

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO PRODUCTIVO DE  
CAFÉ TOSTADO EN LA EMPRESA “Café La Palma Ltda.”**



**Santiago Tobar Cárdenas**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2013**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL PROCESO PRODUCTIVO DE  
CAFÉ TOSTADO EN LA EMPRESA “Café La Palma Ltda.”**



**Anexos**

**Santiago Tobar Cárdenas**

**Director.  
Ing. Oscar Amaury Rojas A.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL  
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL  
POPAYÁN  
2013**

## CONTENIDO

1. REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA CAFÉ LA PALMA LTDA .....	5
2. DATOS TECNICOS DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN INSTALADOS EN LA EMPRESA CAFÉ LA PALMA LTDA .....	6
2.1.EQUIPOS DE PROCESADO DE MATERIA PRIMA .....	6
2.2.INSTRUMENTACIÓN INSTALADA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN.....	7
3. DIAGRAMAS P&ID PARA EL PROCESO DE CAFÉ TOSTADO .....	11
3.1.DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE SILOS .....	11
3.2.DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA TOLVA DE CARGA DE LA TOSTADORA .....	13
3.3.DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE TOSTIÓN.....	15
3.4.DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE ENFRIADO.....	17
3.5.DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE MEZCLADO .....	19
4. DIAGRAMAS DE MANDO Y POTENCIA .....	21
4.1.DIAGRAMAS DE MANDO Y POTENCIA PARA LOS MOTORES.....	21
4.2.DIAGRAMA DE MANDO Y POTENCIA PARA LOS CILINDROS NEUMÁTICOS.....	28

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama P&ID para el proceso de dosificación de los silos. ....	12
Figura 2. Diagrama P&ID para el proceso de dosificación de la tolva de carga de la tostadora.....	14
Figura 3. Diagrama P&ID para el proceso de tosti3n.....	16
Figura 4. Diagrama P&ID para el proceso de enfriado.....	18
Figura 5. Diagrama P&ID para el proceso de mezclado.....	20
Figura 6. Diagrama de mando para los motores 1, 2 y 3.....	22
Figura 7. Diagrama de mando para los motores 4,5 y 6.....	23
Figura 8. Diagrama de mando para los motores 7,8 y 9.....	24
Figura 9. Diagrama de potencia para los motores 1,2 y 3.....	25
Figura 10. Diagrama de potencia para los motores 4,5 y 6.....	26
Figura 11. Diagrama de potencia para los motores 7,8 y 9.....	27
Figura 12. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 1,2 y 3.....	29
Figura 13. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 4,5 y 6.....	30
Figura 14. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 7,8 y 9.....	31
Figura 15. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 10,11 y 12.....	32
Figura 16. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 13,14 y 15.....	33
Figura 17. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 16 y 17.....	34

## 1. REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA CAFÉ LA PALMA LTDA

Teniendo en cuenta el proyecto que se realizó en la empresa, ésta desarrollo un documento donde expone los requerimientos mínimos que debía cumplir la propuesta de automatización realizada como trabajo de grado. A continuación se describe éste documento:

Con el respectivo análisis realizado al proceso productivo de la empresa Café La Palma Ltda. y pretendiendo tener una solución acorde a las necesidades identificadas del proceso, operarios y que sea escalable a mejoras futuras, se presentan estas necesidades a solucionar:

- a. Mejorar el ambiente de trabajo del operario encargado de la dosificación y la tostión de la materia prima, minimizando que este se someta a altas temperaturas y a la inhalación excesiva de humo, disminuir la ejecución de múltiples actividades que no generan valor sobre el proceso y los desplazamientos entre las áreas de operación.
- b. Mejorar el proceso productivo, para lo cual se requiere migrar a un sistema de control que ejecute las actividades que el operario realiza con la botonera, exceptuando la determinación del grado de tostión, actividad de alta decisión que reposará sobre el operario.
- c. Desarrollar una estrategia sencilla pero efectiva para las dosificaciones de café tostado al realizar la mezcla, en donde se pueda variar las cantidades de acuerdo a la receta que maneja la empresa.
- d. Dar soporte a la adquisición de datos y que estos se almacenen en una base de datos, y luego ser utilizados en el momento oportuno para los reportes de producción.
- e. La adecuación de tecnología y estrategias deben permitir que las actividades se ejecuten de forma manual también.

## 2. DATOS TECNICOS DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN INSTALADOS EN LA EMPRESA CAFÉ LA PALMA LTDA

Dentro de la información que se obtuvo en el análisis del proceso productivo, se encuentran los datos técnicos de los equipos y la instrumentación con los que ya cuenta el proceso productivo. A continuación se muestran dichos datos

### 2.1. EQUIPOS DE PROCESADO DE MATERIA PRIMA

#### a. Silos y tolvas:

- **Silos de almacenamiento de café verde:** En la unidad de dosificación existen cuatro silos para el almacenamiento del café verde que llega a la empresa, estos silos tienen una capacidad de 8000 kg cada uno.
- **Silo de pre mezcla:** Este silo se utiliza para el almacenamiento de café tostado tipo caracol y tipo pre mezcla en la unidad de enfriado y mezclado con una capacidad de 2000 kg.
- **Silo de mezclado:** En la unidad de enfriado y mezclado también se encuentra el silo de mezclado que se utiliza para almacenar el café ya mezclado con los diferentes tipos de café. Este silo tiene una capacidad de 2000 kg.
- **Silo de desgasificación:** Este silo también pertenece a la unidad de enfriado y mezclado y se utiliza para almacenar por 24 h el café tostado y mezclado para que se expulsen los gases que el grano contiene luego de ser tostado. Este silo tiene una capacidad de 10000 kg.
- **Tolva de dosificación:** La unidad de dosificación también cuenta con esta tolva que se utiliza para vaciar los bultos de café verde que se encuentran almacenados de esta manera. También es utilizada para dosificar el café que ya se encuentra almacenado en los silos para iniciar el proceso de tostado. Ésta tolva tiene una capacidad de 240 kg.
- **Tolva de carga de la tostadora:** Esta tolva con una capacidad de 240 kg se encuentra en la unidad de tostión y es utilizada para descargar el café verde dentro de la tostadora.

- b. Tostadora:** Para el proceso de tostado se cuenta con una tostadora Viganego T-Rex 240, la cual utiliza un motor para girar el cilindro donde se deposita el café verde y que permanece en continuo movimiento durante todo el proceso. Esta tostadora cuenta también con unos ductos de ventilación para la extracción de los gases y para la re alimentación de calor hacia la misma utilizando un ventilador, este equipo resiste hasta 500°C como temperatura máxima. La capacidad máxima de la Viganego T-Rex 240 es de 240 kg.
- c. Enfriador/Mezclador:** Este equipo es una extensión de la Viganego T-Rex 240, y su propósito principal es enfriar el café a través de la succión de un ventilador y el movimiento rotativo de sus aspas. Aunque en el proceso de la empresa también es utilizado para mezclar los diferentes tipos de café. Cuenta con un motor encargado del movimiento de las aspas y un ventilador para la succión y enfriado del producto. La capacidad máxima de este enfriador/mezclador es de 300 kg.
- d. Elevador de cangilones:** El proceso cuenta con tres elevadores de cangilones, utilizados para transportar la materia prima. Estos cuentan cada uno con un motor para el movimiento de los cangilones. Estos elevadores pueden transportar la materia prima a una velocidad de 60 kg/min.
- e. Transportador:** El proceso cuenta con un transportador que a través del movimiento aplicado al tornillo sin fin y que es generado por el motor, el café verde es desplazado desde el elevador de café verde hasta la tolva de carga de la tostadora a una velocidad de 60 kg/min.

## 2.2. INSTRUMENTACIÓN INSTALADA EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

- a. Motores:** El proceso productivo cuenta con 9 motores trifásicos para el movimiento de la tostadora, los cangilones del elevador, los ventiladores y el movimiento de las aspas del enfriador.
  - **Motor trifásico Siemens 1LA3 095-4YB60:** El proceso productivo cuenta con ocho motores de éste modelo con las siguientes características.

<b>Tipo de servicio:</b>	S1
<b>Tipo de armazón:</b>	IMB3
<b>Potencia:</b>	1,8 HP
<b>Voltaje:</b>	220 V AC
<b>Corriente nominal:</b>	5 A
<b>Eficiencia:</b>	69.1%
<b>Factor de potencia:</b>	0.81

<b>Velocidad</b>	1700 rpm
<b>Velocidad nominal:</b>	1681 rpm
<b>Torque nominal:</b>	8.48 Nm
<b>Peso:</b>	20.3 kg

- **Motor trifásico Metalcorte B 112 14/EC:** En el proceso se encuentra un solo motor de éste modelo con las siguientes características.

<b>Tipo de servicio:</b>	S1
<b>Protección:</b>	IP55
<b>Potencia:</b>	1,5 HP
<b>Voltaje:</b>	220 V AC
<b>Corriente nominal:</b>	4.33 A
<b>Eficiencia:</b>	75.5%
<b>Factor de potencia:</b>	0.85
<b>Velocidad</b>	1700 rpm
<b>Peso:</b>	14.7 kg

- b. Cilindros neumáticos:** Los cilindros neumáticos utilizados en el proceso productivo son utilizados para la apertura de la tolva de carga de la tostadora, la apertura de la tostadora para descargar el café tostado, para abrir la escotilla de salida del enfriador para ser descargado y transportar el café hacia el silo de pre mezcla.

- **Cilindro neumático Festo CRDNG-40-160-PPV-A:** Son 2 los cilindros neumáticos de éste modelo con los que cuenta el proceso productivo, con las siguientes características.

<b>Carrera:</b>	160 mm
<b>Diámetro del émbolo:</b>	40 mm
<b>Presión de funcionamiento:</b>	0.6 bar – 10 bar
<b>Fluido:</b>	Aire comprimido
<b>Fuerza teórica de retroceso con 6 bar:</b>	633 N
<b>Fuerza teórica de avance con 6 bar:</b>	754 N
<b>Conexión neumática:</b>	G1/4
<b>Temperatura ambiente</b>	-20°C – 80°C
<b>Peso:</b>	1840 g

- **Cilindro neumático Festo CRDNG-32-160-PPV-A:** El otro cilindro neumático que existe en el proceso es el de éste modelo y con las siguientes características.

<b>Carrera:</b>	160 mm
<b>Diámetro del émbolo:</b>	32 mm

<b>Presión de funcionamiento:</b>	0.6 bar – 10 bar
<b>Fluido:</b>	Aire comprimido
<b>Fuerza teórica de retroceso con 6 bar:</b>	415 N
<b>Fuerza teórica de avance con 6 bar:</b>	483 N
<b>Conexión neumática:</b>	G1/8
<b>Temperatura ambiente</b>	-20°C – 80°C
<b>Peso:</b>	1365 g

- c. Electroválvulas:** Las electroválvulas se utilizan para la activación o desactivación de los cilindros neumáticos, permitiendo el paso del aire comprimido hacia ellos y también una es utilizada para la aplicación del agua al café cuando el punto de tostión se ha logrado. Las características de estas se presentan a continuación.

#### **Electroválvula Festo MEBH-5/2-1/8-P-B-230AC**

<b>Función de la válvula:</b>	5/2 monoestable
<b>Tipo de accionamiento:</b>	Eléctrico
<b>Caudal nominal normal:</b>	600 l/min
<b>Fluido:</b>	Aire comprimido
<b>Valores característicos de las bobinas</b>	220 V AC, 50/60 Hz, Potencia de arranque: 3 VA, Potencia de retención 2,4 V
<b>Temperatura del medio:</b>	-5°C – 50°C
<b>Temperatura ambiente:</b>	-5°C – 50°C
<b>Presión de funcionamiento:</b>	2.5 bar – 8 bar
<b>Peso:</b>	105 g

- d. Controlador de temperatura Novus N480D:** El controlador de temperatura se encarga de la temperatura en la tostadora, utilizando como sensor una termocupla PT-100. Las características del Novus N480D se describen a continuación.

- Controlador de temperatura PID con doble display que permite una fácil y rápida actuación en el proceso
- Indicador rojo para la variable medida y verde para el set point.
- Entrada para termocuplas J, K, S, T, E, N, R y PT-100.
- Salida de control: Relay SPST y pulso de tensión (5 V DC/20 mA) y 4 mA - 20mA opcional.
- Hasta 2 alarmas a relay SPST 3A/250V AC (opcionales).
- Alimentación: Fuente conmutada 100-240V AC o 24V DC/AC (opcional)
- Rampa y Meseta: permite realizar una rampa y una meseta temporizada.
- Auto sintonía de los parámetros PID.

- Detecta cualquier falla del sensor.
- Menú de programación sencillo facilita la configuración por el operador.
- Bloqueo de teclado en 4 niveles.
- Formato 48mm x 48mm x 106mm.

**e. Quemadores de combustible R.W. Beckett Model SF Series Oil:** Los quemadores crean la chispa que incendia el combustible que llega a ellos, utilizando la llama para calentar la tostadora y realizar el proceso de tostado de los granos de café. Las características de éste equipo son las siguientes.

<b>Capacidad:</b>	1.25 gph – 5.5 gph
<b>Motor:</b>	3450 rpm con protección por sobre carga
<b>Fuente de alimentación:</b>	120 V AC/220 V AC, 50/60 Hz
<b>Corriente de operación:</b>	7.1 A

### 3. DIAGRAMAS P&ID PARA EL PROCESO DE CAFÉ TOSTADO

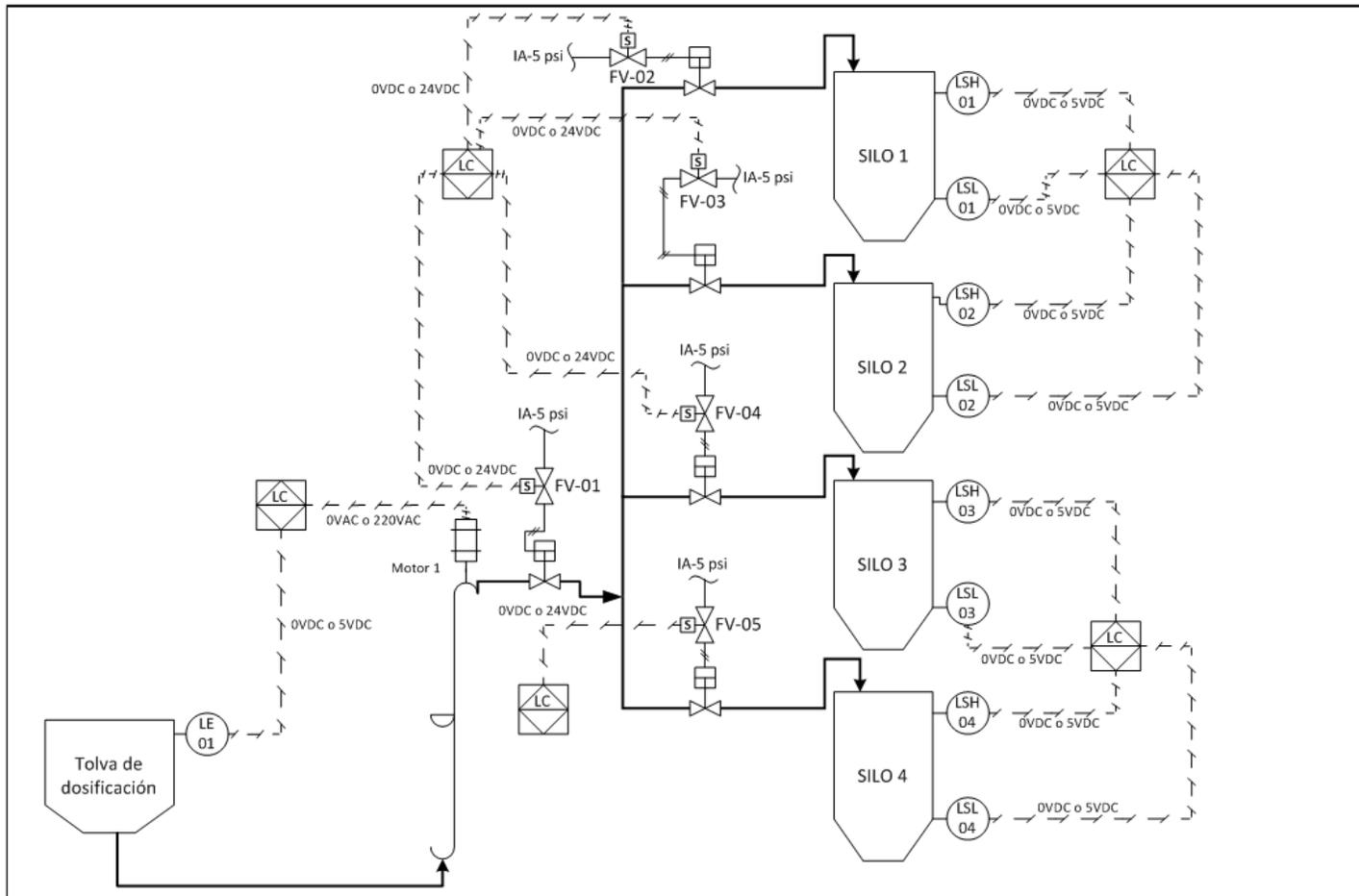
De acuerdo a la propuesta de automatización se realizaron los diagramas P&ID del proceso productivo incluyendo las mejoras descritas en el trabajo de grado. A continuación se describen cada uno de ellos.

#### 3.1. DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE SILOS

Éste diagrama muestra la disposición de los equipos y de la instrumentación para realizar la dosificación de los silos bajo las nuevas operaciones que se proponen.

El operario inicia el proceso de dosificación de los silos adecuando la tubería para que el producto se desvíe hacia la ruta correcta. Para ello utilizando la estación de operario que es la que supervisa y controla el proceso, envía la señal a la electroválvula FV-01, para que permita el paso del aire comprimido hacia el cilindro para que éste efectúe la apertura de la escotilla y el producto pueda pasar hacia los silos, cerciorándose que la electroválvula FV-06 se encuentre desactivada, para que su respectivo cilindro tenga la escotilla cerrada y no permita el paso del producto hacia la tolva de carga de la tostadora. El operario debe seleccionar el silo que desea sea llenado con el café verde, para ello se debe seleccionar entre las electroválvulas FV-102, FV-103, FV-104 y FV-105 para saber cuál activar para encarrilar el producto al silo deseado. Luego de haber adecuado la tubería, el operario empezará con el llenado de la tolva de dosificación, vaciando los bultos dentro de ella, cuando la tolva esté llena, el sensor LE-01, se activará y enviará una señal digital hacia el PLC, éste de acuerdo a la lógica con la que se programe, deberá encender el elevador de café verde hasta que haya transcurrido el tiempo en que se demora en descargar la tolva de dosificación, luego apagará el equipo mencionado. Estas acciones las deberá repetir el operario hasta que el silo seleccionado esté lleno, en este momento el switch de nivel alto HSL-0X, del silo que se haya llenado se activará enviando una señal digital al PLC, informando al operario de que puede terminar con la operación de dosificación del silo.

Éste P&ID se muestra a continuación en la **Figura 1**.



	<p><b>CAFÉ LA PALMA LTDA</b> Diagrama P&amp;ID para la dosificación de los silos</p>	<p>Desarrollado por: Santiago Tobar Cárdenas</p>	<p>Página: 1 De: 1</p>	<p>Fecha: 11/07/2013</p>	 <p><b>UNIVERSIDAD DEL CAUCA</b> PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL</p>
---	--	--	------------------------	------------------------------	---

Figura 1. Diagrama P&ID para el proceso de dosificación de los silos.

### 3.2. DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE DOSIFICACIÓN DE LA TOLVA DE CARGA DE LA TOSTADORA

Éste diagrama muestra la disposición de los equipos y de la instrumentación para realizar la dosificación de la tolva de carga de la tostadora bajo las nuevas operaciones que se proponen.

Para realizar este proceso el operario deberá adecuar la tubería desde su estación de operario, para que la electroválvula FV-06 se active y deje pasar el aire comprimido a su respectivo cilindro haciendo que éste efectúe la apertura de la escotilla que permite el paso del producto hacia la tolva de carga de la tostadora, cerciorándose que la electroválvula FV-01, se encuentre desactivada para que el producto no tome la ruta equivocada. Luego de haber adecuado la tubería, el operario empezará con el llenado de la tolva de dosificación, vaciando el café dentro de ella activando la electroválvula correspondiente al silo seleccionado, para que el cilindro se encargue de la apertura de la escotilla y el producto se dosifique. Cuando la tolva esté llena, el sensor LE-01, se activará y enviará una señal digital hacia el PLC, éste de acuerdo a la lógica con la que se programe, deberá encender el elevador y el transportador de café verde hasta que haya transcurrido el tiempo en que se demora en descargar la tolva de dosificación, luego apagará los equipos mencionados y desactivara la electroválvula correspondiente para que el cilindro neumático haga el cierre de la escotilla.

Éste P&ID se muestra a continuación en la **Figura 2**.

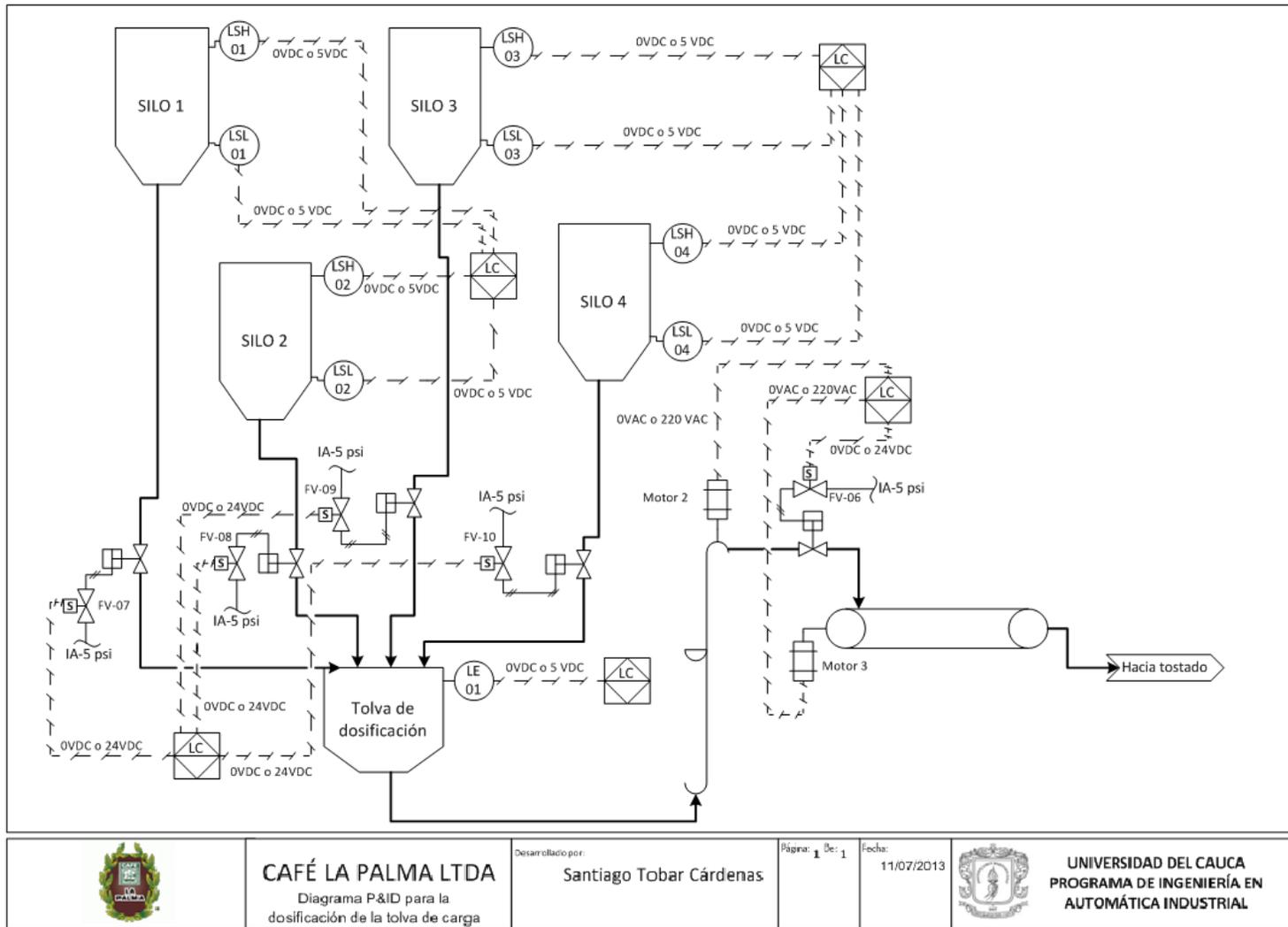


Figura 2. Diagrama P&ID para el proceso de dosificación de la tolva de carga de la tostadora.

### 3.3. DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE TOSTIÓN

Éste diagrama muestra la disposición de los equipos y de la instrumentación para realizar la tostión de café bajo las nuevas operaciones que se proponen.

El operario para realizar el proceso de tostión debe primer descargar en la tostadora el café verde que se encuentra en la tolva de carga, esta acción la realizará desde la estación de operario y enviará una señal al PLC para que active la electroválvula FV-12 que permite el paso del aire comprimido hacia su cilindro correspondiente que haga el cierre de la escotilla del ventilador superior, para que el café no sea succionado por la fuerza que éste genera. Luego activará la electroválvula FV-11 que activara su cilindro y permitirá el paso del producto dentro de la tostadora. El PLC se encargará de encender el motor 3 que es el que hace girar el cilindro interno de la tostadora, donde se encuentra el café siendo procesado, el ventilador superior y los quemadores de combustible ACPM, también se desactivará la electroválvula FV-12 para que la escotilla vuelva a abrirse permitiendo que el ventilador superior extraiga los gases que se producen en la tostión. A través del transmisor de temperatura TT-01, el controlador podrá conocer la temperatura al interior de la tostadora, efectuando la regulación del caudal de combustible ACPM a través de la válvula FV-14, el transmisor de presión PT-01, medirá la presión a la salida de ésta válvula con el fin de que no haya una disminución en la variable medida y que permita que la llama de los quemadores se propague por la línea de combustible. La electroválvula FV-15, permitirá el paso del agua cuando se requiera hacer la acción de quenching a través de una señal enviada desde el PLC. La apertura de la tostadora también estará controlada utilizando una electroválvula que permita el paso del aire comprimido hacia el cilindro de apertura de la tostadora.

Éste P&ID se muestra a continuación en la **Figura 3**.

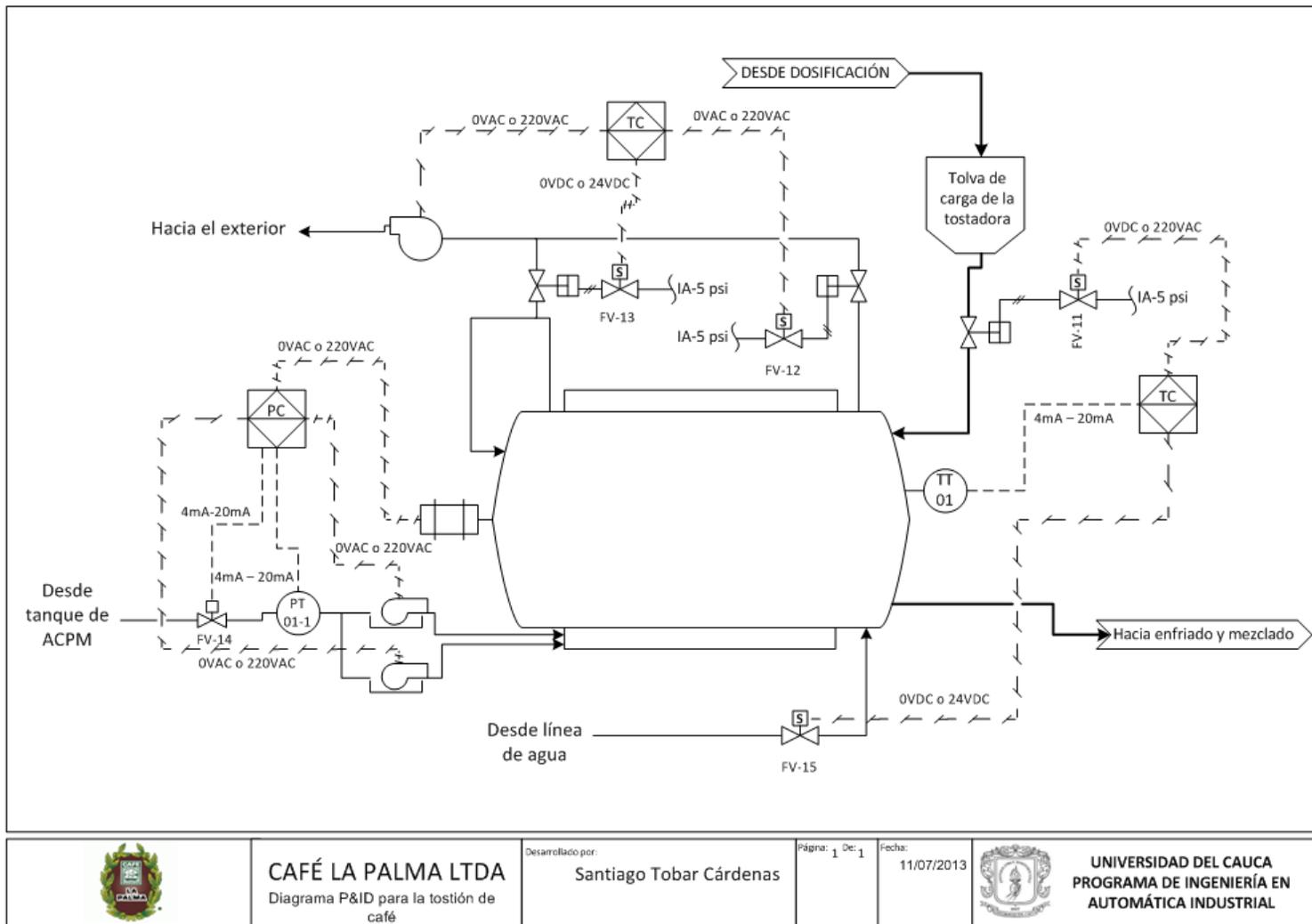


Figura 3. Diagrama P&ID para el proceso de tuestión.

### 3.4. DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE ENFRIADO

Éste diagrama muestra la disposición de los equipos y de la instrumentación para realizar el enfriado de café bajo las nuevas operaciones que se proponen.

El proceso de enfriado se iniciará con el encendido del motor 4 y del ventilador del enfriador a través de una señal enviada por el PLC y activará la electroválvula FV-21 y desactivará la electroválvula FV-17. Cuando haya transcurrido el tiempo de enfriado el PLC teniendo en cuenta el tipo de café podrá activar las electroválvulas FV-16 y FV-20 para que se descargue el enfriador. Si se activa la electroválvula FV-16, la lógica alojada en el controlador encenderá también el motor 4, encargado de mover los cangilones del elevador de pre mezcla y se activará una de las dos electroválvulas FV-18 y FV-19, para que de acuerdo al tipo de café se almacene en su respectivo silo. Por otro lado si la electroválvula que activa el PLC es la FV-20, el café se transportará hacia el mezclador, utilizando la succión del ventilador del enfriador para elevar el café hacia él, entonces se activará la electroválvula FV-17 para que el cilindro realice la apertura de la escotilla, desactivando a su vez la electroválvula FV-21. Los transmisores de nivel LT-01-5 y LT-02-5 de los silos de almacenamiento enviarán una señal analógica al PLC, indicando en nivel de cada uno de ellos.

Éste P&ID se muestra a continuación en la **Figura 4**.

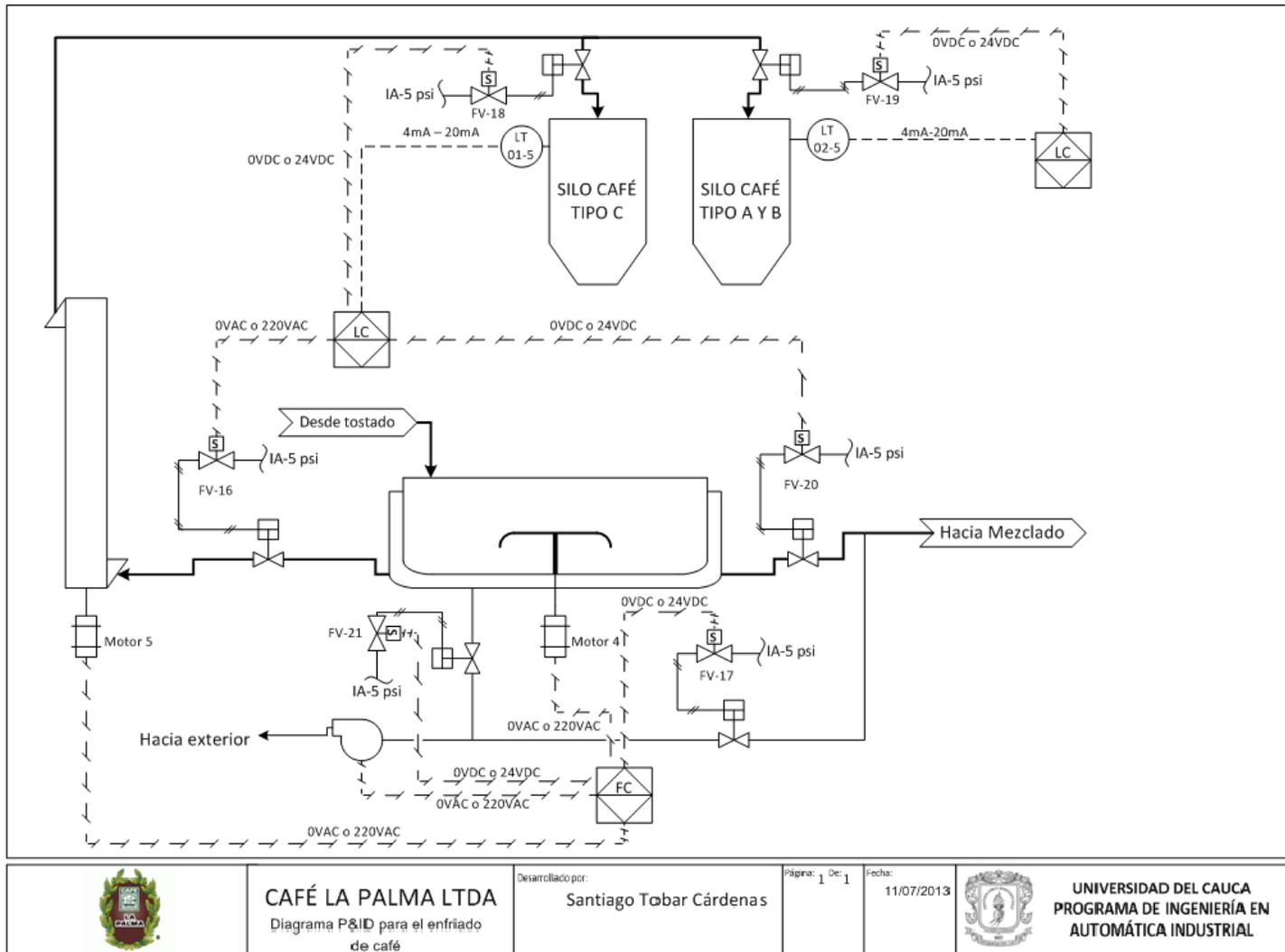


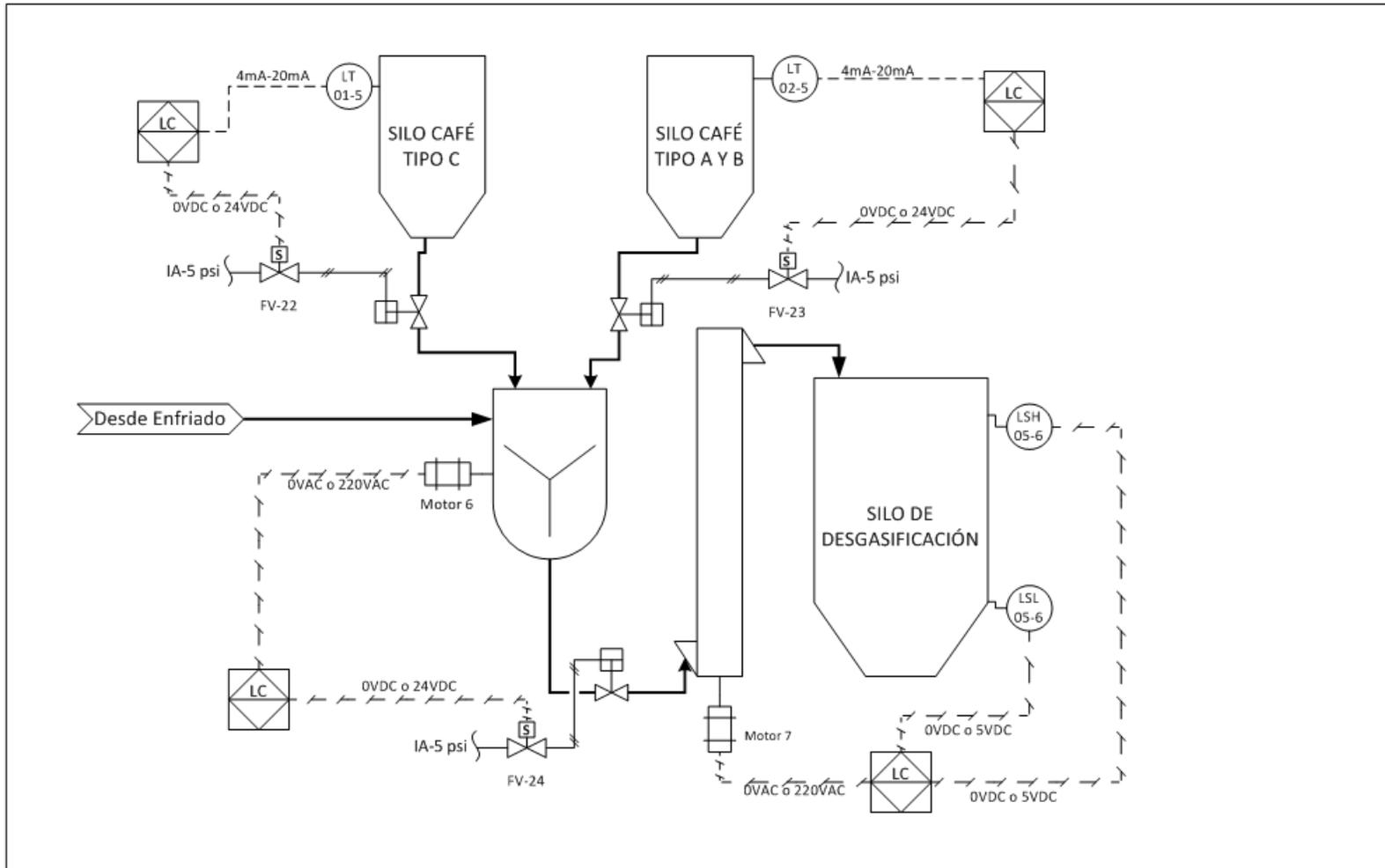
Figura 4. Diagrama P&ID para el proceso de enfriado.

### 3.5. DIAGRAMA P&ID PARA EL PROCESO DE MEZCLADO

Éste diagrama muestra la disposición de los equipos y de la instrumentación para realizar el mezclado de café bajo las nuevas operaciones que se proponen.

El mezclado de café inicia cuando el producto es transferido desde el enfriador hacia el mezclador, en ese momento el PLC enviará una señal para encender el motor que da movimiento a las aspas giratorias que éste posee. Inmediatamente se activarán las electroválvulas FV-22 y FV-23, durante un tiempo determinado para que los diferentes tipos de café se incorporen al mezclador, mientras que los transmisores de nivel LT-01-5 y LT-02-5 miden de manera continua el nivel del café dentro de los dos silos. Transcurrido el tiempo necesario para realizar el mezclado entre los tipos de café, el PLC activará el motor 7 y la electroválvula FV-24 para que el aire comprimido pase y active el cilindro lo que permitirá que la escotilla se abra y el café sea descargado a través del elevador de mezclado hacia el silo de desgasificación, el cual cuenta con dos switch de nivel HSL-05-6 y LSL-05-6, los cuales indicaran el nivel enviando una señal digital al PLC.

Éste P&ID se muestra a continuación en la **Figura 5**.



	<p><b>CAFÉ LA PALMA LTDA</b> Diagrama P&amp;ID para el mezclado de café</p>	<p>Desarrollado por: Santiago Tobar Cárdenas</p>	<p>Página: 1 De: 1</p>	<p>Fecha: 11/07/2013</p>		<p><b>UNIVERSIDAD DEL CAUCA</b> PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL</p>
--	---	--	------------------------	------------------------------	--	---

Figura 5. Diagrama P&ID para el proceso de mezclado.

## **4. DIAGRAMAS DE MANDO Y POTENCIA**

Para soportar de mejor manera las mejoras que se propusieron en el trabajo de grado, se realizaron los diagramas de mando y potencia para la activación de los motores y de los cilindros neumáticos, con el fin de que se entienda de una mejor forma su funcionamiento. A continuación se muestran estos diagramas.

### **4.1. DIAGRAMAS DE MANDO Y POTENCIA PARA LOS MOTORES**

Los diagramas de mando y potencia para los motores se muestran de la **Figura 6** hasta la **Figura 11**.

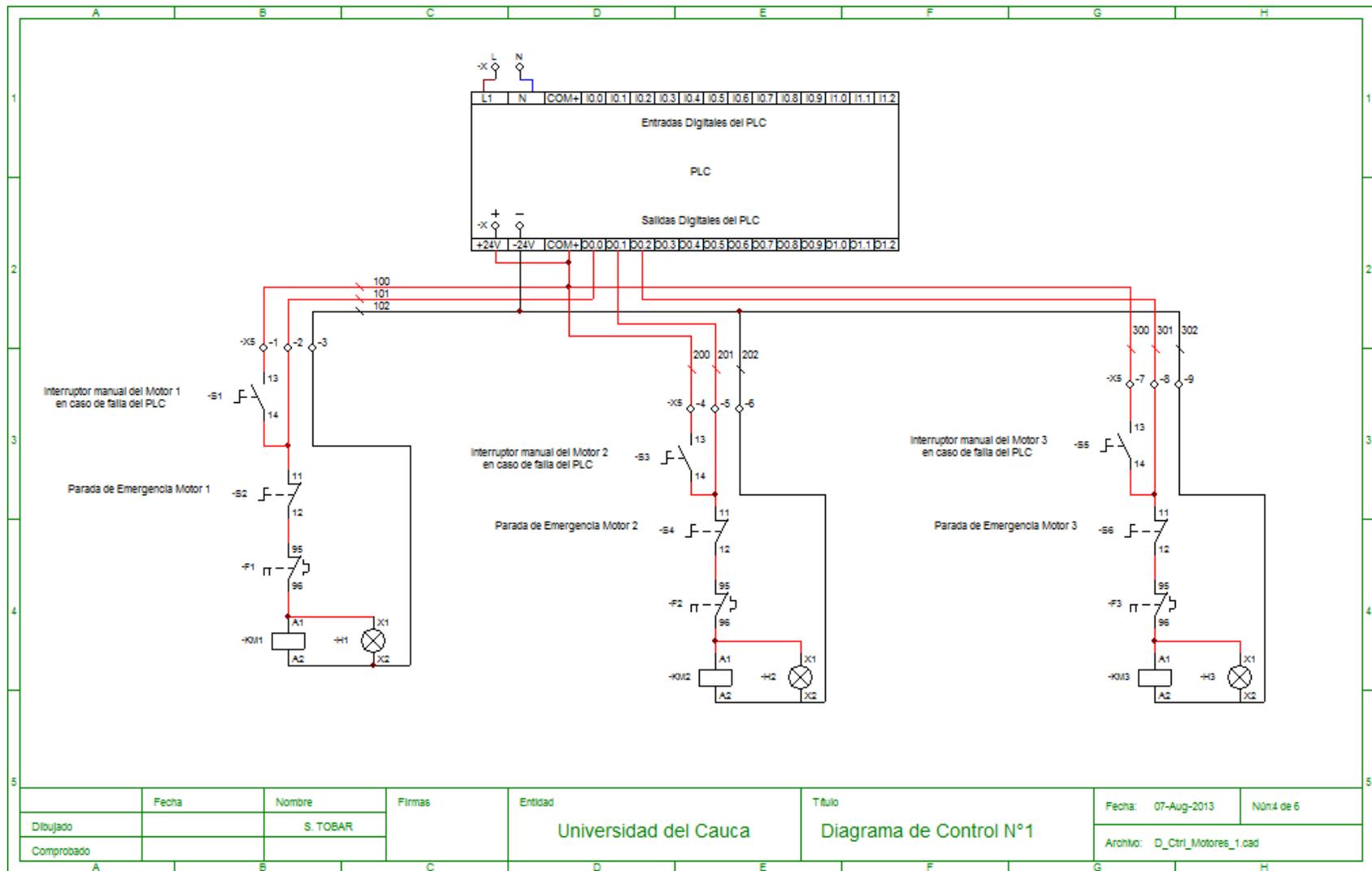


Figura 6. Diagrama de mando para los motores 1, 2 y 3.

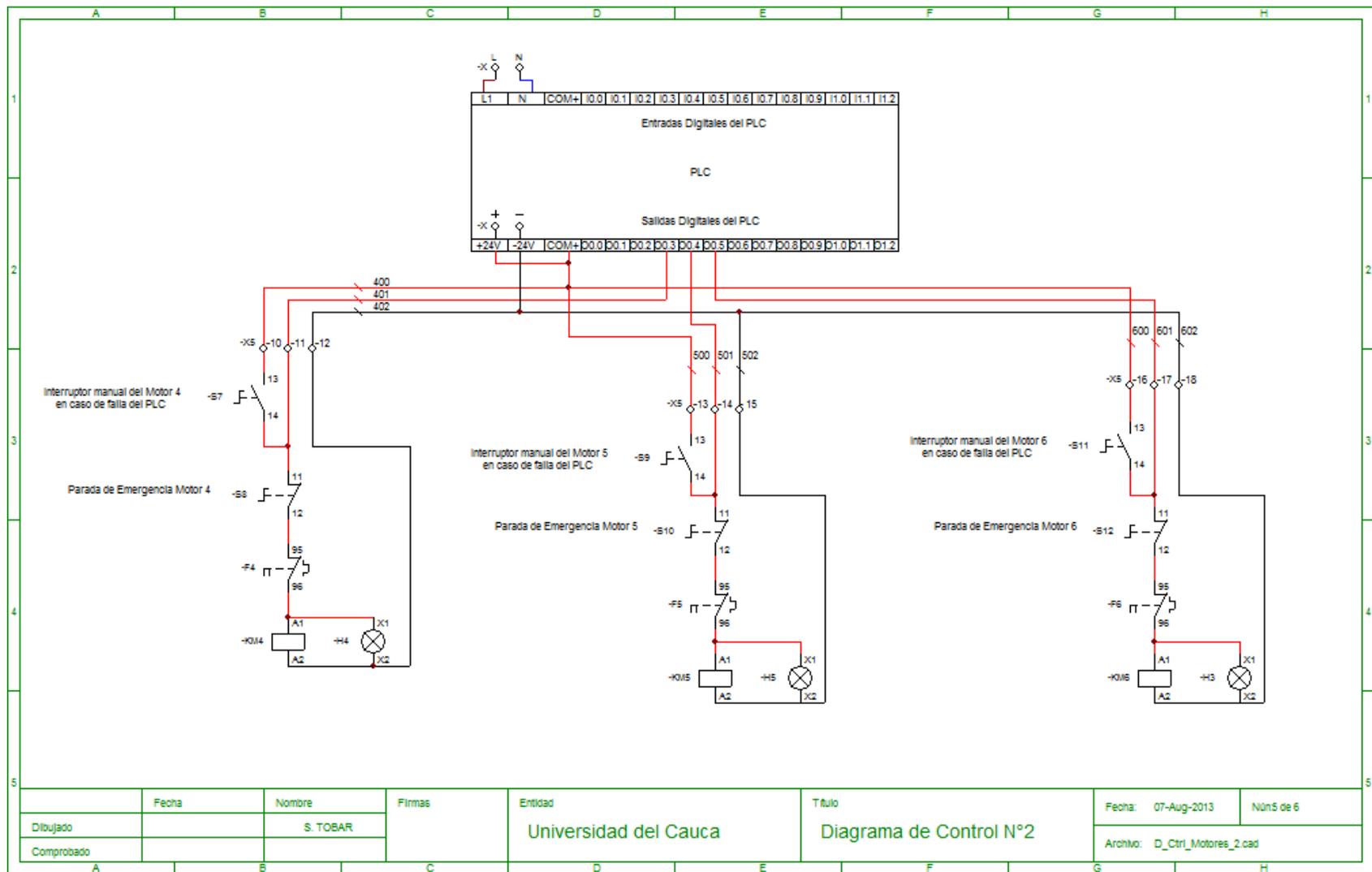


Figura 7. Diagrama de mando para los motores 4,5 y 6.

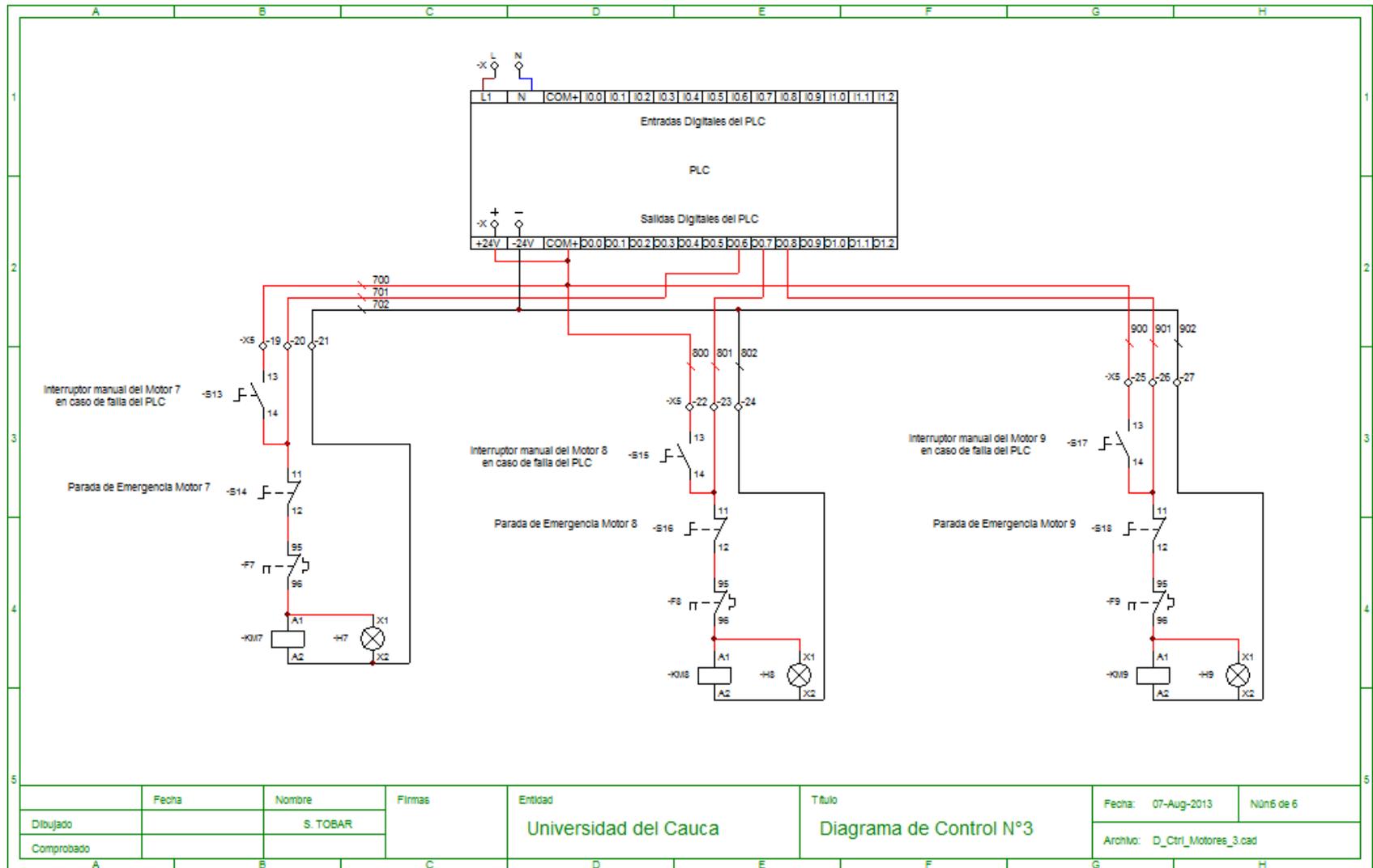


Figura 8. Diagrama de mando para los motores 7, 8 y 9.

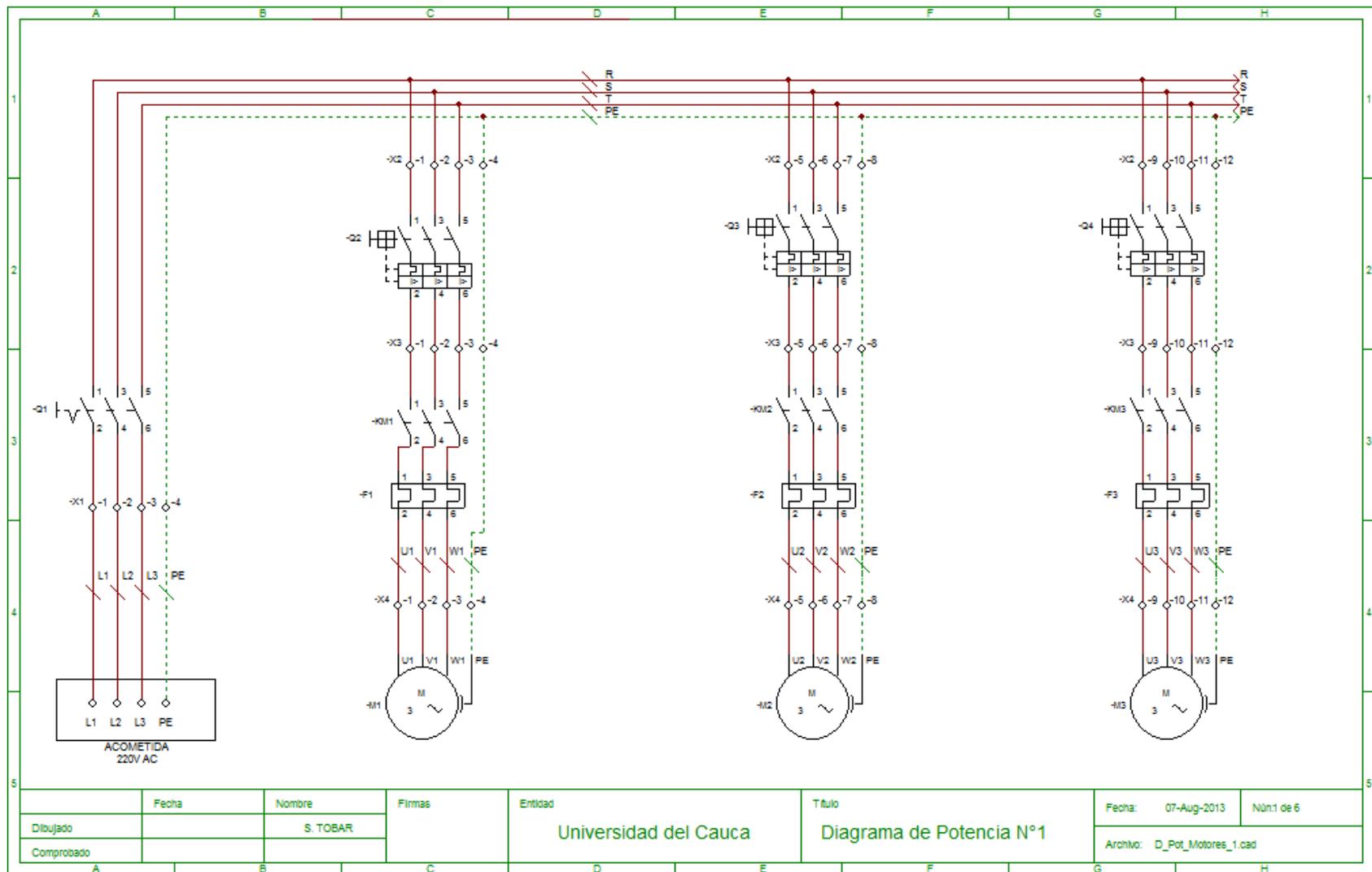


Figura 9. Diagrama de potencia para los motores 1,2 y 3.

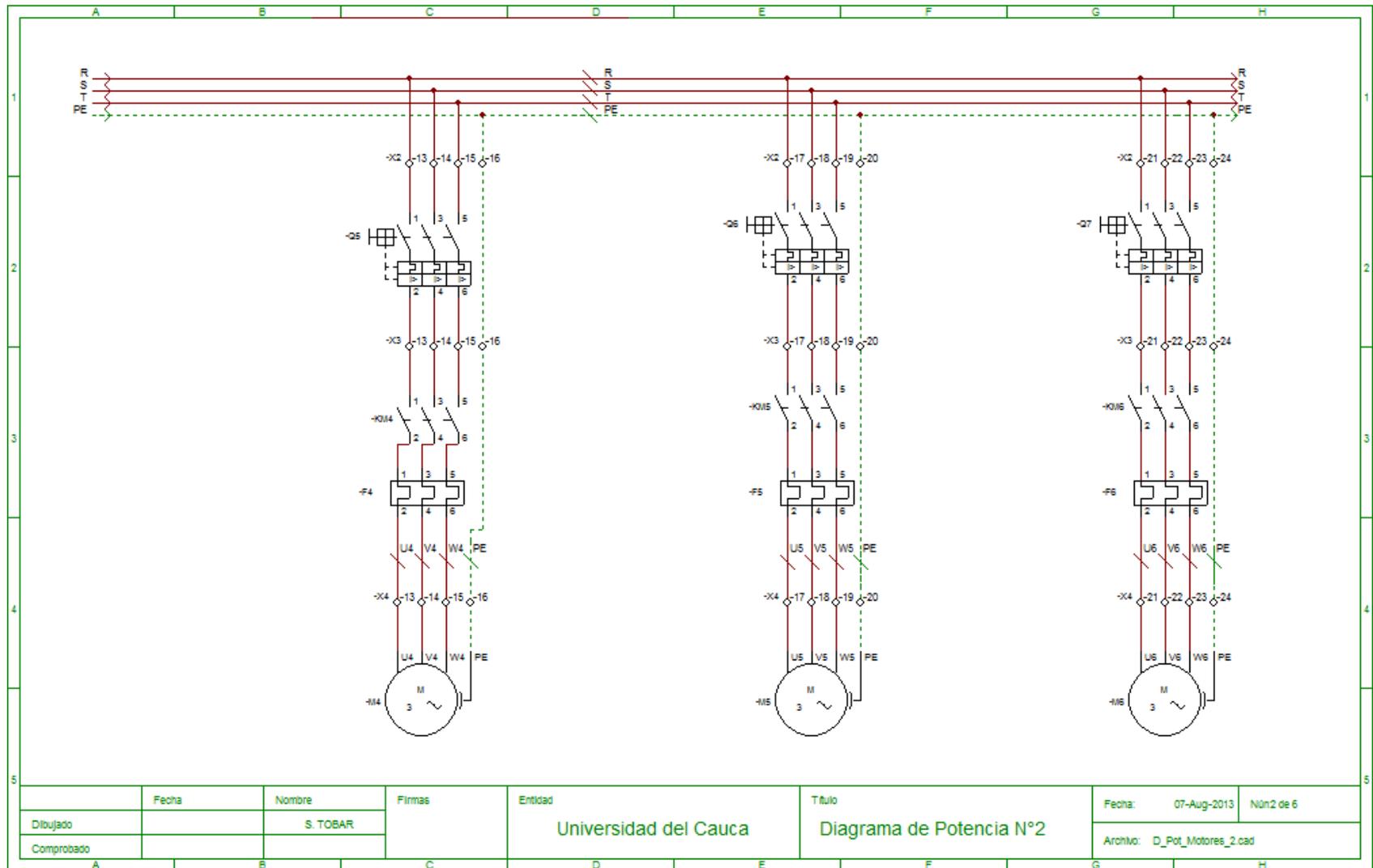


Figura 10. Diagrama de potencia para los motores 4,5 y 6.

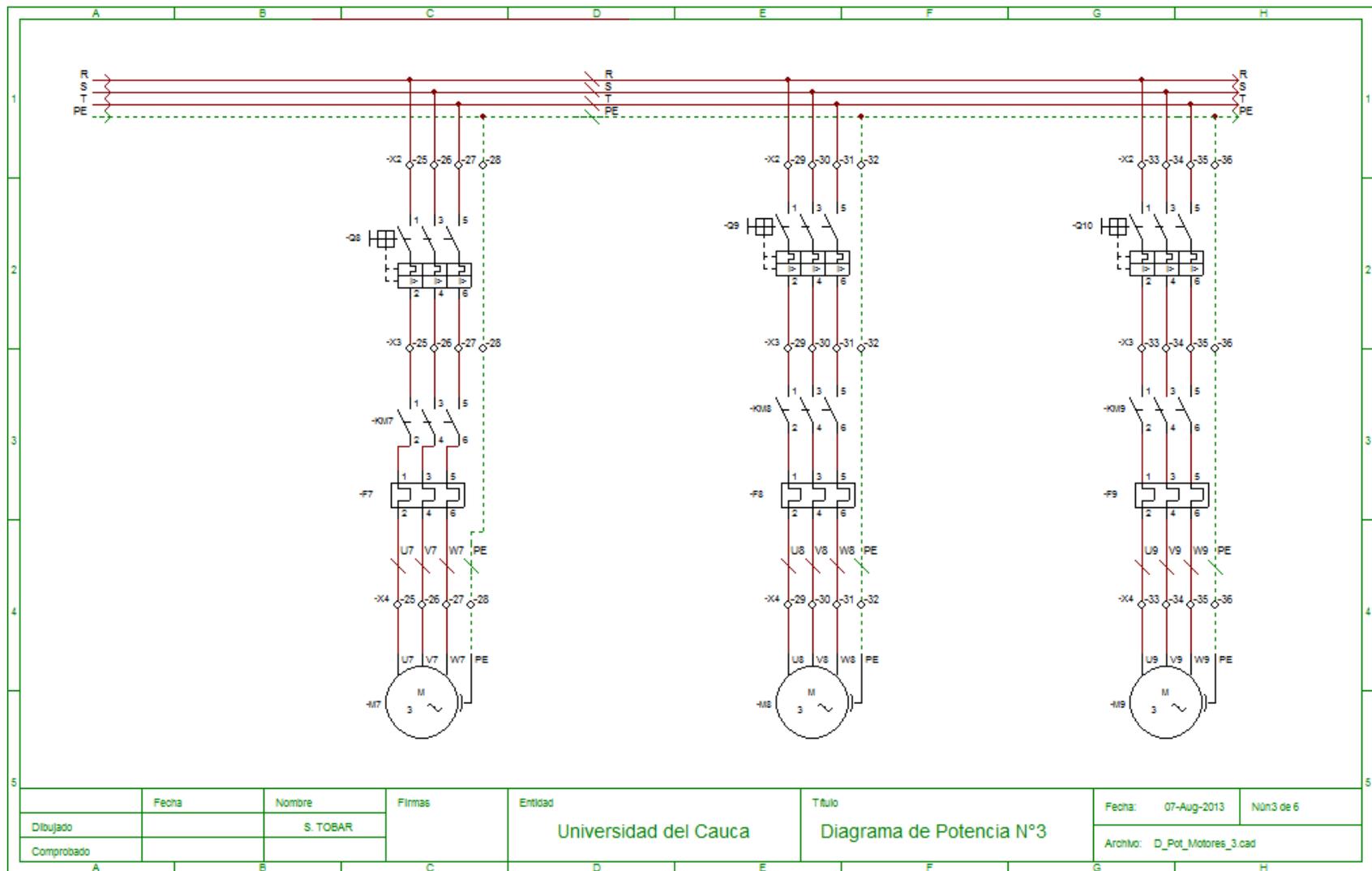
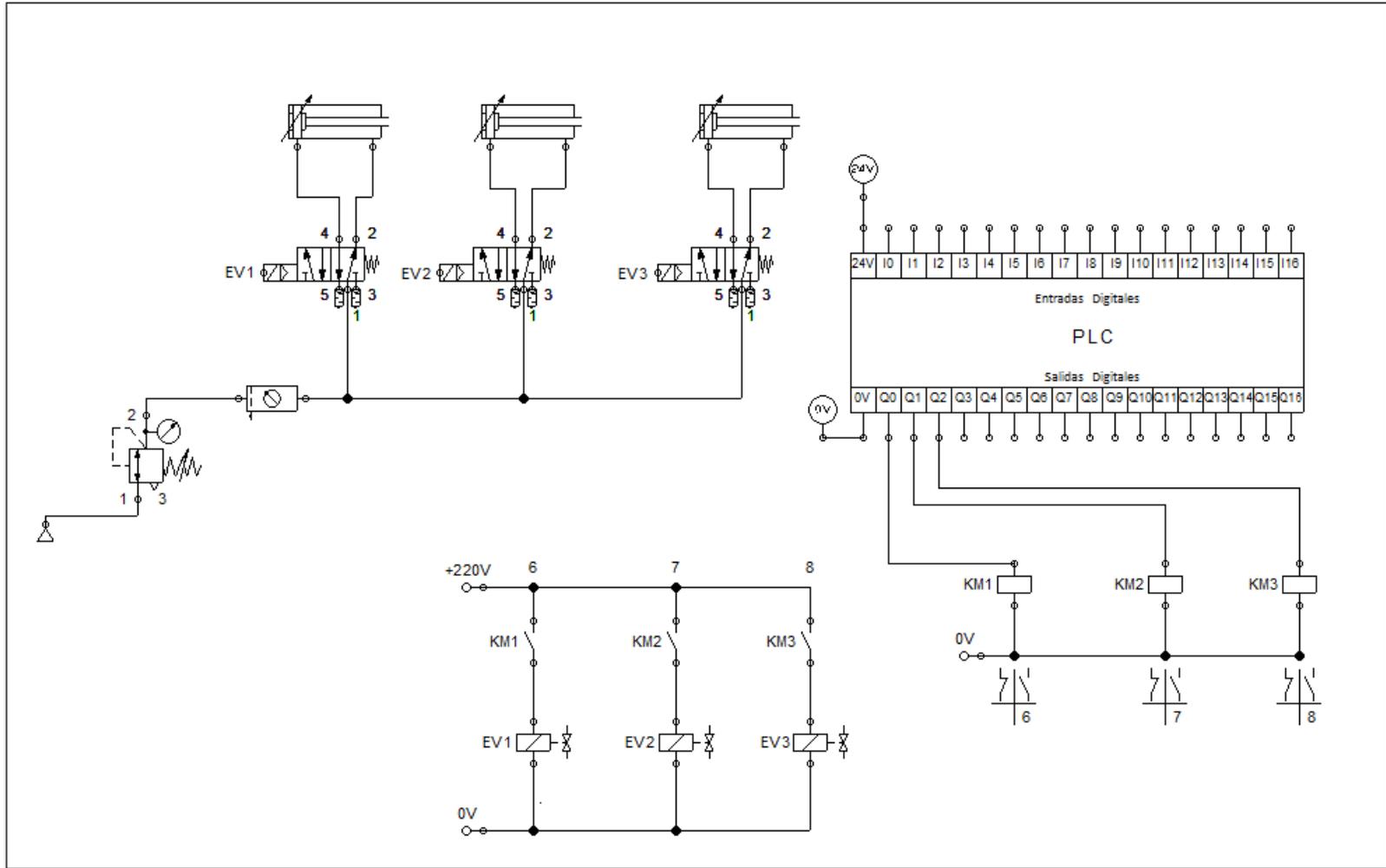


Figura 11. Diagrama de potencia para los motores 7,8 y 9.

## **4.2. DIAGRAMA DE MANDO Y POTENCIA PARA LOS CILINDROS NEUMÁTICOS**

Los diagramas de mando y potencia para los cilindros se muestran en desde la ***Figura 12*** hasta la ***Figura 18***.



**CAFÉ LA PALMA LTDA**  
 Diagrama de mando y potencia  
 para los cilindros 1, 2 y 3

Desarrollado por:  
 Santiago Tobar Cárdenas

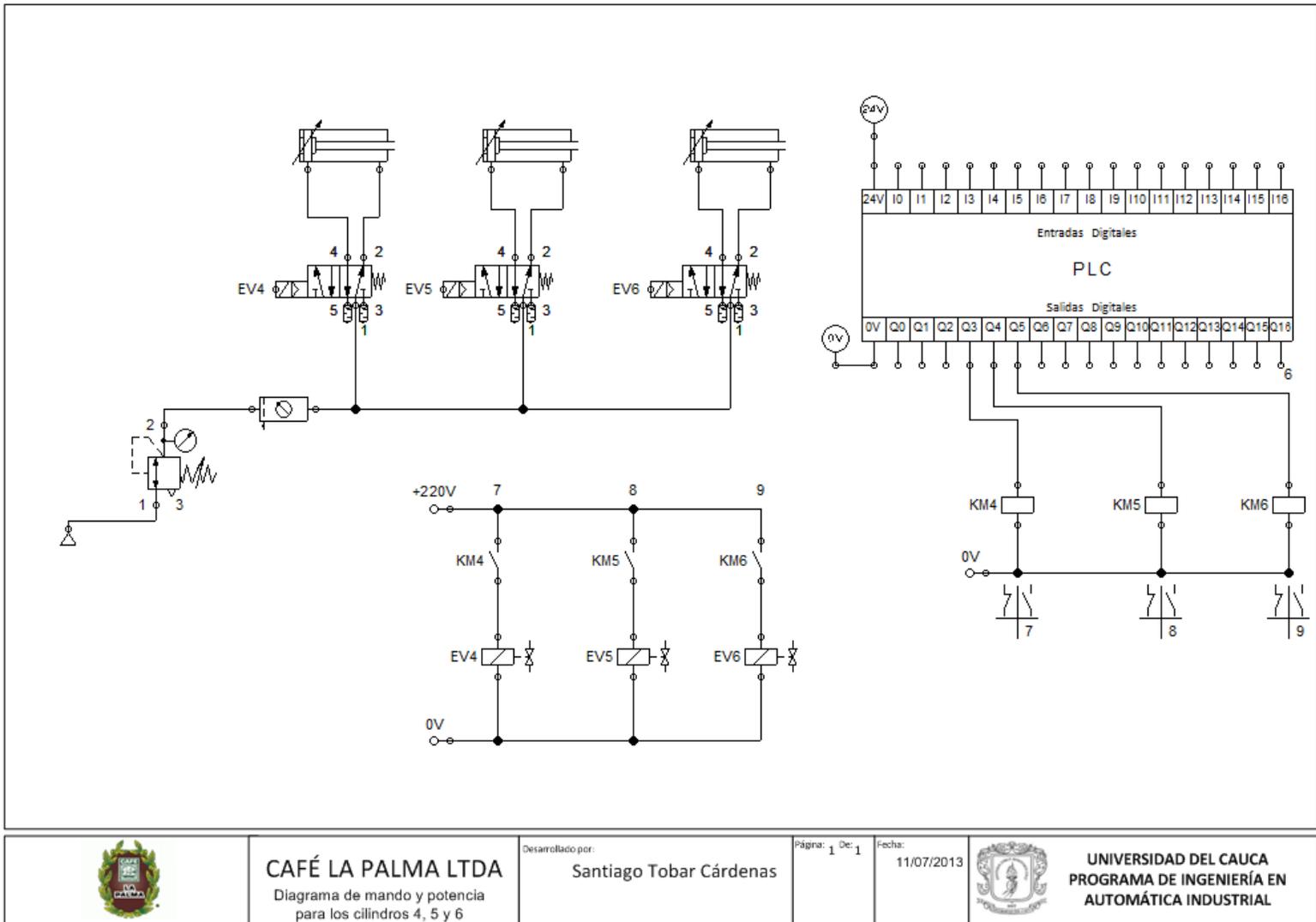
Página: 1 De: 1

Fecha:  
 11/07/2013



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
 PROGRAMA DE INGENIERÍA EN  
 AUTOMÁTICA INDUSTRIAL

Figura 12. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 1, 2 y 3.



**CAFÉ LA PALMA LTDA**  
 Diagrama de mando y potencia  
 para los cilindros 4, 5 y 6

Desarrollado por:  
 Santiago Tobar Cárdenas

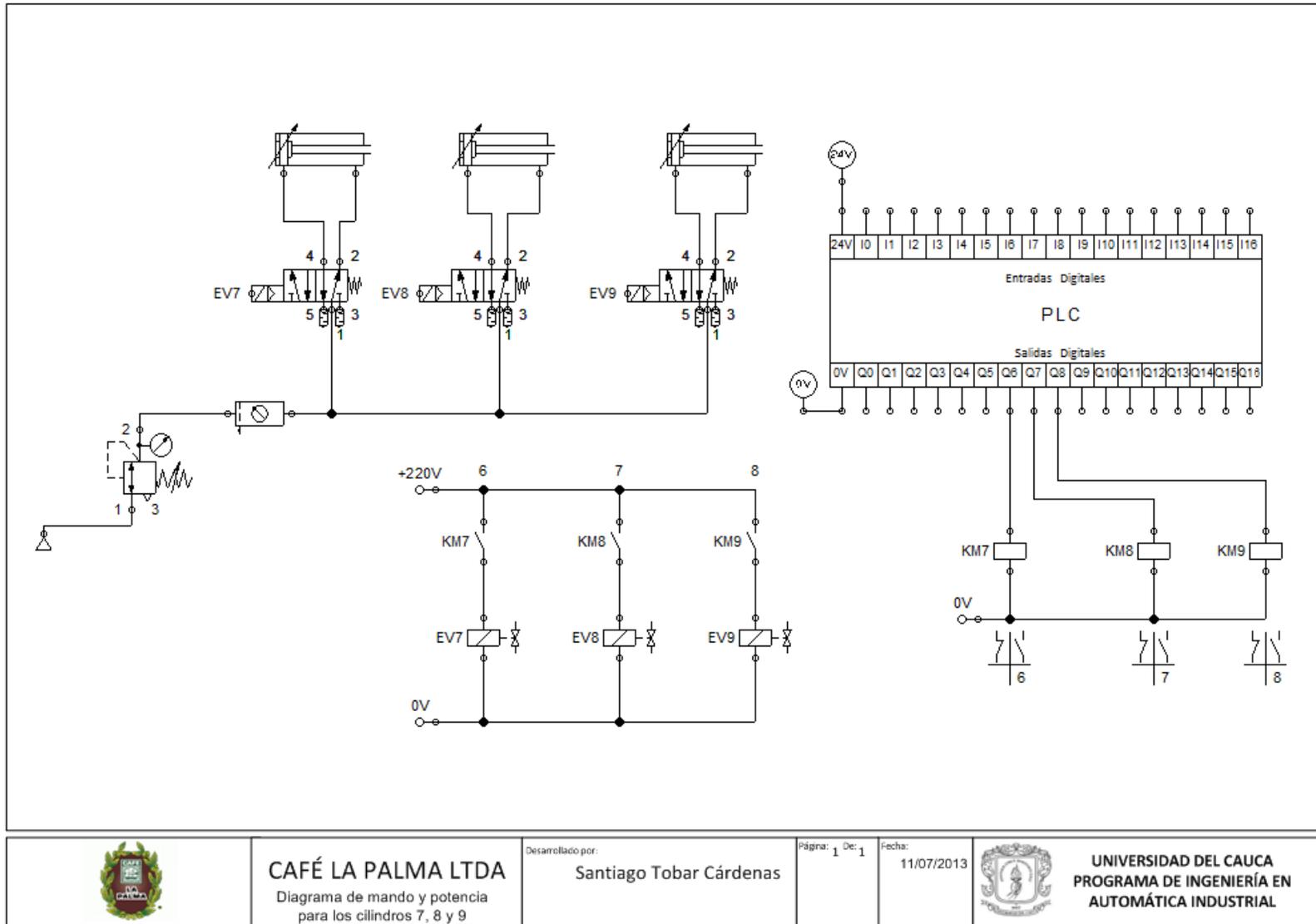
Página: 1 De: 1

Fecha:  
 11/07/2013



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
 PROGRAMA DE INGENIERÍA EN  
 AUTOMÁTICA INDUSTRIAL

**Figura 13. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 4,5 y 6.**



**CAFÉ LA PALMA LTDA**  
Diagrama de mando y potencia  
para los cilindros 7, 8 y 9

Desarrollado por:  
Santiago Tobar Cárdenas

Página: 1 De: 1

Fecha:  
11/07/2013



**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN  
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL

Figura 14. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 7,8 y 9.

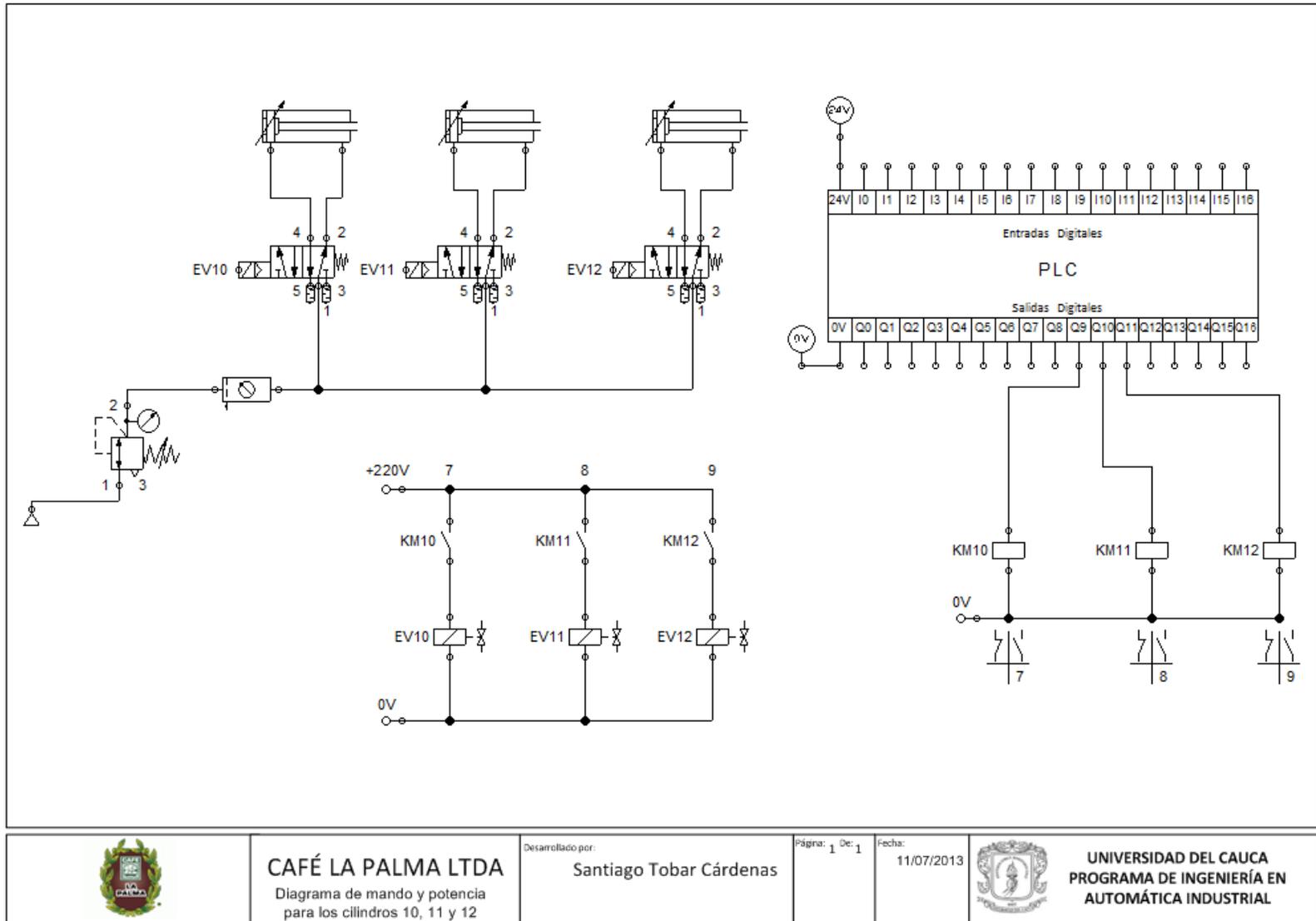


Figura 15. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 10,11 y 12.



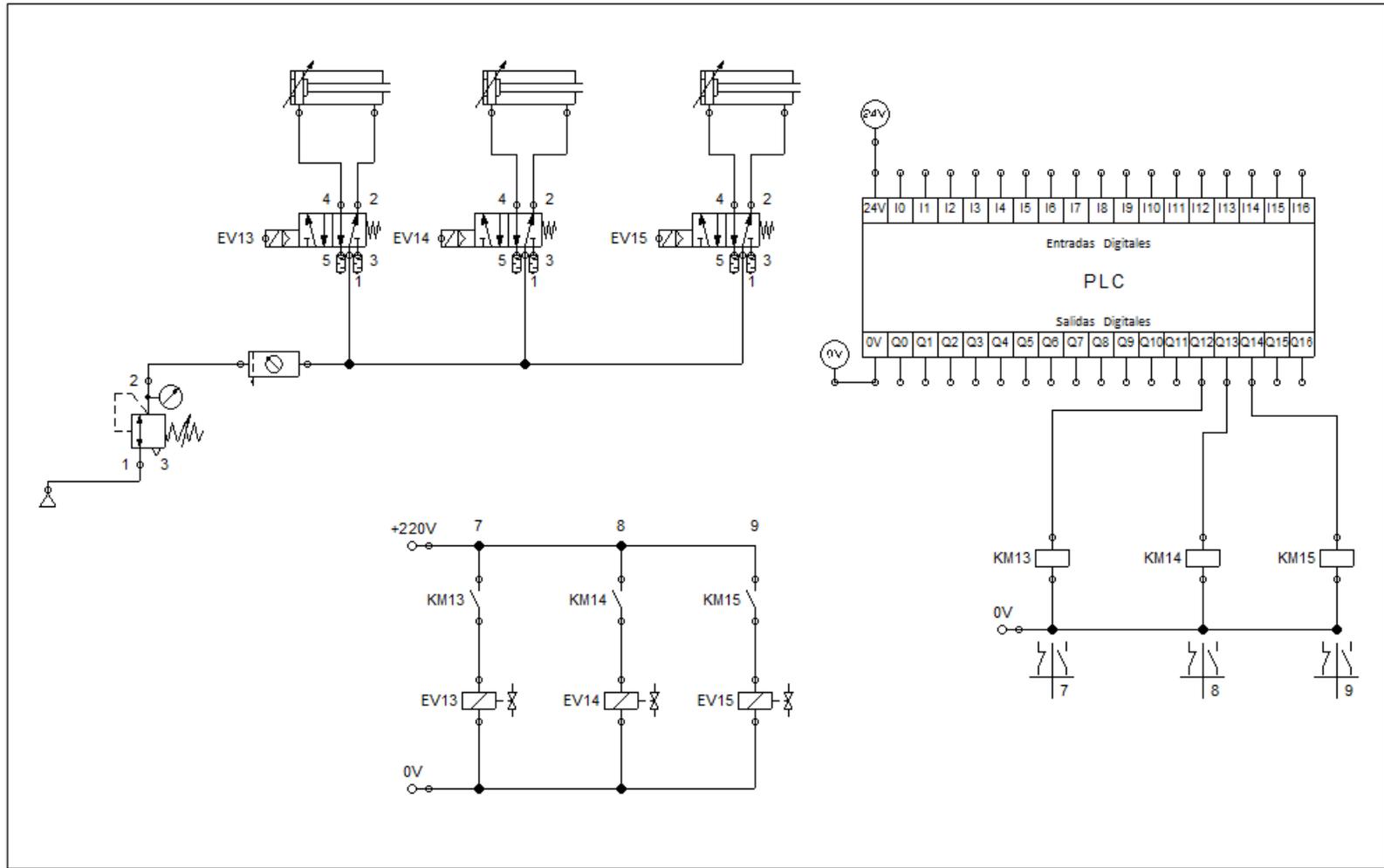
**CAFÉ LA PALMA LTDA**  
Diagrama de mando y potencia  
para los cilindros 10, 11 y 12

Desarrollado por:  
Santiago Tobar Cárdenas

Página: 1 De: 1 Fecha:  
11/07/2013

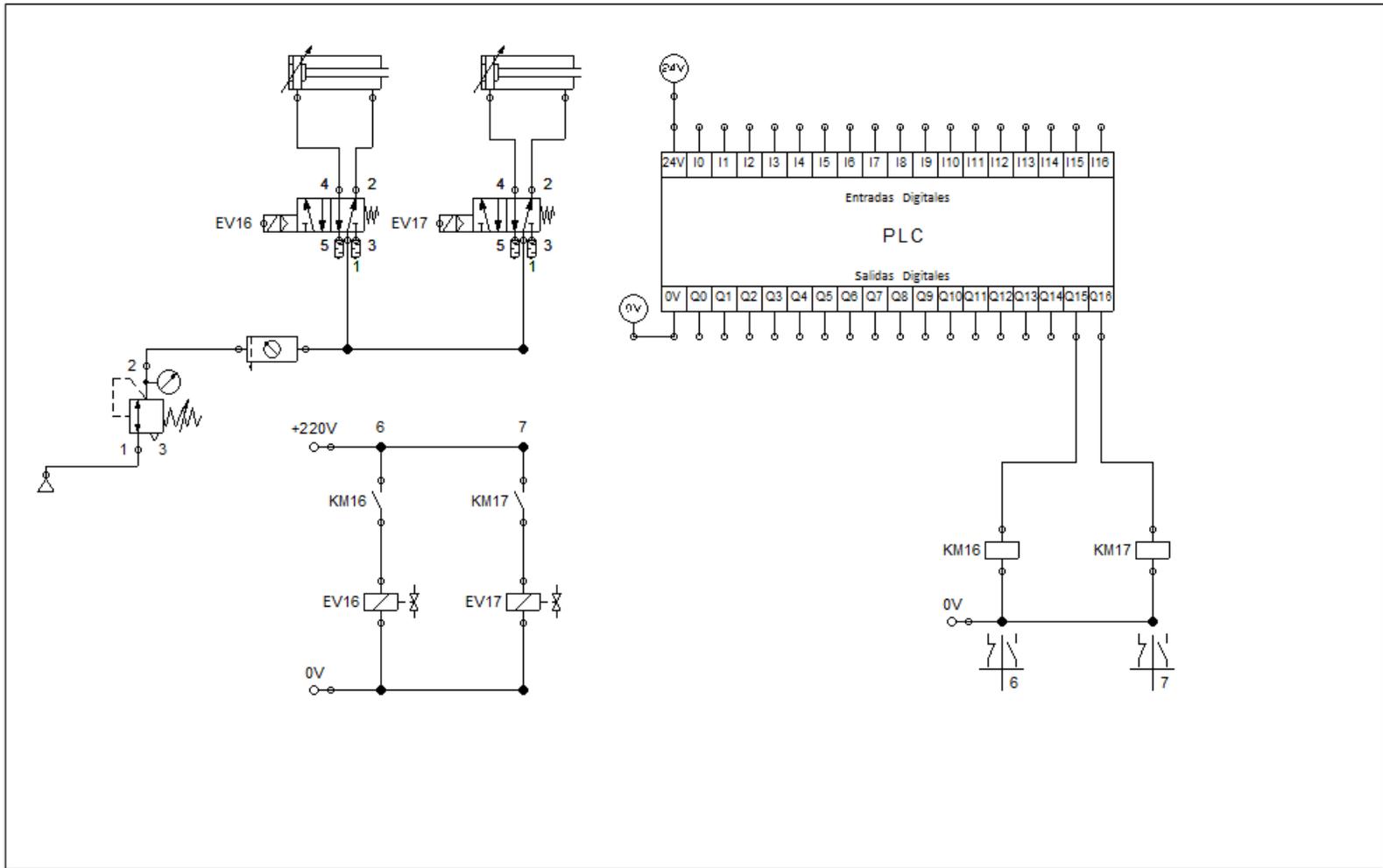


**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN  
AUTOMÁTICA INDUSTRIAL



	<p><b>CAFÉ LA PALMA LTDA</b> Diagrama de mando y potencia para los cilindros 13, 14 y 15</p>	<p>Desarrollado por: Santiago Tobar Cárdenas</p>	<p>Página: 1 De: 1 Fecha: 11/07/2013</p>	<p><b>UNIVERSIDAD DEL CAUCA</b> PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL</p>
--	--	--	--	---

Figura 16. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 13,14 y 15.



	<p><b>CAFÉ LA PALMA LTDA</b> Diagrama de mando y potencia para los cilindros 16 y 17</p>	<p>Desarrollado por: Santiago Tobar Cárdenas</p>	<p>Página: 1 De: 1 Fecha: 11/07/2013</p>	<p><b>UNIVERSIDAD DEL CAUCA</b> PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL</p>
--	--	--	--	---

Figura 17. Diagrama de mando y potencia para los cilindros 16 y 17.