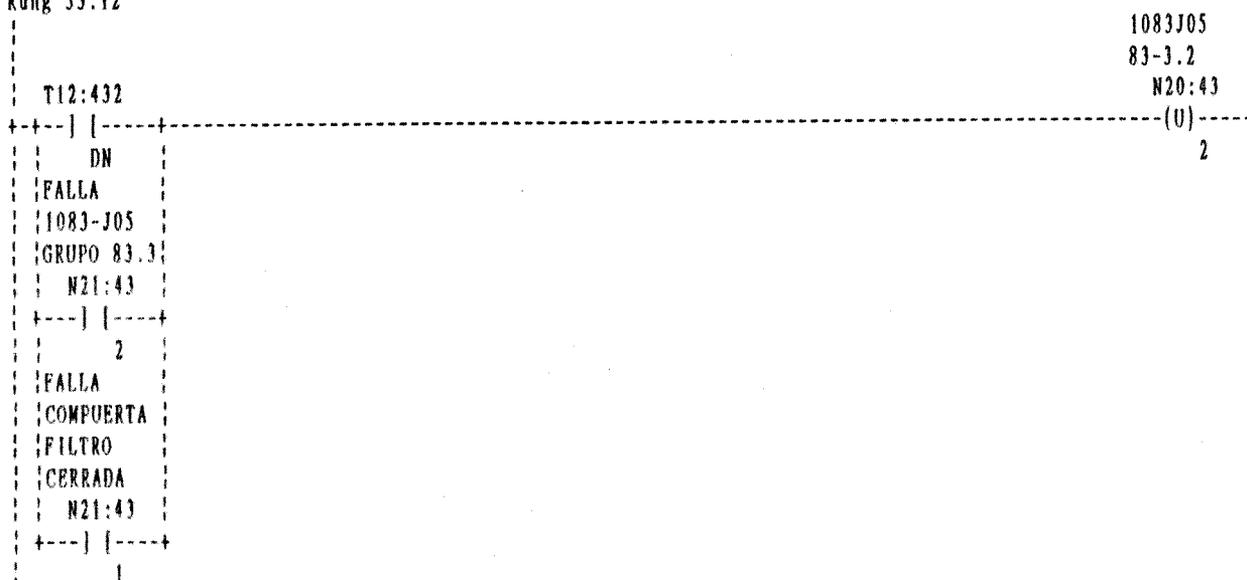
Rung 53:10



Rung 53:11



Rung 53:12



Rung 53:13

	RETARDO
	PARO
	COMPUERTA
	FILTRO
	CERRADA
T12:432	+TON-----+
+---] [-----+	+TIMER ON DELAY +- (EN)-+
DN	{Timer T12:431}
	{Time base 1.0+- (DN)}
	{Preset 4}
	{Accum 4}
	+-----+

Rung 53:14

	C-FILT-CL
	83-3.1
	N20:43
T12:431	(U)
+---] [-----+	1
DN	
FALLA	
COMPUERTA	
FILTRO	
CERRADA	
N21:43	
+---] [-----+	
1	

Rung 53:15

-----[END OF FILE]-----

Rung 54:0  
 AUTOMATICO  
 GRUPO83-4

N20:44  
 ] [-----]  
 0

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-J01

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T11:441|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 4|  
 |Accum 0|  
 +-----+

Rung 54:1

FALLA  
 1083-J01  
 T11:441 N21:44

+-- ] [-----] / [-----]  
 DN 1

1083J01  
 83-4.1  
 N20:44

(L)  
 1

Rung 54:2

AUTOMATICO;1083J01  
 GRUPO83-4 ;83-4.1

N20:44 N20:44  
 ] [-----] [-----]  
 0 1

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-J01

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T13:441|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 5|  
 |Accum 0|  
 +-----+

DESCARGA ;FALLA  
 DEL MOLINO;1083-J01  
 ARRANCADO ;  
 1083J01A

T13:441 1:006 N21:44  
 +-- ] [-----] / [-----] (L)  
 DN 03 1

Rung 54:3

1083J01 ;DESCARGA  
 83-4.1 ;DEL MOLINO  
 ;ARRANCADO

1083J01A  
 N20:44 1:006  
 ] [-----] [-----]  
 1 03

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-G01-A  
 CLUTCH

+TON-----+  
 +TIMER ON DELAY +-(EN)+  
 |Timer T11:442|  
 |Time base 1.0+-(DN)|  
 |Preset 4|  
 |Accum 0|  
 +-----+

```

Rung 54:4
  FALLA
  1083-G01-A
  T11:442 N21:44
  ] [-----] / [-----] (L)
  DN      2
  CLUTCH
  83-4.2
  N20:44
  ] [-----] (L)
  DN      2
  
```

```

Rung 54:5
  AUTOMATICO;CLUTCH
  GRUPO83-4 ;83-4.2
  N20:44 N20:44
  ] [-----] [-----]
  0      2
  +TON-----+
  +TIMER ON DELAY +- (EN) +-+
  |Timer T13:442|
  |Time base 1.0+-(DN)|
  |Preset 5|
  |Accum 0|
  +-----+
  CLUTCH ;FALLA
  ARRANCADO ;1083-G01-A
  1083G01AA
  T13:442 I:006 N21:44
  +---] [-----] / [-----] (L) +---+
  DN      06      2
  RETARDO
  REVISION
  FALLA
  1083-G01-A
  
```

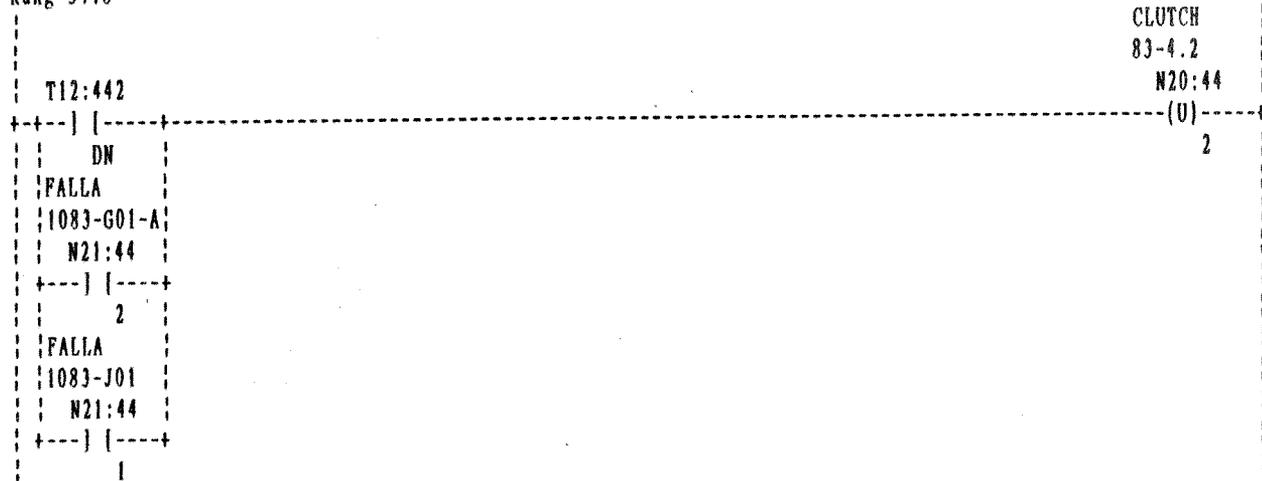
```

Rung 54:6
  CLUTCH ;CLUTCH
  83-4.2 ;ARRANCADO
  AUTO83 1083G01AA
  N22:0 N20:44 I:006
  ] [-----] [-----] [-----]
  1      2      06
  START_83_5
  N22:13 N20:45
  ] [-----] ( )
  5      0
  AUTOMATICO;
  GRUPO 83-6;
  START_83_6
  N22:13 N20:46
  +---] [-----] ( ) +---+
  6      0
  AUTOMATICO
  G_83_5
  
```

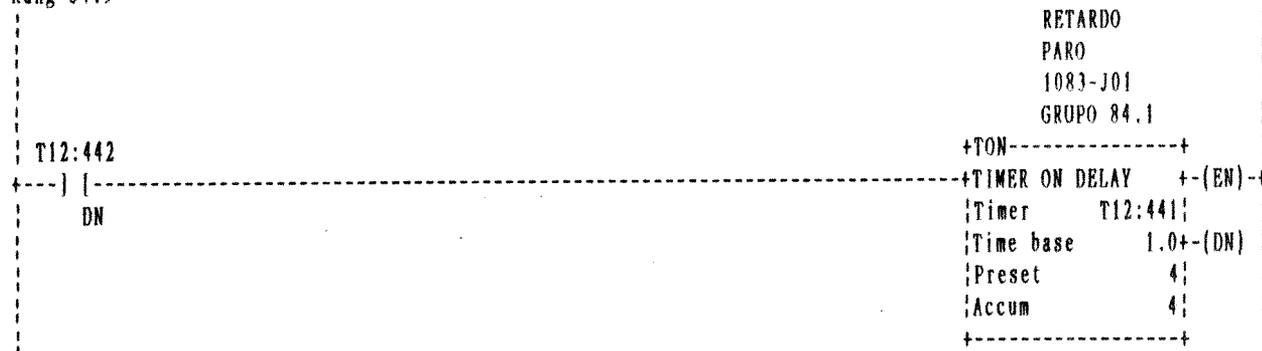
```

Rung 54:7
  AUTOMATICO
  GRUPO83-4
  N20:44
  ] / [-----]
  0
  +TON-----+
  +TIMER ON DELAY +- (EN) +-+
  |Timer T12:442|
  |Time base 1.0+-(DN)|
  |Preset 5|
  |Accum 5|
  +-----+
  RETARDO
  PARO
  1083-G01-A
  CLUTCH
  
```

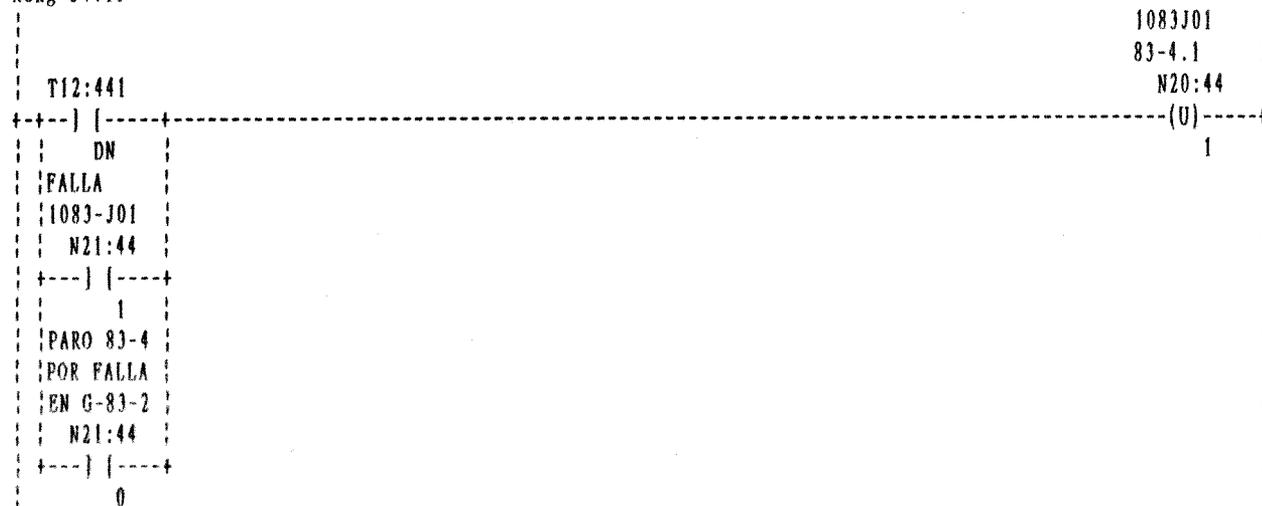
Rung 54:8



Rung 54:9



Rung 54:10



Rung 54:11

```
FALLA  
1083-J01  
  
N21:44  
+---] [-----+  
1  
FALLA  
1083-G01-A  
N21:44  
+---] [-----+  
2
```

```
PARO 83-5  
POR FALLA  
EN G83-4  
N21:45  
+---(L)-----+  
0  
PARO 83-6  
POR FALLA  
EN G_83-4  
N21:46  
+---(L)-----+  
0
```

Rung 54:12

```
-----[END OF FILE]-----
```

```

Rung 55:0
| AUTOMATICO
| G_83_5
|
| N20:45
|-----] [-----+
| 0
|
| RETARDO
| ARRANQUE
| 1083-P01
| GRUPO 83-5
|
| +TON-----+
| +TIMER ON DELAY +--(EN)+
| |Timer T11:451|
| |Time base 1.0+-(DN)|
| |Preset 4|
| |Accum 0|
| +-----+
  
```

```

Rung 55:1
| FALLA
| 1083-P01
| PHOTOHELIC
| T11:451 N21:45
|-----] [-----] / [-----+
| DN 1
|
| PHOTOHELIC
| 83-5.1
|
| N20:45
|------(L)-----+
| 1
  
```

```

Rung 55:2
| AUTOMATICO PHOTOHELIC
| G_83_5 83-5.1
|
| N20:45 N20:45
|-----] [-----] [-----+
| 0 1
|
| RETARDO
| REVISION
| FALLA
| 1083-P01
| PHOTOHELIC
|
| +TON-----+
| +TIMER ON DELAY +--(EN)+
| |Timer T13:451|
| |Time base 1.0+-(DN)|
| |Preset 5|
| |Accum 0|
| +-----+
| PHOTOHELIC FALLA
| ARRANCADO 1083-P01
| PHOTOHELIC
| 1083P01A
| T13:451 1:006 N21:45
| +---) [-----] / [-----] (L)-----+
| DN 17 1
  
```

```

Rung 55:3
| AUTOMATICO
| G_83_5
|
| N20:45
|-----] / [-----+
| 0
|
| RETARDO
| PARO
| 1083-P01
| GRUPO 83-5
|
| +TON-----+
| +TIMER ON DELAY +--(EN)+
| |Timer T12:451|
| |Time base 1.0+-(DN)|
| |Preset 5|
| |Accum 5|
| +-----+
  
```

Rung 55:4

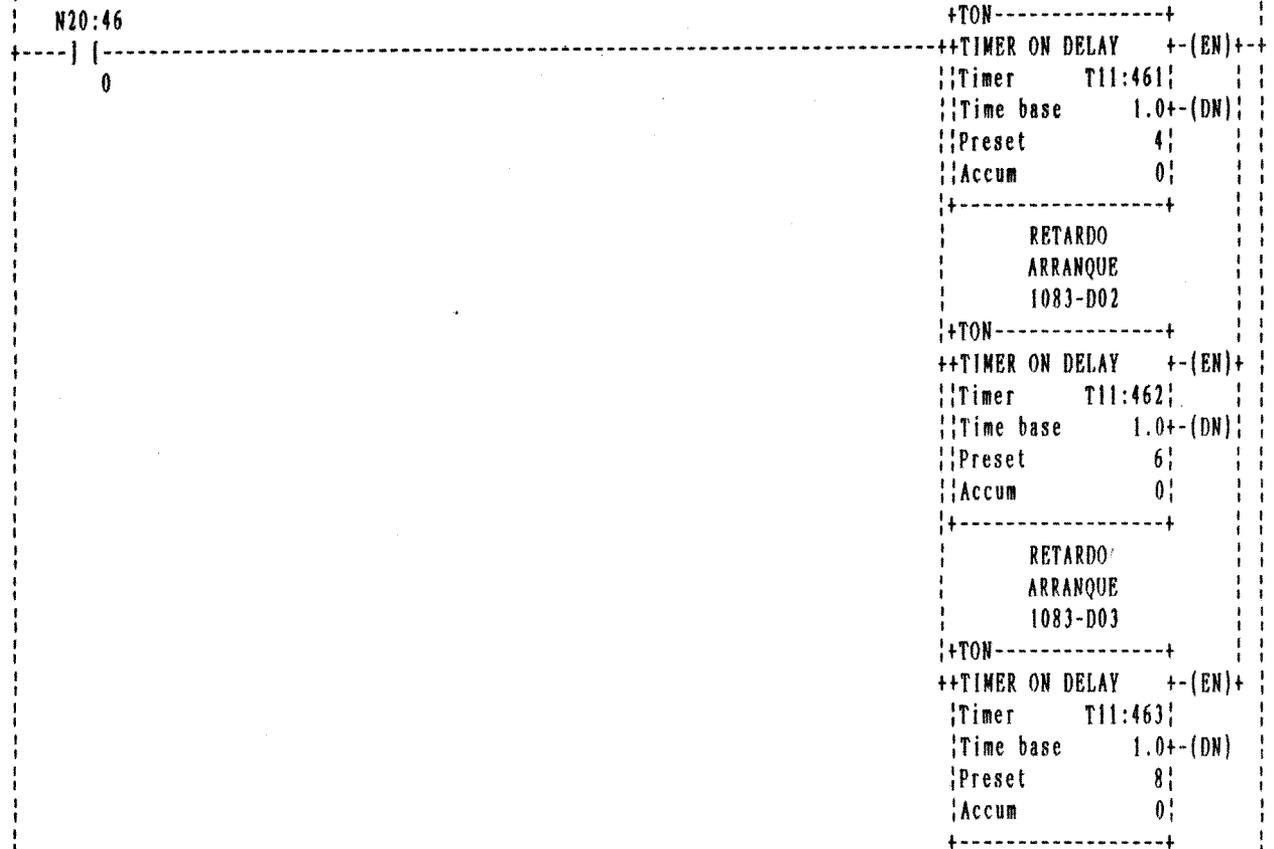
T12:451	PHOTOHELIC
+	83-5.1
-	N20:45
]	(U)
DN	1
FALLA	
1083-P01	
PHOTOHELIC	
N21:45	
+	
-	
]	
1	

Rung 55:5

-----[END OF FILE]-----

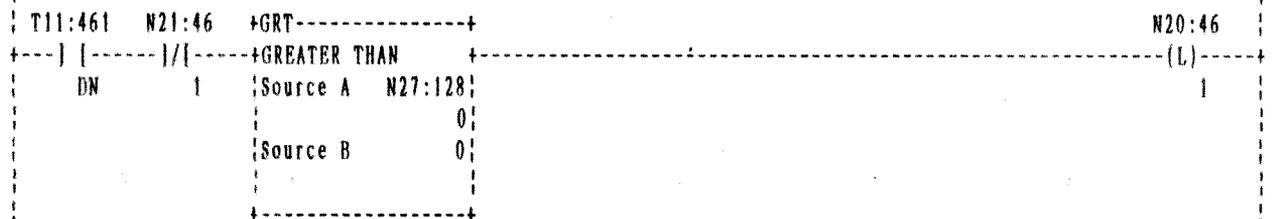
Rung 56:0  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-6

RETARDO  
 ARRANQUE  
 1083-D01



Rung 56:1

FALLA	PROPORCION	1083D01
1083-D01	PESADORA	83-6.1
	1083-D01	



```

Rung 56:2
  FALLA          PORCENTAJE          1083D02
  1083-D02      PESADORA              83-6.2
                1083-D02

T11:462  N21:46  +GRT-----+
+---] [-----] / [-----] +GREATER THAN +-----+ (L)-----+
      DN      2   |Source A  N27:129|
                  |          0|
                  |Source B   0|
                  +-----+
  
```

```

Rung 56:3
  FALLA          PORCENTAJE          1083D03
  1083-D03      PESADORA              83-6.3
                1083-D03

T11:463  N21:46  +GRT-----+
+---] [-----] / [-----] +GREATER THAN +-----+ (L)-----+
      DN      3   |Source A  N27:130|
                  |          0|
                  |Source B   0|
                  +-----+
  
```

```

Rung 56:4
  AUTOMATICO;1083D01
  GRUPO 83-6;83-6.1

  N20:46  N20:46
  0      1

  RETARDO
  REVISION
  FALLA
  1083-D01

+TON-----+
+---] [-----] / [-----] +TIMER ON DELAY +- (EN) +---+
      0      1   |Timer   T13:461|
                  |Time base 1.0+- (DN)|
                  |Preset    5|
                  |Accum     0|
                  +-----+
                  PESADORA |FALLA
                  CLINKER  |1083-D01
                  ARRANCADA |
                  1083D01A
T13:461  1:003  N21:46
+---] [-----] / [-----] (L)-----+
      DN      14      1
  
```

Rung 56:5

AUTOMATICO;1083D02  
 GRUPO 83-6;83-6.2

N20:46 N20:46  
 ] [-----] |  
 0 2

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-D02

+TON-----+

+TIMER ON DELAY +-(EN)+

Timer T13:462

Time base 1.0+-(DN)

Preset 5

Accum 0

+-----+

PESADORA FALLA  
 TOBA 1083-D02  
 ARRANCADA  
 1083D02A

T13:462 1:003 N21:46

+---] [-----]/[------(L)---+

DN 15 2

Rung 56:6

AUTOMATICO;1083D03  
 GRUPO 83-6;83-6.3

N20:46 N20:46  
 ] [-----] |  
 0 3

RETARDO  
 REVISION  
 FALLA  
 1083-D03

+TON-----+

+TIMER ON DELAY +-(EN)+

Timer T13:463

Time base 1.0+-(DN)

Preset 5

Accum 0

+-----+

PESADORA FALLA  
 YESO 1083-D03  
 ARRANCADA  
 1083D03A

T13:463 1:003 N21:46

+---] [-----]/[------(L)---+

DN 16 3

Rung 56:7  
 AUTOMATICO  
 GRUPO 83-6

N20:46

|/|  
 0

RETARDO  
 PARO  
 1083-D01

+TON-----+  
 ++TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 ;Timer T12:461;  
 ;Time base 1.0+- (DN);  
 ;Preset 4;  
 ;Accum 4;

RETARDO  
 PARO  
 1083-D02

+TON-----+  
 ++TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 ;Timer T12:462;  
 ;Time base 1.0+- (DN);  
 ;Preset 4;  
 ;Accum 0;

RETARDO  
 PARO  
 1083-D03

+TON-----+  
 ++TIMER ON DELAY +- (EN)+  
 ;Timer T12:463;  
 ;Time base 1.0+- (DN);  
 ;Preset 4;  
 ;Accum 0;

Rung 56:8

T12:461

|-----|  
 DN  
 FALLA  
 1083-D01  
 N21:46

|-----|  
 1

1083D01  
 83-6.1  
 N20:46

-(U)  
 1

Rung 56:9

T12:462

|-----|  
 DN  
 FALLA  
 1083-D02  
 N21:46

|-----|  
 2

1083D02  
 83-6.2  
 N20:46

-(U)  
 2

Rung 56:10

T12:463	1083D03
DN	83-6.3
FALLA	N20:46
1083-D03	(U)
N21:46	3
3	

Rung 56:11

[END OF FILE]

FILES 57 THROUGH 69 ARE NOT TYPE LADDER

Allen-Bradley Company  
6200 Series Software  
PLC-5 Programming Terminal Software  
Release 5.01.03  
Symbol Table Report

TESIS, AUTOMATIZACION DE MOLINOS DE CEMENTO

Processor File: CEM83\_84  
Thu May 1, 1997 - 9:09:17 am

REPORT OPTIONS

Page Width:	110
Page Length:	68
Graphics Capabilities:	NO
Sort Order:	Symbol

Symbol	Address	Comment
1080J01A	I:005/15	TRANSPORT. GENERAL ARRANCADO
1080J02A	I:005/14	TRANSPORT. GENERAL ARRANCADO
1083D01A	I:003/14	PESADORA CLINKER ARRANCADA
1083D02A	I:003/15	PESADORA TOBA ARRANCADA
1083D02C	O:013/05	CONTACTOR PESADORA TOBA
1083D03A	I:003/16	PESADORA YESO ARRANCADA
1083D03C	O:013/06	CONTACTOR PESADORA YESO
1083G01A	I:003/13	MOTOR DEL MOLINO ARRANCADO
1083G01AA	I:006/06	CLUTCH ARRANCADO
1083G01AC	O:015/16	CONTACTOR CLUTCH
1083G01EMA	I:006/07	GENERADOR ARRANCADO
1083G01EMC	O:015/17	CONTACTOR GENERADOR
1083J01A	I:006/03	DESCARGA DEL MOLINO ARRANCADO
1083J01C	O:015/13	CONTACTOR DESC.MOL.
1083J02A	I:003/12	ELEVADOR ARRANCADO
1083J02C	O:015/12	CONTACTOR ELEVADOR
1083J03A	I:006/02	CARGA AL SEPARADOR ARRANCADO
1083J03C	O:015/11	CONTACTOR CARGA SEP.
1083J04A	I:003/10	DESCARGA SEPARADOR ARRANCADA
1083J04C	O:015/07	CONTACTOR DESC. SEP.
1083J05A	I:006/04	CARGA ELEV ARRANCADO
1083J05C	O:015/14	CONTACTOR CARGA ELEV
1083P01A	I:006/17	PHOTOHELIC ARRANCADO
1083P01C	O:016/12	
1083P01FMA	I:006/10	VENTILADOR ARRANCADO
1083P01FMC	O:016/00	CONTACTOR VENTILADOR
1083P01JFA	I:006/05	RECOLECTOR FILTRO FOR ARRANCADO
1083P01JFC	O:015/15	CONTACTOR RECOLECTOR FILTRO FOR
1083P01JRA	I:007/00	RECOLECTOR FILTRO REW ARRANCADO
1083P01JRC	O:016/13	CONTACTOR RECOLECTOR FILTRO REW
1083S01A	I:003/11	SEPARADOR ARRANCADO
1083S01C	O:015/10	CONTACTOR SEPARADOR
1084D01A	I:004/02	PESADORA CLINKER ARRANCADA
1084D01C	O:013/07	CONTACTOR PESADORA CLINKER
1084D02A	I:004/03	PESADORA TOBA ARRANCADA
1084D02C	O:013/10	CONTACTOR PESADORA TOBA
1084D03A	I:004/04	PESADORA YESO ARRANCADA
1084D03C	O:013/11	CONTACTOR PESADORA YESO
1084G01A	I:004/01	MOTOR DEL MOLINO ARRANCADO
1084G01C	O:016/07	CONTACTOR MOTOR MOL.
1084J01A	I:006/14	DESC.MOLIN ARRANCADO
1084J01C	O:016/06	CONTACTOR DESC.MOLIN
1084J02A	I:006/13	CARGA ELEV ARRANCADO
1084J02C	O:016/05	CONTACTOR CARGA ELEV
1084J03A	I:004/00	ELEVADOR ARRANCADO
1084J03C	O:016/04	CONTACTOR ELEVADOR
1084J04A	I:006/12	CARGA SEP. ARRANCADO
1084J04C	O:016/03	CONTACTOR CARGA SEP.
1084J05A	I:006/11	DESC.SEPAR ARRANCADO
1084J05C	O:016/01	CONTACTOR DESC.SEP.
1084S01A	I:003/17	SEPARADOR ARRANCADO

Symbol	Address	Comment
1084S01C	0:016/02	CONTACTOR SEPARADOR
1090C01A	1:006/00	COMPRESOR ARRANCADO
1090C02A	1:006/01	COMPRESOR ARRANCADO
1090K02A	1:005/16	BOMBA FULLER ARRANCADA
1090K03A	1:005/17	BOMBA FULLER ARRANCADA
AUTO83	N22:0/1	
AUTO84	N22:0/2	
C_FILT_CL	1:006/16	COMPUERTA FILTRO CERRADA
C_FILT_OP	1:006/15	COMPUERTA FILTRO ABIERTA
C_TRANS_CL	1:007/04	
C_TRANS_OP	1:007/05	
FALLA	0:106/06	INDICADOR FALLA
FAULT_CODE	N22:1	
LOC_REM_83	1:007/02	
LOC_REM_84	1:007/03	
RESET	1:105/17	
START84_3A	N22:14/4	
START_83	1:105/05	START BUTTON GRUPO_83
START_83_0	N22:13/0	
START_83_1	N22:13/1	
START_83_2	N22:13/2	
START_83_3	N22:13/3	
START_83_4	N22:13/4	
START_83_5	N22:13/5	
START_83_6	N22:13/6	
START_84	1:105/07	
START_84_0	N22:14/0	
START_84_1	N22:14/1	
START_84_2	N22:14/2	
START_84_3	N22:14/3	
START_84_4	N22:14/5	
START_84_5	N22:14/6	
STOP84	1:105/06	
STOP_83	1:105/04	STOP BUTTON GRUPO 83
TERMOSTATO	1:003/00	

## 5.6. Puesta en marcha.

Con el fin de delimitar los problemas que pudieran surgir en el momento de poner en marcha el proyecto se dividieron las pruebas realizadas en dos partes.

- pruebas de hardware.
- pruebas de software.

Entre las pruebas de hardware se pueden mencionar las siguientes:

Chequeo de cada una de las entradas digitales tomando en cuenta que el cableado de cada motor correspondiera a la dirección correcta en el módulo de entradas, así como verificar que la señal de 110 voltios estuviera llegando a los módulos.

Se revisó que el cableado de las salidas digitales no tuviera fallas de corto circuito entre líneas o a tierra ya que una falla de esta naturaleza dañaría los contactos de los módulos de salida, también se arrancaron los motores simulando un cierre de los contactos de los módulos de salida corroborando de esta manera que los motores estuvieran conectados en la dirección correspondiente.

Por último se revisaron los cableados de las señales analógicas de entrada y de salida. Para las analógicas de entrada se midió en los puntos de conexión de los módulos que se tuviera una corriente dentro del intervalo de 4 a 20 mA. Para las analógicas de salida sólo se chequeo que el cableado estuviera conectado estuviera conectado en el lugar exacto y que el cable shield estuviera aterrizado.

Entre las pruebas de software se pueden mencionar las siguientes:

Se cargo el programa, de la computadora al PLC 5/60 a través del puerto de comunicación serial que posee el procesador.

Para reconfirmar las pruebas del cableado de salidas digitales que se hizo en la parte de hardware, se forzaron cada una de las salidas desde el programa y se chequeo que los equipos arrancados fuesen los correspondientes a cada salida.

Se arrancaron los equipos por grupos en forma secuencial, se chequeo grupo por grupo y se corrigieron fallas de programación.

Se chequearon que los indicadores piloto que poseen las tarjetas de entrada y salida se encendieran cuando los equipos eran arrancados.

Se arrancó todo el sistema del molino 1084 para chequear el funcionamiento de los lazos de control PID, se ingresaron los valores de proporción de cada pesadora de tal manera que la sumatoria de los tres datos diera como resultado el 100 %. Se calibraron los PID de las pesadoras de clinker, toba y yeso una por una, haciendo variar los valores de las constantes  $K_p$  (cte proporcional),  $K_i$  (cte integral), y  $K_d$  (cte derivativa) y observando por varias horas la velocidad de respuesta ante una perturbación. Posteriormente se ingreso se set-point en KW al PID del molino 1084 tomando en cuenta la potencia nominal del motor (800 HP), se hicieron variar las constantes  $K_p$ ,  $K_i$  y  $K_d$  hasta llegar a un punto optimo del grado de llenado del molino, lo cual se podía visualizar al obtener la menor variación en la potencia consumida por el motor del molino.

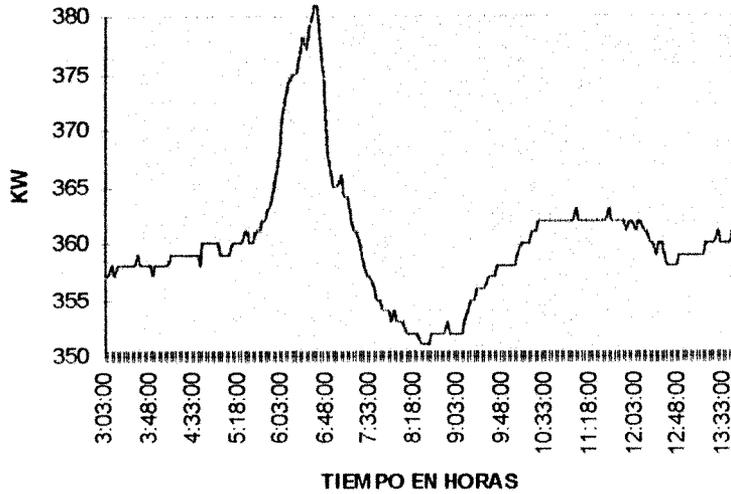
Este procedimiento se repitió para las pesadoras de toba, yeso, clinker y motor del molino 1083, con la diferencia que el set-point del PID del motor del molino se colocó tomando en cuenta la potencia nominal que es de 600 HP.

## **RESULTADOS.**

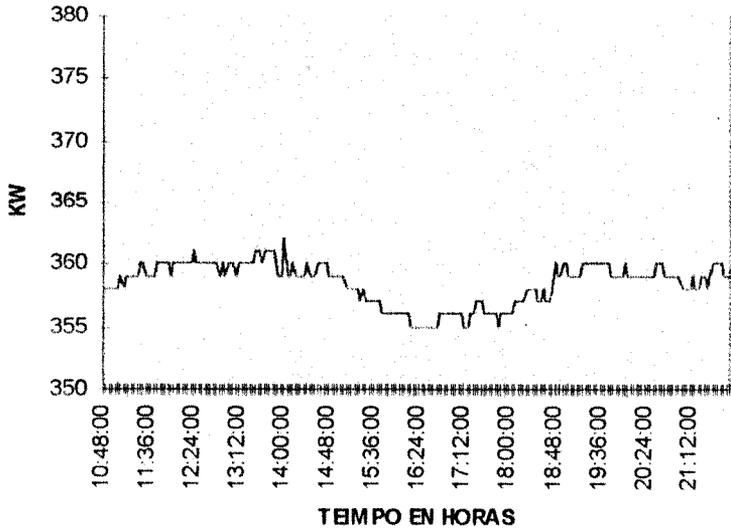
El sistema de control automático se puso en marcha a partir del 31 de marzo de 1997. En la gráfica No. 5 se muestra el comportamiento de la potencia consumida antes de la automatización, por el motor del molino 1083, obsérvese las variaciones de la potencia consumida, esto como consecuencia de una alimentación de material fresco NO UNIFORME y que da como consecuencia inestabilidad en la operación de los molinos. Puede notarse el molino trabajando estable entre las 3:00 y 6:00 de la tarde, mientras que a las 6:30 tiene un pico en la potencia lo que significa que el molino se quedó parcialmente vacío, posteriormente empieza a bajar, pero el operador no logra dejarlo en un punto estable y la potencia baja hasta 351 KW lo que significa que el molino se llenó. Este comportamiento se debe a que el operador no tenía un control de la alimentación fresca al molino.

En la gráfica No. 6 se muestra el comportamiento de la potencia consumida por el motor del molino 1083 después de la automatización, puede notarse que la potencia es más estable, debido a que la alimentación fresca es gobernada por el control electrónico siendo de esta manera más uniforme, evitando así que el molino se vacíe o se atranque por sobrecarga. Puede observarse también una notable reducción en la potencia consumida.

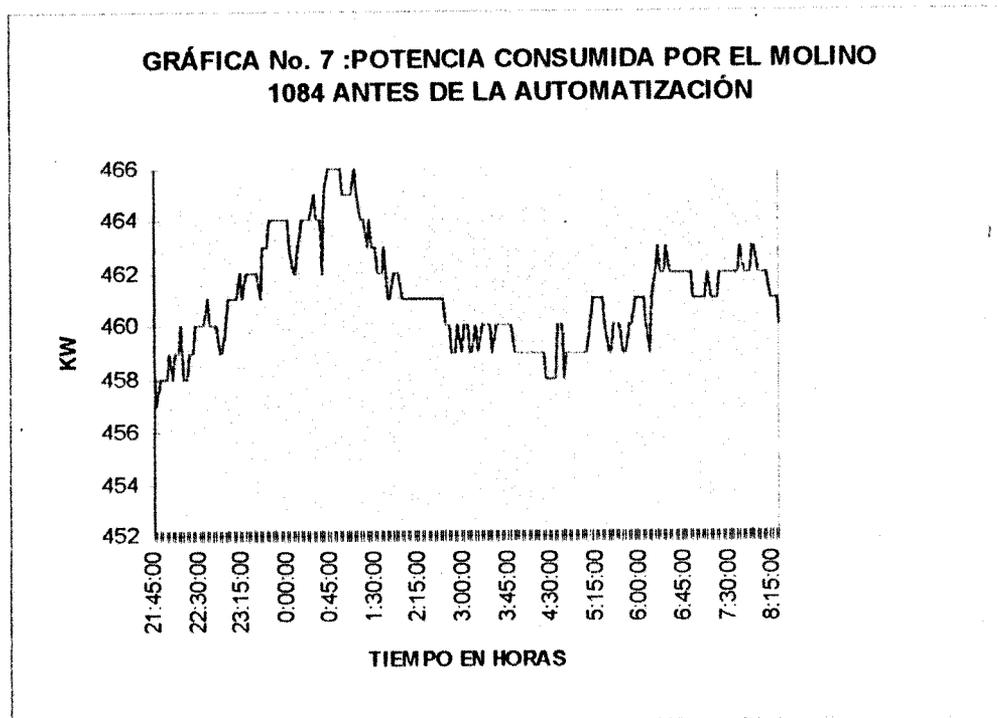
**GRAFICA No.5: POTENCIA CONSUMIDA POR EL MOLINO 1083 ANTES DE LA AUTOMATIZACIÓN**



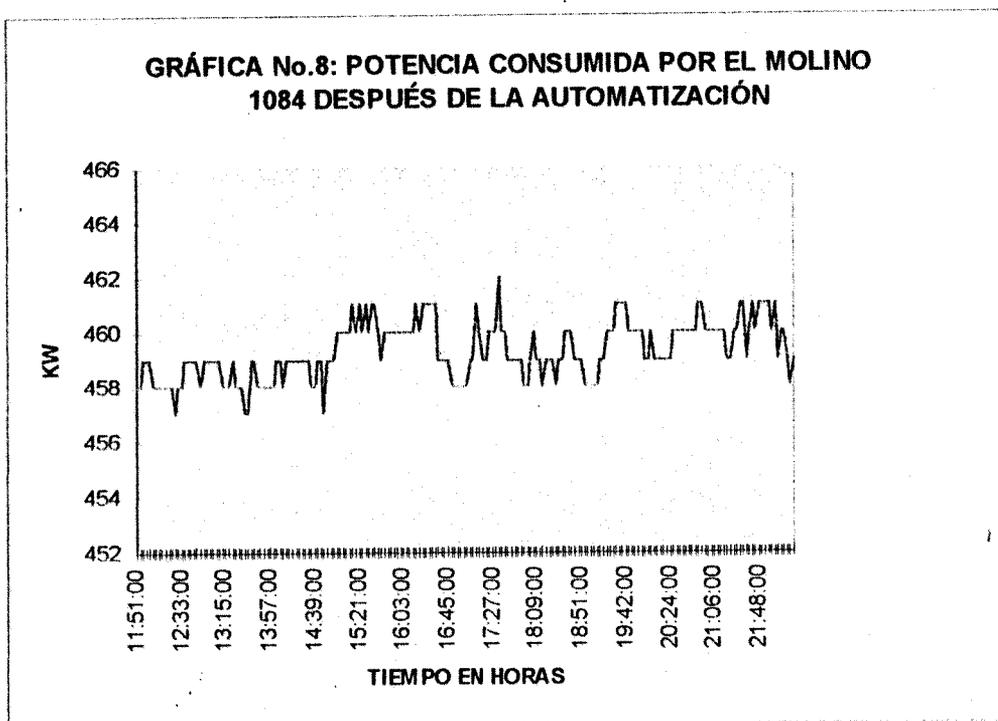
**GRAFICA No.6: POTENCIA CONSUMIDA POR EL MOLINO 1083 DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN**



En la gráfica No. 7 se muestra el comportamiento de la potencia del motor del molino 1084 antes de implementar el control electrónico. El análisis de la gráfica es similar a la gráfica del molino 1083, a la 21:45 horas se observa un mínimo que nos indica que el molino está lleno y a la 01:00 horas se nota un máximo que nos indica que el molino se vació.



En la gráfica No. 8 se nota más estabilidad en el molino 1084, así como una reducción en la potencia consumida por el motor.



En la tabla No. 8 se presenta un resumen muy representativo de los datos numéricos de las gráficas de potencia No. 5 a la No. 8. Nótese la reducción de la potencia promedio consumida por los motores de los molinos, así como una considerable mejora en la desviación estándar, ya que se redujo en un 71 % para el molino 1083 y un 48 % para el molino 1084.

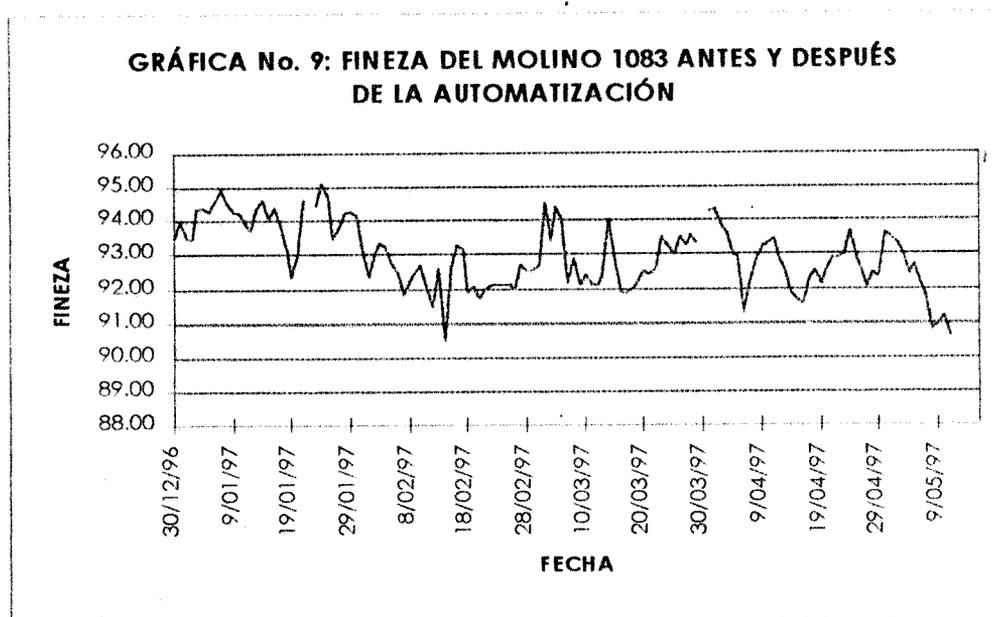
<b>TABLA No. 8</b>	MOLINO 1083	MOLINO 1084
POTENCIA PROMEDIO ANTES DE AUTOMATIZAR	360.121 KW	461.03004 KW
POTENCIA PROMEDIO DESPUÉS DE AUTOMATIZAR	358.422 KW	459.3125 KW
DIF. % DE POTENCIA	<b>0.472 %</b>	<b>0.373 %</b>
DESV. ESTÁNDAR ANTES DE AUTOMATIZAR	5.7338	1.952407
DESV. ESTÁNDAR DESPUÉS DE AUTOMATIZAR	1.6554	1.0136448
DIF. % DE DESV. ESTÁNDAR	<b>71.12 %</b>	<b>48.1 %</b>

Para el análisis de la calidad del cemento, antes y después de implementar el sistema electrónico de control, se comparó algunas de las características físicas y químicas como la fineza 325, RI, SO<sub>3</sub> y la PF. (Ver glosario). De estos parámetros la fineza es una característica FÍSICA mientras que el RI, SO<sub>3</sub> y la PF son características QUÍMICAS. El controlador lógico programable (PLC) actúa sobre el sistema de molienda y sobre las proporciones de la alimentación fresca, pero no sobre las características químicas con que viene la materia prima, por lo tanto los resultados son más relevantes en la fineza (característica física) que en el RI, SO<sub>3</sub> y la PF (características químicas).

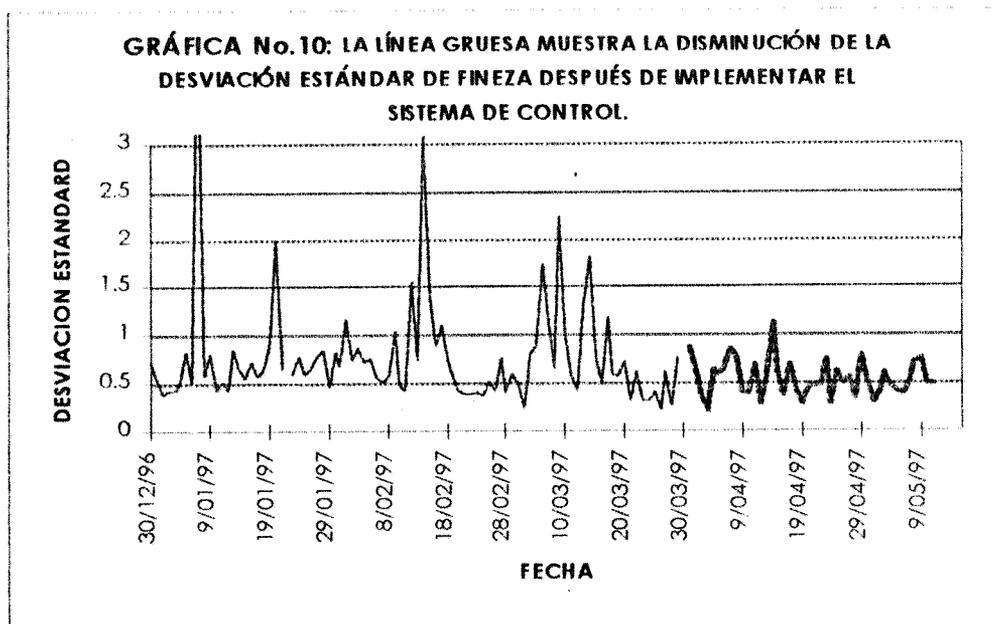
En la gráfica No. 9 se muestra el comportamiento de la fineza desde diciembre de 1996 hasta mayo de 1997, aparentemente no se ve mucha variación, pero, en la gráfica No. 10 se observa claramente la disminución de la desviación

estándar a partir del 31 de marzo fecha en que se puso en marcha el sistema electrónico de control.

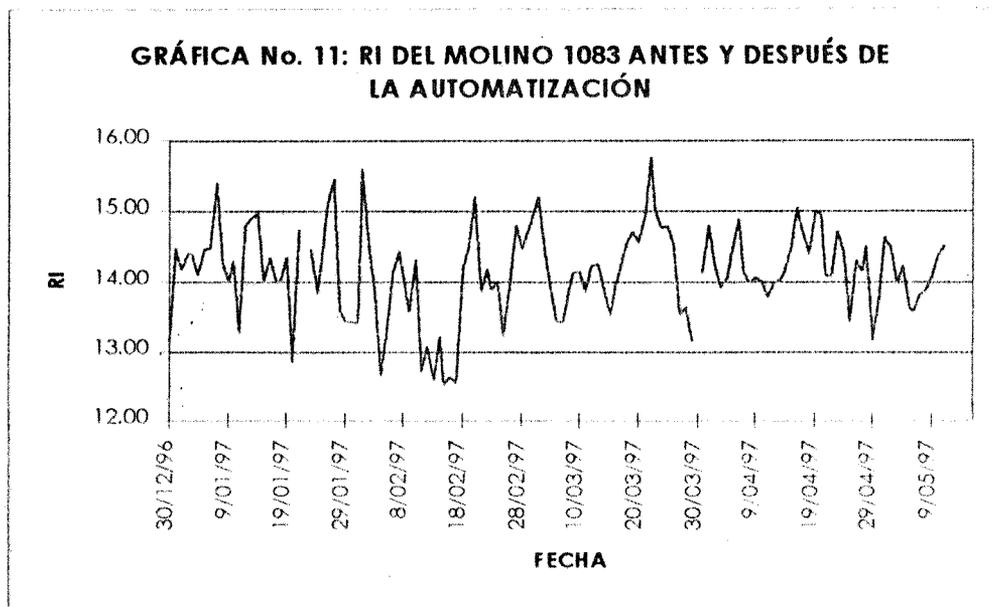
La fineza es el parámetro más importante en el sistema de molienda ya que depende de muchos factores como: dureza del material fresco, humedad, grado de llenado del molino, estado de las partes internas del molino (corazas, parrillas, diafragmas etc). Por tal motivo se dice que la fineza determina la eficiencia de operación de los molinos. Además la fineza es directamente proporcional a la resistencia del cemento y al costo de producción.



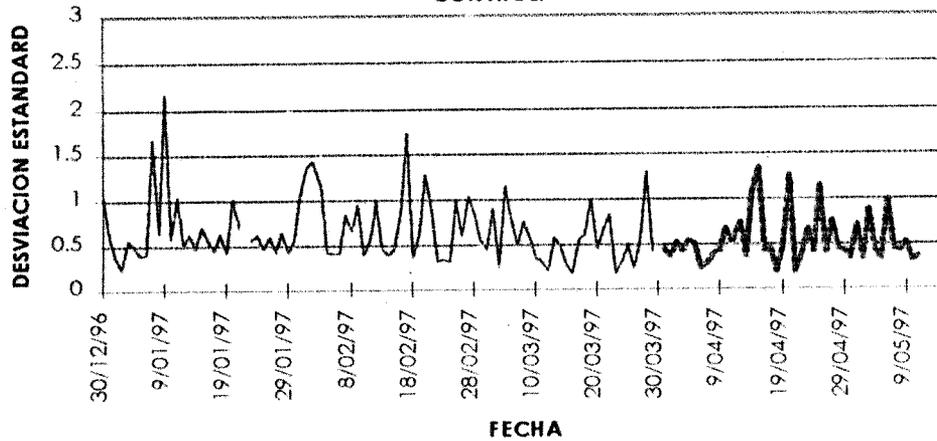
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



En la gráfica 11 y 12 se observa el comportamiento de el RI (residuo insoluble) y de su desviación estándar notándose más estabilidad a partir del 31 de marzo.

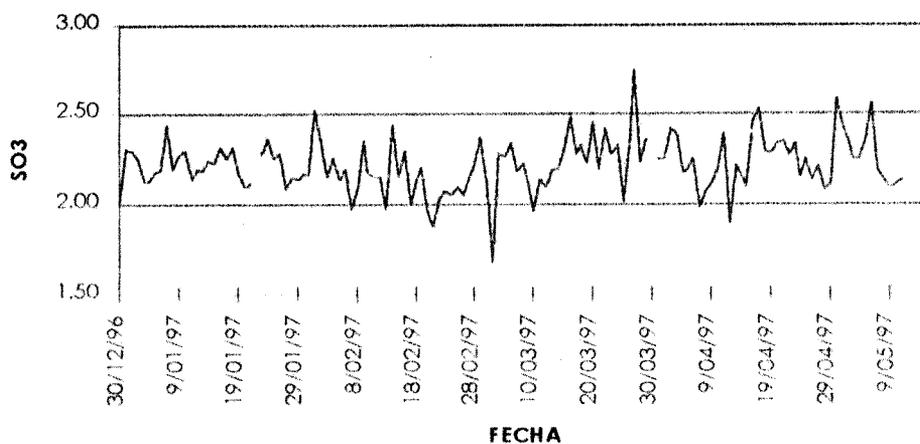


**GRÁFICA No. 12: LA LÍNEA GRUESA MUESTRA LA DISMINUCIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE RI DESPUÉS DE IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE CONTROL.**

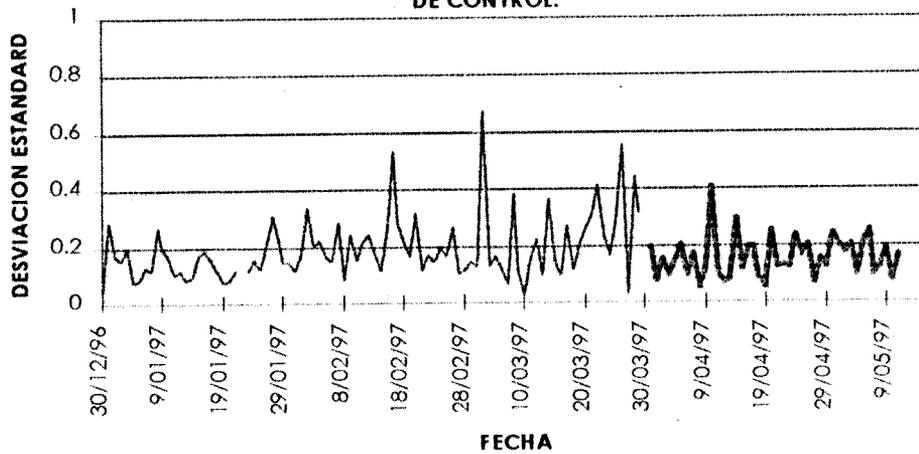


En las gráficas No. 13 y 14 vemos la tendencia del SO<sub>3</sub> y de su desviación estándar siendo notable una pequeña mejora en la desviación estándar a partir del 31 de marzo.

**GRÁFICA No. 13: SO<sub>3</sub> DEL MOLINO 1083 ANTES Y DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN.**

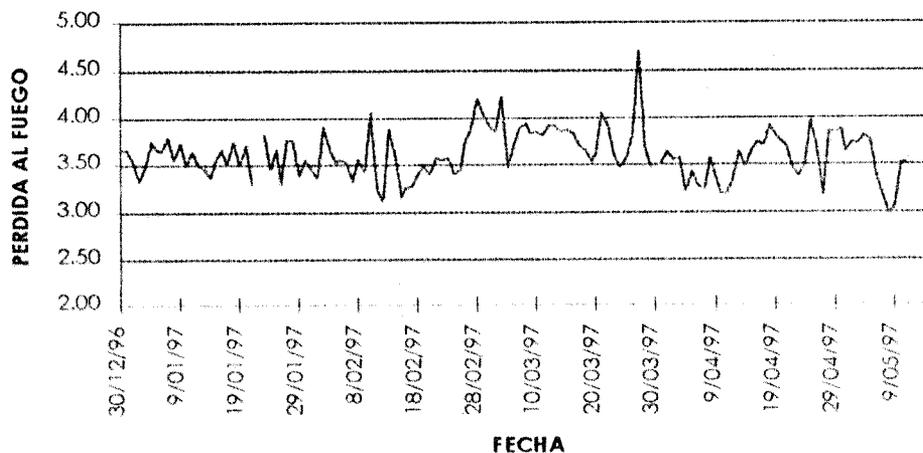


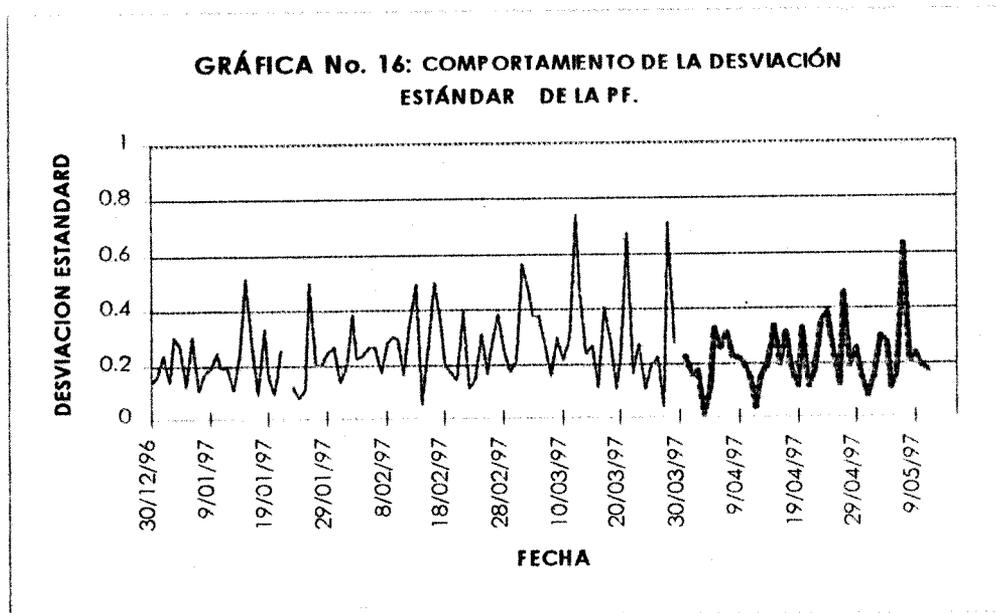
**GRÁFICA No. 14: LA LÍNEA GRUESA MUESTRA LA DISMINUCIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE SO3 DESPUÉS DE IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE CONTROL.**



La gráfica No. 15 muestra la tendencia de la PF (pérdida al fuego) visualizándose una pequeña mejora y en la gráfica No. 16 la desviación estándar aunque en esta última no se observa mejora.

**GRÁFICA No. 15: PF DE MOLINO 1083 ANTES Y DESPUÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN**





En la tabla No. 9 se presenta un resumen muy representativo de los datos numéricos de las gráficas No. 9 a la No. 16 de calidad del cemento. Nótese que la desviación estándar de la fineza mejoró en un 30.93 %, la del RI mejoró en un 40.84 % , la del SO3 no varió y la de la pérdida al fuego (PF) mejoró en un 0.876%.

<b>TABLA No.9</b>	<b>FINEZA</b>	<b>RI</b>	<b>SO3</b>	<b>PF</b>
PROMEDIO ANTES	93.10	14.08	2.2	3.64
PROMEDIO DESPUÉS	92.57	14.20	2.24	3.54
DESV. EST. ANTES	0.77	0.722	0.147	0.25
DESV. EST. DESPUÉS	0.53	0.427	0.147	0.249
DIF. % DE DESV. EST	30.93 %	40.84 %	0 %	0.876

Otros resultados son:

- Aumento de disponibilidad de la instalación.
- Aumento del conocimiento del proceso físico.
- Sencillez de operación del proceso.
- Liberación del operador de las funciones de control para permitirle realizar funciones de supervisión.

Las gráficas de calidad (fineza, RI, SO<sub>3</sub> y PF) del molino 1084 no han sido publicadas debido a que en este molino se hacen diferentes tipos de cemento, como cemento IPM (cemento público), cemento tipo H (para utilización en pozos petroleros) y otros más. Por tal razón es necesario parar frecuentemente este molino para hacer los ajustes correspondientes y poder cumplir con las características físicas y químicas de cada tipo de cemento. Esto da como resultado que las gráficas sean discontinuas por la falta de datos en el momento de los paros y que no sean uniformes ya que las características que se exigen al molino son distintas.

## CONCLUSIONES.

1. La solución obtenida es de carácter general, lo que le permite ser aplicada directamente a la generalidad de los procesos de molienda.
2. Son necesarias pocas señales analógicas y digitales para realizar la optimización.
3. El consumo de energía por tonelada disminuye ya que se produce una disminución de la potencia promedio consumida por los motores de los molinos.
4. Gracias al controlador lógico programable se mejora la operación de los molinos de cemento puesto que se tiene una carga uniforme, evitándose de esta manera que los molinos se vacíen o se atraquen por una sobrecarga.
5. Con el control electrónico, se mejoran las características de calidad del cemento, puesto que se tiene una alimentación de las materias primas en proporciones uniformes.
6. Gracias al controlador lógico programable, se determinó que la optimización de los molinos no depende únicamente de un control electrónico, sino que también de las características físico-químicas de la alimentación fresca que suelen ser variables y difíciles de controlar.
7. Con la implementación de un controlador lógico programable se minimiza la utilización de equipo de relevación como relés, timers, botoneras, etc. , dando como resultado disminución de fallas y del tiempo para su detección, así como flexibilidad para hacer cambios.

8. Gracias al controlador lógico programable se mejora la relación hombre-máquina facilitando y haciendo más rápidas las tareas de arranque, paro y control del equipo, evitando también errores de operación.

### **RECOMENDACIONES.**

Con la implementación del nuevo control se ha mejorado el sistema de molienda de cemento, pero para seguir optimizando los molinos es necesario tomar en cuenta otros aspectos que están fuera del alcance del PLC, sin embargo, nos ha hecho notarlos y pueden ser controlados como:

Planificar la producción para evitar paradas innecesarias.

Carga de bolas, es decir, grado de llenado del molino.

Temperatura adecuada del clinker en la alimentación al molino.

Velocidad correcta del aire para ventilación dentro del molino.

Dimensionamiento adecuado de los motores eléctricos.

Evitar las averías a causa de un mantenimiento insuficiente.

Es indispensable impartir un seminario de orientación y capacitación al personal operativo debido a que ellos están acostumbrados a trabajar únicamente con sistemas antiguos y aún no han visualizado todas las ventajas y el potencial que les dará el trabajar con un sistema automatizado.

## X. BIBLIOGRAFÍA.

1. Allen Bradley Company. Automation Systems  
USA: Copyright, 1994.
2. Allen Bradley Company. Industrial Controls  
USA: Copyright, 1994.
3. Allen Bradley Company. Introduction to Programming the 1785  
PLC-5 Programmable Controller.  
USA: Copyright, December 1994.
4. Allen Bradley Company. Instruction set reference PLC-5  
Programing Software.  
USA: Copyright, June 1994.
5. Allen Bradley Company. Software Configuration and  
Maintenance  
USA: Copyright, 1994.
6. Allen Bradley Company. PLC-5 Programming Software.  
USA: Copyright, December 1994.
7. Eckman, Dnald P. Automatic process control  
New York: Editorial Wiley, 1958.
8. Siskid, Charles Seymour. Electrical control systems.  
New York: Editorial Mc Graw Hill, 1963.
9. Szklanny, Sergio. Sistemas Digitales de Control de Procesos  
Argentina: Editorial Control S.R.L, 1994.