

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL  
ELÉCTRICO DE UNA PLANTA DE GAS INERTE DE UN  
BUQUE TANQUE PETROLERO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:  
JULIO CÉSAR MORA FÉLIX**

**PROMOCIÓN  
1987 – I**

**LIMA – PERÚ  
2010**

**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL  
ELÉCTRICO DE UNA PLANTA DE GAS INERTE DE UN  
BUQUE TANQUE PETROLERO**

Este trabajo está dedicado a mis  
padres, que ya no los tengo  
conmigo y a mi esposa e hijos  
que son la razón de mi esfuerzo  
en el día a día

## **SUMARIO**

El presente trabajo toca un problema del sector naviero dedicado al transporte de hidrocarburos líquidos. En nuestro mar operan muchos buques tanques petroleros, la mayoría de estos se encuentra constituido por embarcaciones cuyos sistemas de control todavía sigue presentando baja confiabilidad, disponibilidad y precisión, pero que sin embargo siguen operando en nuestros mares. El trabajo consiste en aplicar la tecnología de Controladores Lógicos Programables PLC, para el control de máquinas, elementos y equipos destinados a la producción de gas inerte en las instalaciones de un buque tanque petrolero, en reemplazo de los antiguos sistemas de control basados en reles, lo cual permitirá ofrecer a los operadores y personal a cargo, un sistema de mayor calidad y confiabilidad, reduciendo la posibilidad de fallas y el consecuente riesgo de incendio y explosión. Se ofrece una visión general del medio donde se desarrolla este proceso y se da una breve descripción del trabajo y la terminología utilizada por el personal para realizar las maniobras de reemplazar los gases emanados del petróleo por gas inerte, a fin de crear una atmósfera segura y libre de riesgo de incendio y explosión. Se ha realizado un estudio del estado actual del control de la Planta de gas Inerte y se describe los componentes de la Planta, que intervienen en este proceso. Se ha revisado el control eléctrico y los sistemas de seguridad existentes, así como sus componentes y las posibles fallas durante la operación. Se describe el reemplazo del control eléctrico existente por uno basado en controladores lógicos programables (PLC).

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>LA MARINA MERCANTE, EL BUQUE, EL BUQUE TANQUE</b>	
<b>PETROLERO</b>	
1.1 La Marina Mercante	3
1.2 El buque	3
1.3 El buque tanque petrolero	3
1.4 Maniobras en el buque tanque petrolero	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS</b>	
2.1 Términos importantes	5
2.1.1 El gas inerte	5
2.1.2 El triángulo del fuego	5
2.1.3 El combustible	5
2.1.4 El oxígeno	5
2.2 Límites de inflamabilidad	5
2.2.1 Efectos del gas inerte en la inflamabilidad	6
2.3 Fuentes de obtención de los humos para procesar gas inerte	6
2.3.1 Calidad del gas inerte obtenido	8
2.4 Sustitución de los gases de los hidrocarburos por gas inerte	8
2.5 Normas Generales de Control de la Atmósfera en los tanques de carga	10
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>LA PLANTA DE GAS INERTE DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO</b>	
3.1 La planta de gas inerte	11
3.2 Obtención de los humos de la combustión para generación del gas inerte	11
3.3 La torre de lavado	13
3.4 Los ventiladores impelentes del gas inerte	14

3.5	Los dispositivos de retención	14
3.5.1	El sello de cubierta	14
3.6	Sistema de distribución del gas inerte	15
3.7	Las válvulas reguladoras de la presión de gas y medios de recirculación.	15
3.8	Medios de inertización, purga y desgasificación	16
3.9	El colector de gas inerte de cubierta	16
3.10	Los reguladores de presión y presión de vacío	17
3.11	Instrumentos y dispositivos de alarma y protección	17
3.12	Puesta en operación de la planta de gas inerte	18

## **CAPÍTULO IV**

### **SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DE GAS INERTE**

4.1	Estado actual del sistema de control de la planta de gas inerte	21
4.2	El sistema de control eléctrico	21
4.3	Sistema de seguridad	22
4.4	Control de la válvula en toma de gases de calderas	22
4.5	Conexión para toma de aire fresco	22
4.6	Accionamiento de ventiladores	22
4.7	Electro válvula del sistema de descarga y recirculación	23
4.8	Control de bajo nivel de agua en la torre de lavado	23
4.9	Control de alto nivel de agua en la torre de lavado	23
4.10	Control baja presión de agua en la torre de lavado	23
4.11	Control de bajo flujo de agua en sello de cubierta y torre de lavado	23
4.12	Control de alta temperatura del gas inerte	23
4.13	Control de baja presión del gas inerte	24
4.14	Control bajo nivel de agua en el sello de cubierta	24
4.15	Control de alto contenido de oxígeno en el gas inerte	24
4.16	Control de baja presión del aire	24
4.17	Fallas durante la operación	24

## **CAPÍTULO V**

### **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE GAS INERTE**

5.1	Los planos asignados a bordo	27
5.2	Realización de los planos convencionales	27

5.3	Elaboración de los diagramas ladder	30
5.4	Selección del PLC y los módulos de expansión	31
5.5	Estimación presupuestal y tiempo de ejecución	33
5.6	Esquemas de conexiones en el PLC	35
	<b>CONCLUSIONES</b>	40
	<b>ANEXOS</b>	41
	<b>ANEXO A</b>	
	<b>PLANOS DE CONEXIONADOS EN EL PLC</b>	42
	<b>ANEXO B</b>	
	<b>PLANOS LADDER REALIZADOS</b>	47
	<b>ANEXO C</b>	
	<b>PLANOS CONVENCIONALES</b>	59
	<b>ANEXO D</b>	
	<b>PLANOS ASIGNADOS A BORDO</b>	83
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	112

## INTRODUCCIÓN

El propósito del presente informe es presentar una alternativa de mejora en los sistemas de control eléctrico de una Planta de Gas Inerte a bordo de un buque dedicado al transporte de hidrocarburos líquidos. El trabajo consiste en aplicar la tecnología de Controladores Lógicos Programables PLC, para el control de máquinas elementos y equipos destinados a la producción de gas inerte en las instalaciones de un buque tanque petrolero, en reemplazo de los antiguos sistemas de control electromecánico y analógicos basado en una tecnología de reles, esto permitirá ofrecer a los operadores y personal a cargo, un sistema de mayor calidad y confiabilidad, reduciendo la posibilidad de fallas y el consecuente riesgo de incendio y explosión. El método utilizado es el estudio tanto de campo, con visitas a las instalaciones donde se desarrolla el proceso de obtención del gas inerte así como el estudio de los controles eléctricos existentes en la planta y a través de los planos asignados a bordo del buque.

El Capítulo I ofrece una visión general del medio donde se desarrolla este proceso de obtención del gas inerte, que son los buques tanques que transportan petróleo. Se ha creído conveniente iniciar una breve descripción del trabajo naviero en lo que corresponde a la Marina Mercante que es la marina comercial, como una forma de enfocar que la industria eléctrica además de estar en tierra, en el aire y en el subsuelo está también en el mar.

El Capítulo II trata del conocimiento de medidas de prevención de luchas contra incendio y la terminología utilizada que el personal de a bordo debe conocer a fin de estar capacitado para realizar las maniobras de reemplazar los gases emanados del petróleo por gas inerte a fin de crear una atmósfera segura y libre de riesgo de incendio y explosión, se hace referencia a las Normas generales de control de la atmósfera en los tanques de carga.

El Capítulo III está dedicado a estudiar el estado actual de la Planta de Gas Inerte, su descripción, así como su puesta en operación y funcionamiento. Se indican las posibles fuentes de obtención de gases de combustión, la forma en que son llevados a la Planta así como el tratamiento que se realiza sobre estos a fin de obtener el gas inerte. Se describe además los componentes de la Planta, que intervienen en este proceso. En el Capítulo IV se describe el control eléctrico y los sistemas de seguridad existentes en la planta de a bordo,



así como los componentes de este, sus conexiones, electroválvulas, ventiladores, la torre de lavado de los gases de combustión, controles de nivel de agua, de presión, temperatura, de alto de contenido de oxígeno en el gas inerte, así como las posibles fallas durante la operación.

El Capítulo V describe la forma en que a través de los planos asignados a bordo estos son pasados a planos convencionales para luego con ellos realizar los planos Ladder que permitirán realizar los esquemas de conexiones en los controladores Lógicos Programables, esto a través de una tabla de correspondencia que permitió el direccionamiento de las entradas y salidas correspondientes al nuevo sistema de control eléctrico propuesto, así como la identificación de dispositivos físicos que en el nuevo sistema de control pasan a ser virtuales, simplificando el sistema de control encontrado e incrementando la fiabilidad del control eléctrico en la operación del proceso de la Planta de Gas Inerte con la utilización de los PLC. En los anexos se muestran los planos asignados a bordo, los planos convencionales realizados a partir de estos, los planos ladder realizados y los esquemas de conexiones en el PLC, de las entradas y salidas del control eléctrico propuesto. A diferencia de las instalaciones que se encuentran establecidas en tierra el trabajo de un buque lo lleva permanentemente a distintos lugares tanto del país como fuera de este, circunstancia que hacía que absolvieran alguna consulta había que esperar el arribo del buque al puerto local. Finalmente se hacen algunas conclusiones sobre la propuesta realizada en el presente trabajo. Quiero presentar mi agradecimiento al personal profesional y técnicos del buque petrolero Pavayacu de la empresa Transoceánica por su valioso apoyo así como a colegas que con sus sugerencias permitieron la realización del presente trabajo.

## **CAPÍTULO I**

### **LA MARINA MERCANTE, EL BUQUE, EL BUQUE TANQUE PETROLERO**

#### **1.1 La Marina Mercante**

El Perú vende a muchos países, materias primas, así mismo compra granos maquinarias, equipos electrónicos y una diversidad de productos. Estos van y vienen a través del mar a bordo de buques. Así también el comercio internacional entre los diferentes países del mundo se realiza a través del mar, esto debido a que los buques pueden transportar grandes volúmenes de carga a bajo costo.

Quienes operan estos buques son marinos mercantes y quienes la dirigen a bordo son oficiales de marina mercante. La marina mercante es la marina privada o estatal comercial, que se encarga justamente del traslado de cargas de todo tipo, incluyendo químicos, gases e hidrocarburos.

El tipo de carga determina el tipo de buque, tenemos así buques graneleros, containeros; también buques tanques, que están diseñados para el transporte de carga química, gases e hidrocarburos.

#### **1.2 El buque**

Un buque es una embarcación diseñada y fabricada para que pueda flotar y ser propulsada a través del mar, llevando carga y pasajeros. Dado que tiene que estar en muchos casos lejos de tierra, debe reunir las condiciones de ser autónomo y seguro.

Todo buque cuenta con grupos electrógenos, los cuales van a proveer de energía a las diferentes cargas eléctricas que hay en un buque.

#### **1.3 El buque tanque petrolero**

El buque tanque petrolero es un buque cuyo diseño ha sido realizado para el transporte de hidrocarburos, tiene tanques de gran capacidad dentro de los cuales transporta petróleo.

En situación de reposo los hidrocarburos emanan vapores, lo cual aumenta grandemente cuando el buque se pone en movimiento. Los vapores emanados se sitúan en el espacio entre la superficie del hidrocarburo y la parte superior de los tanques, si en esta atmósfera aumenta el contenido de oxígeno al ingresar el aire del medio ambiente en

determinadas cantidades, se origina una situación peligrosa pues el ambiente creado en el tanque se torna inflamable, y si se produjera la combustión, ocurriría una explosión. En el manipuleo de carga y descarga los vapores emanados se incrementan grandemente. [1]

#### **1.4 Maniobras en el buque tanque petrolero**

En lo referente a las maniobras que se realizan en el buque tanque petrolero, se tienen entre los más importantes, la carga, la descarga, el deslastrado, los trasvases, la limpieza de los tanques, así como para aumentar la presión del gas en el tanque durante otras operaciones que se realizan en el viaje. Todas estas deben hacerse con mucho cuidado y con la debida seguridad.



**Fotografía del Buque Tanque Petrolero Pavayacu**

## **CAPÍTULO II**

### **PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS**

#### **2.1 Términos importantes**

##### **2.1.1 El gas inerte**

El gas inerte, protege y evita la explosión del tanque donde se transporta petróleo, lo cual se logra introduciendo este gas inerte en estos tanques; consiguiéndose así, un bajo contenido de oxígeno a la vez reduciendo, a proporciones seguras, la concentración de gases de los hidrocarburos en la atmósfera del tanque. [2]

##### **2.1.2 El triángulo del fuego**

En orden de importancia, toda combustión necesita tres elementos fundamentales para que pueda realizarse: una fuente de ignición, oxígeno suficiente para soportar la combustión y el material o combustible. Estos tres elementos constituyen el triángulo del fuego. Neutralizando cualquiera de estos se evita el riesgo de combustión. El gas inerte protege o evita la combustión y la consecuente explosión, esto se logra introduciéndolo en los tanques; consiguiendo así un bajo contenido de oxígeno, y reduciendo a proporciones seguras, la concentración de los gases de los hidrocarburos en la atmósfera del tanque.

##### **2.1.3 El combustible**

Este elemento no se puede suprimir del interior del tanque pues es la razón fundamental de los buques tanques petroleros, el transportar los hidrocarburos, un líquido de alta inflamabilidad.

##### **2.1.4 El oxígeno**

Si se modifican las características de la atmósfera de carga, de tal modo que el contenido de oxígeno de la misma sea inferior al 11 por ciento en volumen no se producirá la combustión por deficiencia de oxígeno, entonces por aquí se abre el triángulo del fuego y por lo tanto, los tanques serán seguros para el transporte de petróleo crudo.

#### **2.2 Límites de inflamabilidad**

Una mezcla de gases de hidrocarburos y aire no puede inflamarse, a menos que su composición quede dentro de una gama de concentraciones de gases de hidrocarburos en

aire; o sea la llamada gama de inflamabilidad. El límite inferior de esta gama que se denomina límite inferior de inflamabilidad, corresponde a cualquier concentración gases de los hidrocarburos por debajo del cual este es insuficiente para hacer posible la combustión.

El límite superior de la gama, denominado límite superior de inflamabilidad, corresponde a cualquier concentración de gases de hidrocarburos por encima del cual el aire es insuficiente para hacer posible la combustión. Los límites de inflamabilidad varían algo en el caso de distintos gases de hidrocarburos puros y de mezclas de gases derivadas, también de distintos líquidos del petróleo. No obstante, en la práctica cabe considerar que los límites inferiores de inflamabilidad de los cargamentos de hidrocarburos transportados por los buques tanques, son en términos generales del 1 y el 10 por ciento de estos en volumen, respectivamente

### **2.2.1 Efectos del gas inerte en la inflamabilidad**

Cuando se agrega un gas inerte a una mezcla de gases de hidrocarburos/aire, el resultado es que aumenta la concentración correspondiente al límite inferior de inflamabilidad y disminuye la concentración al límite superior de inflamabilidad. Estos efectos aparecen ilustrados en figura 2.1, que debe considerarse sólo como guía en cuanto a los principios considerados. Cada punto del diagrama representa una mezcla de gases de hidrocarburos/aire/gas inerte, especificada en función de su contenido de hidrocarburos y oxígeno. Las mezclas de hidrocarburos y aire sin gas inerte quedan en la línea AB, cuya inclinación indica la reducción en el contenido de oxígeno a medida que aumenta el de hidrocarburos. Los puntos situados a la izquierda de AB representan mezclas cuyo contenido de oxígeno se reduce aún más por adición de gas inerte. Es evidente, como se desprende de la figura 2.1, que a medida que se añade gas inerte a las mezclas de hidrocarburos/aire, se disminuye progresivamente la gama de inflamabilidad hasta que el contenido de oxígeno llega a un nivel que se considera, por lo general, de 11 por ciento en volumen, y alcanzado este porcentaje ninguna mezcla hará combustión. La cifra de 8 por ciento en volumen, que se especifica en las normas generales señaladas como mezcla inerte segura, incluye un margen de seguridad. Las mezclas de gases de hidrocarburos en el aire a las que corresponden los límites inferior y superior de inflamabilidad, vienen representadas por los puntos C y D de la figura 2.1. [3]

### **2.3 Fuentes de obtención de los humos para procesar gas inerte**

Posibles fuentes de obtención de los humos para procesarlos y obtener el gas inerte en buques tanques petroleros, incluidos los buques de cargas combinadas, son:

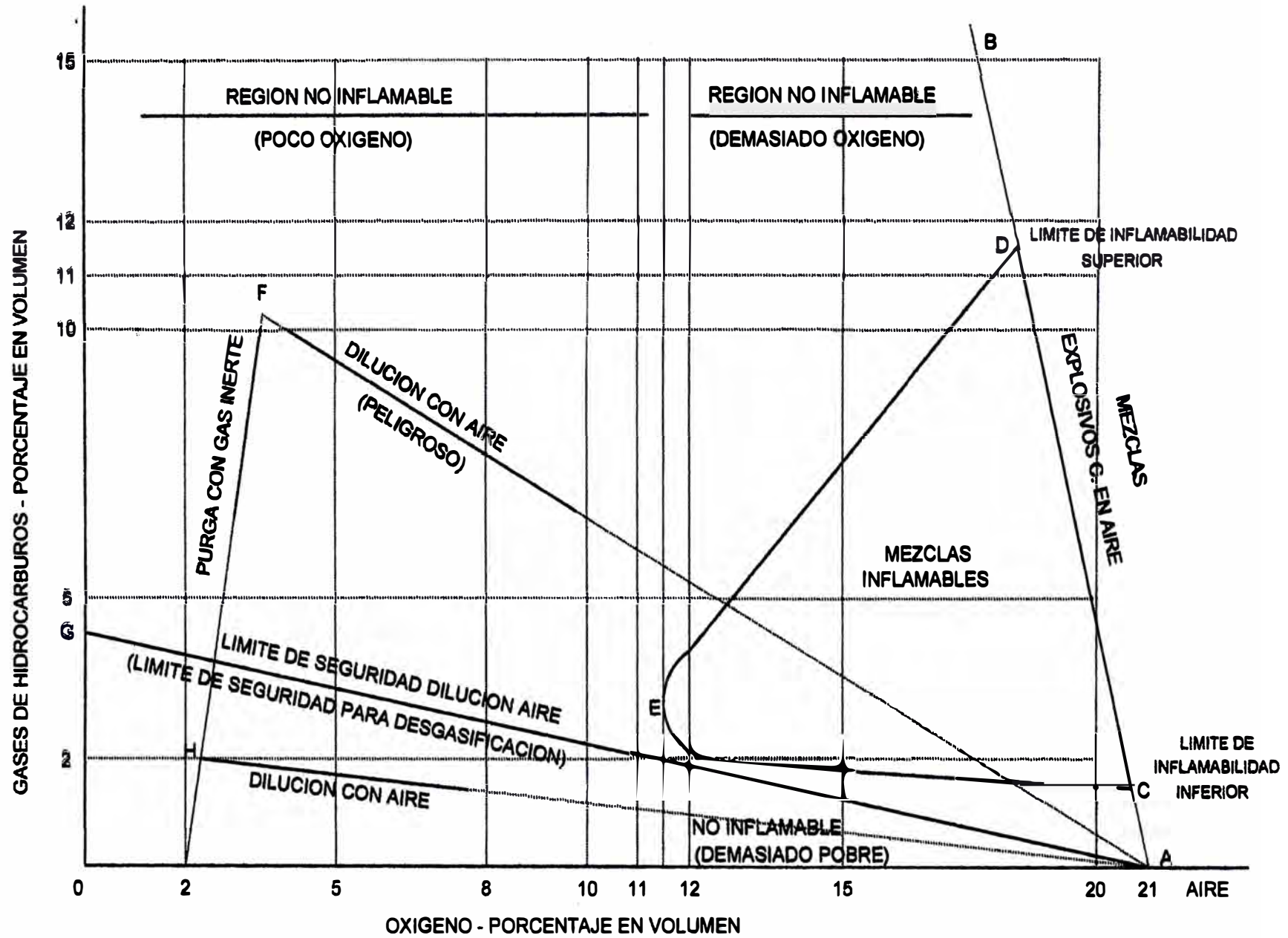


Figura 2.1 Límites de Inflamabilidad de la Mezcla de Gases de los Hidrocarburos/Aire



- El conducto de humos la caldera principal o las calderas auxiliares del buque.
- Un generador de gas inerte independiente.

### 2.3.1 Calidad del gas inerte obtenido

Para lograr un contenido de oxígeno del 5 por ciento en volumen es necesario un buen control de la combustión en las calderas del buque. Es necesario fijar este porcentaje previamente en la combustión para obtener esta calidad.

### 2.4 Sustitución de los gases de los hidrocarburos por gas inerte

En los tanques de carga se sustituye los gases de los hidrocarburos por gas inerte con arreglo a las operaciones de Inertización, Purga, o Desgasificación. En cada una de estas operaciones de sustitución puede predominar uno de estos procesos:

- **Dilución:** Es un proceso de mezcla. La teoría de la dilución supone que el gas inerte entrante se mezcla con los gases iniciales, formando una mezcla homogénea en todo el interior del tanque y el resultado es que la concentración del gas inicial disminuye exponencialmente. En práctica el régimen real de sustitución de gas, depende del flujo volumétrico del gas entrante, de su velocidad de entrada y de las dimensiones del tanque. En lo referente a la sustitución completa de gas es importante que la velocidad de entrada del gas sea lo suficiente alta para que el chorro llegue al fondo del tanque. Es por lo tanto importante confirmar la idoneidad de toda instalación en que se utilice este principio, a fin de lograr el grado necesario de sustitución de gas en todo el interior del tanque. La figura 2.2 muestra la configuración de entrada y de salida del proceso de dilución e ilustra la naturaleza turbulenta del flujo en el interior del tanque.

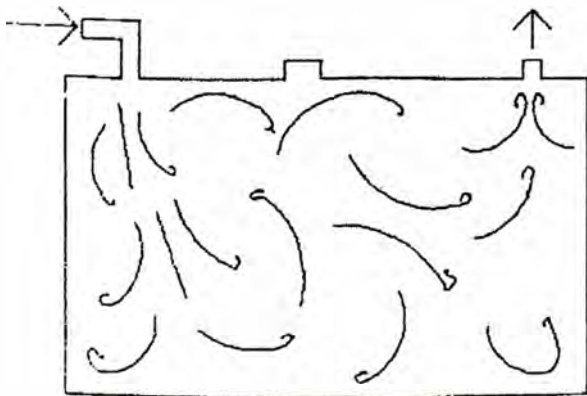


Figura 2.2 Proceso de dilución

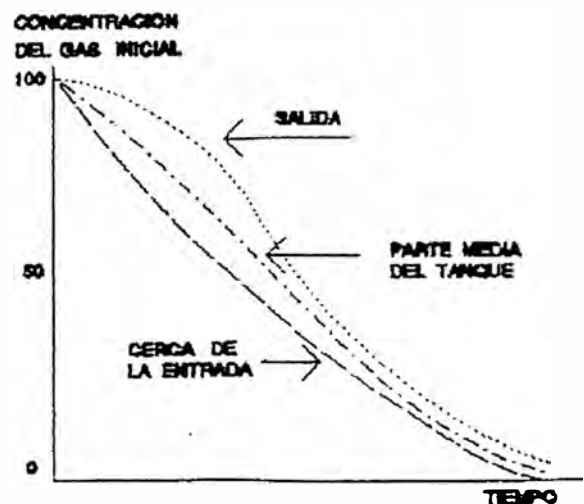
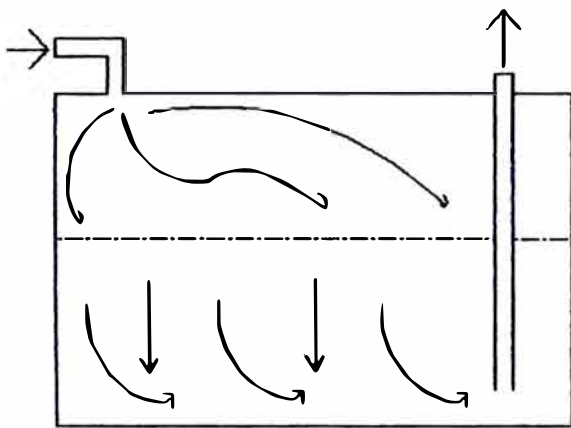


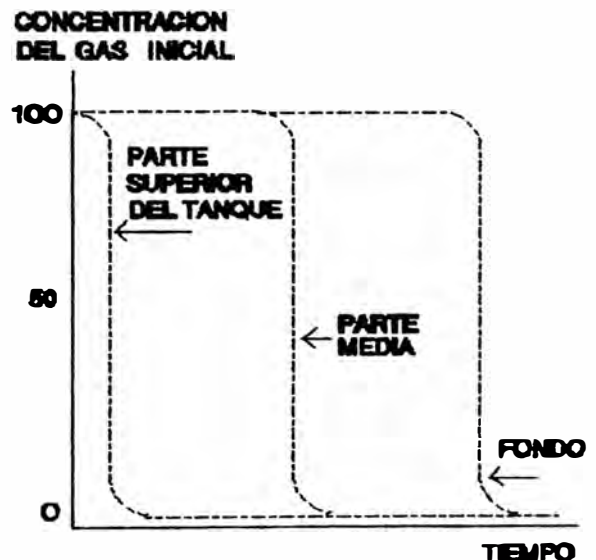
Figura 2.3 Curvas típicas del Proceso de dilución

La figura 2.3 muestra curvas típicas de concentración del gas, en función del tiempo con respecto a 3 puntos distintos

- **Desplazamiento:** Es un proceso de estratificación. En este caso la sustitución ideal requiere una interfaz horizontal estable entre el gas más liviano que entra por la parte superior del tanque y el gas más pesado que se desplaza desde el fondo del tanque a través de tuberías dispuestas adecuadamente. Este método exige que la velocidad de entrada del gas sea relativamente baja y en la práctica se hace necesario más de un cambio volumétrico. Es por lo tanto importante confirmar la idoneidad de toda instalación en que se utilice este principio, a fin de lograr el grado necesario de sustitución de gas en todo el interior del tanque.



**Figura 2.4** Proceso de Desplazamiento



**Figura 2.5** Curvas típicas del Proceso de Desplazamiento

La figura 2.4 muestra la configuración de entrada y de salida del proceso, en desplazamiento e indica la interfaz habida entre los gases entrantes y salientes.

La figura 2.5 muestra curvas típicas de concentración del gas en función de tiempo con respecto a tres niveles distintos de muestreo.

Estos dos procesos tienen un marcado efecto en el método de vigilancia de la atmósfera del tanque y en la interpretación de los resultados. Las figuras 2.3 y 2.5 indican que es necesario conocer la naturaleza del proceso de sustitución de gas que tiene lugar en el tanque para interpretar correctamente la lectura respectiva en el instrumento de muestreo de gas apropiado para cada caso de sustitución, en que se realice la entrada del gas inerte.



## **2.5 Normas Generales de Control de la Atmósfera en los tanques de carga**

Los tanques de carga de los buques tanque de un sistema de gas inerte, deben de ser mantenidos en todo momento en estado no inflamable (ver figura 2.1). De ello se deduce que los tanques deben permanecer en estado inerte siempre que contengan residuos de carga o lastre y el contenido de oxígeno debe permanecer al 8 por ciento o menos en volumen, con una presión de gas positiva en todos los tanques de carga.

La atmósfera en el interior del tanque debe hacer posible la transición del estado inerte al de desgasificado, sin pasar por el estado inflamable. En la práctica quiere esto decir que, antes de desgasificar un tanque, hay que purgarlo con gas inerte hasta que el contenido de hidrocarburos de la atmósfera del mismo quede por debajo de la línea de dilución crítica (ver figura 2.1).

Cuando esté en estado desgasificado antes llegar al puerto de carga, sus tanques de carga deberán haber sido inertizados antes de cargarlos.

A fin de mantener los tanques de carga en estado no inflamable se utiliza la planta de gas inerte para inertizar los tanques de carga vacíos, hacer funcionar durante el desembarque de la carga, el deslastrado y las operaciones necesarias en los tanques; purgar los tanques antes de la desgasificación; aumentar la presión en los tanques de carga, cuando sea necesario, durante otras etapas del viaje. [4]

## **CAPÍTULO III**

### **LA PLANTA DE GAS INERTE DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO**

#### **3.1 La planta de gas inerte**

En la planta de gas inerte se realizan las operaciones que conllevan a la obtención del gas inerte, el cual remplazará a los gases emanados de los hidrocarburos, en los tanques de carga, proporcionándoles una atmósfera incapaz de sostener una combustión.

La atmósfera proporcionada a los tanques de petróleo además de ser incomburente está disponible a presión, volumen y temperatura adecuada, protegiendo de esta manera todas las operaciones que se tenga que realizar con la carga. [5]

En la planta se puede distinguir lo siguiente:

- Una zona de recolección de los humos emanados de las calderas y todo lo relacionado a su lavado, eliminación de residuos sólidos y anhídrido sulfuroso y enfriado, hasta convertirlo en gas inerte, listo para ser enviado para su utilización, lo cual se realiza con ventiladores.
- Un sistema de distribución para enviar el gas inerte producido, a los diferentes tanques de carga de a bordo.

#### **3.2 Obtención de los humos de la combustión para generación del gas inerte**

En la figura 3.1 se muestra la disposición típica de una planta de gas inerte procedente de los humos de la combustión de una caldera. Esta consta de válvulas aisladoras del gas de la combustión, ubicadas en puntos del conducto de humos de las calderas, por donde pasan gases calientes y sucios hacia la torre de lavado y al deshumedecedor. En esta zona a la vez que se retiran los residuos sólidos de los gases de la combustión y se elimina el anhídrido sulfuroso, se le enfría y deshumece para luego ser conducidos por unas tuberías a los ventiladores que impelen el gas inerte hacia los tanques de carga, a través del sello de cubierta, de la válvula de retención y de la válvula aisladora de cubierta. Para regular el flujo del gas hacia el tanque de carga, se tiene instalada una válvula reguladora de presión de la corriente establecida por los ventiladores; y, para evitar que la presión o el vacío excesivos ocasionen daños en las estructuras de los tanques de carga, se encuentran

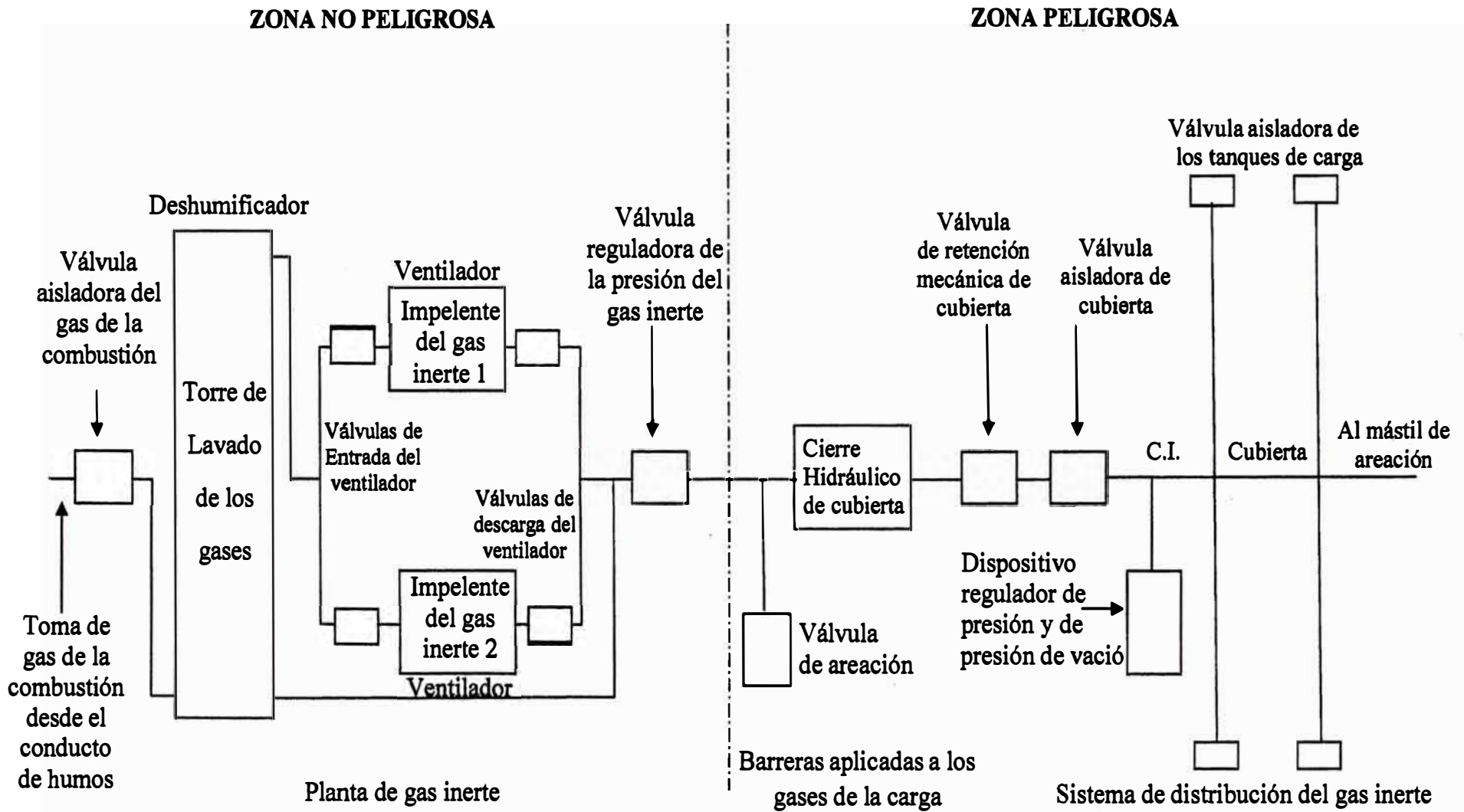


Figura 3.1 Disposición de la Planta de Gas Inerte

instalados un dispositivo regulador de presión y otra reguladora de la presión de vacío, rellenos de líquido. Entre la válvula de retención de cubierta y la válvula reguladora de presión de gas, se instala un conducto de ventilación para dar salida a cualquier fuga que pueda producirse cuando la planta esté detenida. Para suministrar gas inerte a los tanques de carga durante el desembarco de la carga, el deslastrado y la limpieza del tanque, así como para aumentar la presión del gas en el tanque durante otras operaciones que se realizan en el viaje, se cuenta con un colector de gas inerte que, desde la válvula aisladora corre hacia proa a lo largo de la cubierta de carga, desde este colector de gas inerte, salen tuberías que conducen el gas a la parte superior de cada tanque de carga, que es por donde se introduce el gas inerte a los tanques durante las maniobras indicadas de carga, lastrado y limpieza, durante los cuales se debe mantener extremo cuidado.

### **3.3 La torre de lavado**

La función de la torre de lavado (ver figura 3.2) es eliminar la mayor parte de los compuestos corrosivos de azufre, el hollín y enfriar los gases de la combustión. Las tres operaciones indicadas se realizan por contacto directo de los humos de combustión y grandes cantidades de agua de mar. Al llegar al fondo de la torre de lavado, el gas es enfriado al pasar a través de un cierre hidráulico y con un chorro de agua pulverizada al burbujear cuando sale de este. Este cierre puede servir también como dispositivo de seguridad complementario, a fin de impedir toda fuga de gas del conducto de humos de la caldera cuando se abre la torre de lavado, a efectos de inspección o mantenimiento.

En la torre de lavado, el gas de la combustión asciende a través del agua que fluye en sentido descendente.

Para que haya un máximo contacto entre el gas y el agua, se instalan a varios niveles, uno o más de los siguientes elementos:

- Boquillas roceadoras
- Bandejas de piedras o virutas de plástico compactadas
- Placas de choque perforadas
- Toberas de venturí con ranuras

En la parte superior de la torre de lavado o debajo de ésta, las gotitas de agua son eliminadas por medio de uno o más deshumedecedores que pueden ser almohadillas de polipropileno (Ver figura 3.2). El resultado de todas estas operaciones es la obtención del gas inerte, el cual además de evitar la combustión no se mezclará con el hidrocarburo ni alterará su composición.

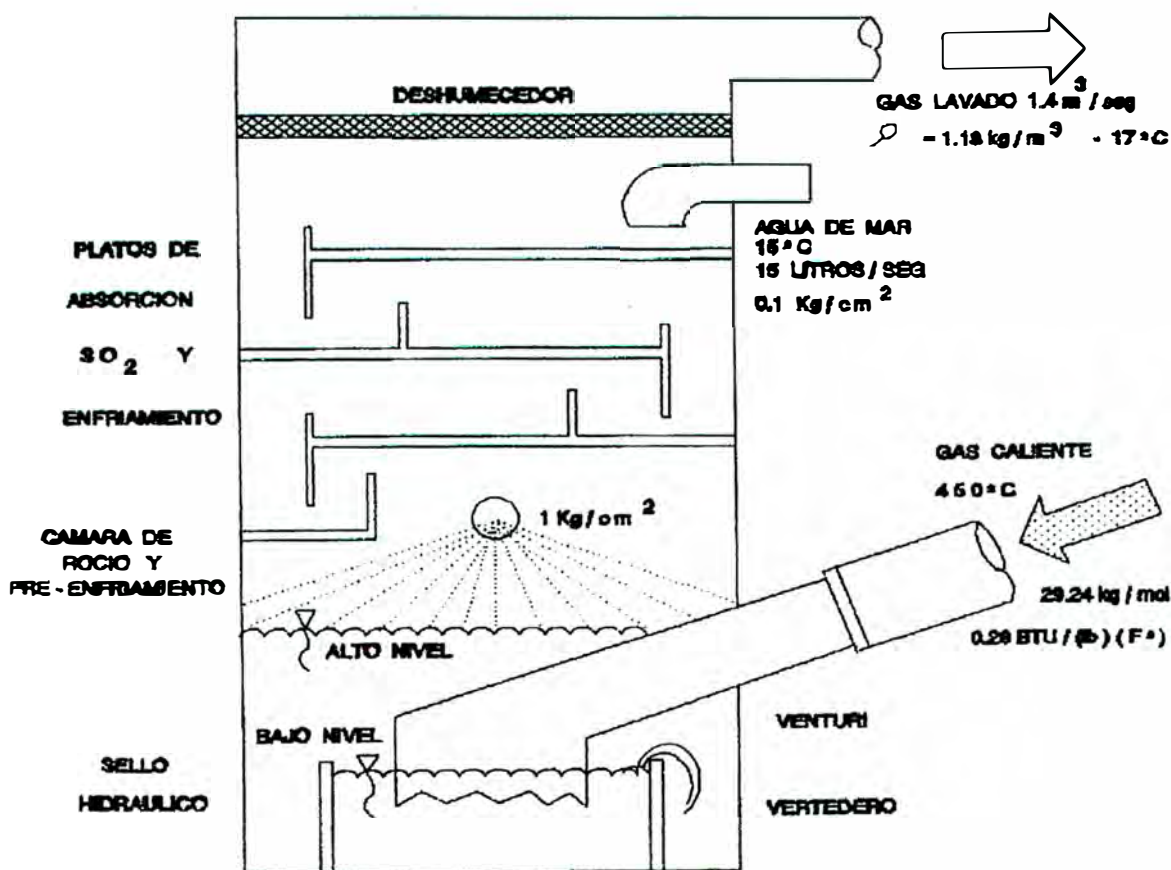


Figura 3.2 La Torres de Lavado

### 3.4 Los ventiladores impelentes del gas inerte

Para trasladar el gas inerte obtenido en las operaciones realizadas en la torre de lavado, a los tanques de carga se utilizan dos ventiladores impelentes uno ubicado en el lado de estribor y otro hacia el lado de babor del buque que, juntos o por separado suministran el gas inerte a los tanques a razón de, por lo menos 125 % de la capacidad máxima de descarga de tanque, expresada como volumen.

### 3.5 Los dispositivos de retención

Estos dispositivos impiden el retorno de los gases desde los tanques de carga hasta el espacio de máquinas y están compuestos por el cierre hidráulico y la válvula de retención mecánica de cubierta.

#### 3.5.1 El sello de cubierta

Es un cierre hidráulico que permite el suministro del gas inerte al colector de cubierta, pero que a la vez impide todo retorno del gas de la carga, aún cuando la planta de gas inerte se encuentre detenida. Viene a ser la barrera principal para impedir el retorno de los gases de los tanques de la carga. Es indispensable que dicho cierre esté alimentado de agua en todo momento, particularmente cuando la planta de gas inerte esté detenida. Este

dispone de desagües que van directamente al exterior y que no pasan por los espacios de máquinas. Éste cierre hidráulico es del tipo húmedo, es más sencillo, cuando la planta de gas inerte está en funcionamiento, el gas burbujea a través del agua desde la tubería de entrada del gas inerte sumergido, pero si la presión del tanque excede de la que hay en la tubería de entrada del gas inerte, el agua ejerce presión en esta tubería de entrada evitando así el retorno del gas. El inconveniente de este tipo de cierre hidráulico es que puede producirse un arrastre de gotitas de agua con el gas inerte, que si bien no aminora la calidad del gas inerte, podría incrementar la corrosión. Esto se evita instalando un deshumecedor a la salida del gas similar a la de la torre de lavado.

### **3.6 Sistema de distribución del gas inerte**

El sistema de distribución del gas inerte, junto con el de ventilación de los tanques de carga, nos proporcionan:

- Medios de suministrar gas inerte a los tanques durante las operaciones de descarga, deslastrado o limpieza de los tanques; y además, para aumentar la presión del gas en el tanque cuando esto sea requerido. El sistema de distribución permite pues llevar el gas inerte a los tanques de una manera segura y a la vez cada tanque presenta dispositivos propios para una recepción segura del gas inerte.
- Medios de hacer salir los gases del tanque a la atmósfera, durante el embarque de la carga o deslastrado.
- Puntos adicionales de entrada y salida para la inertización, purga y desgasificación.
- Medios de aislar los distintos tanques con respecto al colector del gas inerte, para la desgasificación.
- Medios de proteger los tanques contra la presión y vacíos excesivos.

### **3.7 Las válvulas reguladoras de la presión de gas y medios de recirculación.**

Estos regulan la presión y cumplen dos funciones:

- Impedir automáticamente, todo retorno de gas en caso de fallas en el ventilador de gas inerte, en la bomba de la torre de lavado, etc., o cuando la planta de gas inerte esté funcionando normalmente, pero el cierre hidráulico de cubierta y la válvula mecánica de retención hayan fallado, o cuando la presión del gas en el tanque exceda la presión de descarga del ventilador; es decir durante operaciones simultáneas de agotamiento final y lastrado, si bien existe los sellos de cubierta para justamente bloquear los gases de retorno, se asume la posibilidad de falla para su prevención.
- Regular el flujo de gas inerte al colector de cubierta.

### 3.8 Medios de inertización, purga y desgasificación

Para eliminar el oxígeno de los tanques de carga y consecuentemente a los gases de petróleo existentes en su interior, se realizan tres clásicas operaciones:

- **Desgasificado:** Reemplazar los vapores combustibles por efecto de la inyección de una corriente de aire hasta alcanzar valores de concentración de oxígeno de un 21% en volumen.
- **Inertizado:** Reemplazo del oxígeno por la inyección de gases inertes, a valores menores del 8% de concentración.
- **Purgado:** Eliminación de los gases de petróleo por la inyección de gases inertes, a valores menores al 2% de su concentración.

Las disposiciones para el inertizado, purgado y desgasificado, son los que se dan a continuación y dependen del diseño de la instalación.

- La aplicación de los principios de dilución y desplazamiento a ciertas instalaciones específicas dependen de una variedad de factores, entre ellos:
  - El resultado de pruebas
  - El método de ventilación de los vapores de la carga.
  - Uno de los criterios que permite determinar si se debe inertizar ya sea por dilución o desplazamiento, consiste en que los puntos de entrada y salida deben estar ubicados de tal manera que exista un reemplazo eficiente del gas a través del tanque

La selección del método a utilizar se da en el presente Tabla 3.1

**Tabla 3.1** Selección del método de inertización

<b>Proced.</b>	<b>Punto de entrada</b>	<b>Punto de Salida</b>	<b>Principio</b>
I	Parte superior	Parte superior	Dilución
II	Fondo	Parte superior	Dilución
III	Parte superior	Fondo	Desplazamiento o dilución

Se debe considerar que las tres disposiciones pueden ser utilizadas para Inertizar, purgar y desgasificar, y que el diseño particular de una nave puede incorporar mas de una sola disposición

### 3.9 El colector de gas inerte de cubierta

El colector de gas inerte en cubierta, es una tubería que recorre toda la proa del buque y para efectos de desgasificación y entrada en los tanques, se instalan siempre válvulas o



medios para aislar los distintos tanques de carga de este. Al elegir un medio apropiado, se tiene en cuenta los siguientes factores:

- Protección contra fugas de gas o funcionamiento defectuoso durante la entrada en el tanque.
- Sencillez y seguridad de utilización.
- Facilidad para utilizar el colector de gas inerte en las operaciones habituales de desgasificación.
- Facilidad para aislar los tanques en tiempo breve, a fin de regular presiones y comprobar, manualmente, el espacio vacío dejado en ellos.
- Protección contra daños estructurales debido a operaciones de bombeo de carga y lastrado, cuando un tanque queda inadvertidamente aislado del colector de gas inerte.
- Protección contra daños estructurales debido a operaciones de bombeo de carga y lastrado, cuando un tanque queda inadvertidamente aislado del colector de gas inerte.

### **3.10 Los reguladores de presión y presión de vacío**

A fin de proteger a la tubería de distribución se instalan uno o más dispositivos reguladores de presión, y reguladores de presión de vacío, los cuales son unas tuberías en U rellenas de líquido. Dichos dispositivos requieren poco mantenimiento, pues sólo funcionan a presión prescrita si están llenos de líquidos de densidad adecuada, hasta el nivel requerido. Para ello se utiliza un aceite apropiado o una mezcla de agua y glicol, a fin de evitar congelación en tiempo frío, un gráfico de estos se muestran en la figura 3.3

### **3.11 Instrumentos y dispositivos de alarma y protección**

Los equipos de instrumentación y alarmas instalados deben resistir las variaciones de voltaje de alimentación, los cambios de la temperatura ambiente, las vibraciones, la humedad, los choques, los golpes y los riesgos de corrosión que se dan normalmente en los buques, sin embargo por efecto de los años el, medio ambiente y el tipo de trabajo se le tiene que tener permanente vigilado a fin que tengan buen desempeño por los riesgos existentes. Tenemos así:

#### **Los instrumentos y alarmas de la torre de lavado:**

- El caudal del agua de entrada en la torre de lavado se vigila mediante manómetro, cuando dicho caudal disminuye, con respecto a lo proyectado, entra en funcionamiento la alarma y los ventiladores impelentes del gas inerte, se paran automáticamente.
- El nivel de agua en la torre de lavado se vigila con una alarma de nivel excesivo esta



Esta alarma entra en funcionamiento cuando se alcancen límites predeterminados y la bomba de la torre se detiene cuando el nivel exceda de los límites estipulados.

- Se vigila la temperatura del gas inerte, en el lado de descarga de los ventiladores impelentes del gas. Si la temperatura llega a 65°C, entra en funcionamiento la alarma y se detienen en automático los ventiladores, si la temperatura alcanza los 75°C.

### **El analizador, el registrador y el equipo indicador de O<sub>2</sub>**

El punto de muestreo del analizador y del aparato registrador de oxígeno está en la tubería, en el emplazamiento situado después de los ventiladores impelentes y antes de la válvula reguladora de la presión del gas.

### **3.12 Puesta en operación de la planta de gas inerte**

**El procedimiento de puesta en marcha es el siguiente:**

- Asegúrese que la caldera esté produciendo gas de combustión con un contenido de oxígeno del 5 por ciento en volumen o menos.
- Asegúrese que se cuenta con la energía necesaria para todas las operaciones de control, alarma y parada automática.
- Asegúrese que las bombas de la torre de lavado y cierre hidráulico de cubierta, tengan la cantidad de agua necesaria.
- Probar el funcionamiento de los dispositivos de alarma y parada del sistema según el caudal de agua en la torre de lavado y en el cierre hidráulico de cubierta.
- Comprobar que las válvulas de entrada de aire fresco para fines de desgasificación, si las hubiera, estén cerradas, y que los obturadores también estén en su sitio, debidamente asegurados.
- Abrir la válvula aisladora del gas de la combustión.
- Abrir la válvula de aspiración del ventilador impelente seleccionado, asegurándose que las válvulas de aspiración del otro ventilador estén cerradas a menos que se tenga la intención de utilizar ambos ventiladores, simultáneamente.
- Poner en marcha el ventilador.
- Probar la alarma de fallo del ventilador.
- Abrir las válvulas de descarga del ventilador, de recirculación y reguladora del gas de la combustión

### **Composición del gas inerte**

La planta de gas inerte produce gases con las siguientes características:

O<sub>2</sub> en un contenido no mayor de 4.2% por volumen. CO<sub>2</sub> en un contenido no menor de 13.0% por volumen. SO<sub>2</sub> en un contenido no mayor de 0.03% por volumen. N<sub>2</sub> en un contenido de 76.81% por volumen. Sólidos en un contenido de 8 mg/m<sup>3</sup>. Agua H<sub>2</sub>O, su contenido no debe exceder de 0.125% por peso. Temperatura 2°C sobre la del agua de mar.

Las características anteriores se mantienen siempre que los gases suministrados por las calderas, tengan las siguientes características:

O<sub>2</sub> en un contenido no menor de 4.2% por volumen. CO<sub>2</sub> en un contenido no menor de 13.5% por volumen. SO<sub>2</sub> en un contenido no mayor de 0.3% por volumen. N<sub>2</sub> en un contenido de 77% por volumen. H<sub>2</sub>O, su contenido no mayor que 5% por volumen. Sólidos en un contenido de 250 mg/m<sup>3</sup>. Temperatura 300°C

### **Los equipos componentes del sistema**

- **Alimentación de agua**, compuesto por:

Una bomba para agua de sellado de capacidad: 13.64 m<sup>3</sup>/hora 5.62 kg/cm<sup>2</sup>

Una bomba de agua salada del gas inerte de capacidad: 10.9 m<sup>3</sup>/hora 3.86 kg/cm<sup>2</sup>

Un motor eléctrico de 5HP 440V 60Hz.

- **La torre de lavado**

Capacidad: 5,100 m<sup>3</sup>/hora a 17.5°C, Gas enfriado a 2°C más que la temperatura del agua de mar y con una eficiencia de remover el 99% del SO<sub>2</sub>.

Entrada de Agua de chorro:

En las Placas de Choque de 5 Ton/por/hora a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Chorros Humidificantes 10 Ton/ hora a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Placas de choque 60 Ton/hora a 0.1 kg/cm<sup>2</sup>

Caída de Presión del Gas:

Placas de choque de 62 mm/m w.g-75 m/m w.g en cada placa. Hidráulica (constante) 320 m/m w.g, Dinámica (variable) 120 m/m w.g,

Temperatura del Gas en la torre de lavado:

Normal : 400°C, Máximo : 500°C. Alimentación de Agua al Sello 6.5 Ton/hora

Construido por Peabody Colmes Limited

Un motor de 7.5HP 440V 60Hz.

### **Secador deshumedecedor**

Capacidad de Diseño: 5,100 m<sup>3</sup>/h a 15.5 °C de gas inerte saturado a la presión atmosférica.

Performance: Remover el 95% de todas pequeñas gotas hasta de un tamaño mínimo de 5 micrones.

Material de la envuelta: Meed Steel – forrada interiormente con jebe.

Almohadilla de secado: Hilado de polipropileno

Parrilla de secado: Acero inoxidable.

Tobera : Acero inoxidable

### **Ventiladores**

Dos ventiladores que absorben y envían el gas inerte al tubo colector

Dos motores cada uno de 78HP 440V 60Hz.

## **CAPÍTULO IV**

### **SISTEMA DE CONTROL DE LA PLANTA DE GAS INERTE**

#### **4.1 Estado actual del sistema de control de la planta de gas inerte**

El estado actual del control de la planta de gas inerte se realiza a través de planos que señalan la distribución de los equipos componentes, así como de los esquemas eléctricos que como se vera, si bien presenta algunos componentes analógicos estos trabajan con valores discretos.

En este capítulo se desarrolla un estudio del control automático de las instalaciones de la planta de gas inerte, mediante la representación de planos para controlar su operación. Mediante el uso de la energía eléctrica se verifica si el funcionamiento de las bombas, ventiladores y válvulas, es correcto. Igualmente, mediante los circuitos de interconexión se evita que la operación de válvulas o motores funcionen incorrectamente.

Las alarmas luminosas y sonoras, indican fallas que se presentan e inclusive, algunas de estas alarmas indican que se ha parado el sistema.

#### **4.2 El sistema de control eléctrico**

El control eléctrico se realiza a través de los diversos circuitos constituidos por reles y mantiene el control durante todo el proceso de obtención del gas inerte. El control de arranque y parada, así como las indicaciones visuales, se encuentran en la consola de motores donde tenemos:

- Interruptor de arranque/parada, e igualmente de los ventiladores desde el Panel de control respectivo.
- Interruptor de arranque/parada de las bombas de sello de cubierta y de la torre de lavado, desde el tablero principal; y también en la sala de la consola del motor principal.
- Las 5 válvulas automáticas son electroneumáticas. y son para la apertura de válvulas compuertas ya sea para el paso de los humos o del gas inerte.
- La toma de aire fresco (que se acciona a través de una válvula solo neumática manual) posee interruptores limitadores que indica su posición.

### **4.3 Sistema de seguridad**

#### **Distribución de energía a alarmas, analizador de oxígeno y transductores**

Este se muestra en el Plano Asignado N° 8. El contactor R1 mantiene el circuito cerrado con un voltaje de 220 V y 60 Hz. Ante cualquier falla eléctrica en el sistema, se abre el circuito, indicando la falla.

#### **4.4 Control de la válvula en toma de gases de calderas**

Este se muestra en los Planos Asignados N° 12 y N° 13 (Ver Anexo D). Tanto para la caldera principal, como para la caldera auxiliar, las válvulas de la Toma de Gases son abiertas al operar los pulsadores BL5 o BL7, a fin de energizar los contactores R8 o R10 que a la vez accionan las electroválvulas SOV 2 o SOV 3, las que, permiten el pase del aire hacia el pistón neumático, haciéndolo operativo. De esta manera la válvula de la toma de gases queda abierta e indica su posición. El sistema cuenta con interruptores limitadores LS1 y LS2 para la caldera auxiliar y LS3 y LS4 para la caldera principal, que permiten accionar a estas válvulas.

El sistema, también cuenta con la seguridad para que no trabajen estas válvulas, en los siguientes casos:

- Si se opera el soplador de hollín (Plano Asignado N° 11)
- Si se apertura la válvula toma de aire fresco

#### **4.5 Conexión para toma de aire fresco**

Esta es mostrada en el Plano Asignado N° 20. La conexión para la toma de aire fresco solo tiene una tapa abisagrada y su control de apertura y cierre se realiza a través de un sistema neumático manual el cual no corresponde al control eléctrico, y dos interruptores limitadores: LS13 y LS14, los cuales dan la señal visual de su posición abierta o cerrada; además, se debe accionar la llave cuchilla KS1 que energiza a los reles R22 y R22A, que abren el circuito de las válvulas de tomas de gases.

#### **4.6 Accionamiento de ventiladores**

La puesta de operación de los ventiladores puede verse en los Planos Asignados N° 15 y N° 17 y se realiza mediante los pulsadores BL9 o BL11 en la consola de la sala de motores, dándole arranque a uno de los ventiladores: bien el de Babor (Br – izquierdo) o el de Estribor (Er – derecho), con el auxilio de los reles R14 y R18, los mismos que al momento del arranque se cierran, a fin de abrir el circuito de alarma ante fallas de, alto nivel de agua, baja presión y alta temperatura (después de la torre de limpieza). De esta manera los ventiladores se detienen en automático.

#### **4.7 Electro válvula del sistema de descarga y recirculación**

Esto se muestra en el Plano Asignado N° 19. El sistema de descarga funciona cuando la electroválvula SOV 6 está energizada, a través de los reles R14 o R15 de los ventiladores; además, los reles R16 o R29 no deben estar accionados en operación normal, a fin de que la electroválvula permita que pase la señal con la presión de 15 PSI para la apertura, y de 3 PSI en el cierre de la válvula principal de control de Gas Inerte. El sistema de recirculación está presente cuando la electroválvula SOV 6 queda desenergizada por el cierre de la válvula de entrada de los ventiladores o por fallas.

#### **4.8 Control de bajo nivel de agua en la torre de lavado**

El Control de bajo nivel de agua en la Torre de Lavado se muestra en el Plano Asignado N° 21. Al mantener satisfactoriamente el nivel de agua, el rele R25 se mantiene energizado; en caso contrario, se desenergiza. Mediante sus contactos auxiliares se da la alarma y la indicación de falla (Plano Asignado N° 25)

#### **4.9 Control de alto nivel de agua en la torre de lavado**

El Control de alto nivel de agua en la Torre de Lavado se muestra en el plano asignado N° 21. Al haber un nivel de agua satisfactoria en la Torre de Lavado, se mantiene energizado el rele temporizado T4, regulado a 10 segundos para su apertura retardada, a fin de que, al ocurrir cualquier falla, se dé energía a los reles R26 y R26A.

#### **4.10 Control baja presión de agua en la torre de lavado**

Esta es mostrada en el Plano Asignado N° 21. Al haber la presión adecuada en la torre de lavado (+ 2 kg/cm<sup>2</sup>) los contactos del presostato se cierran y se energizan los reles R27, R27A. Estos reles cierran sus contactos, si el interruptor de baja presión actúa. Al abrirse estos contactos se detiene el ventilador, para dar la alarma e indicar las fallas.

#### **4.11 Control de bajo flujo de agua en sello de cubierta y torre de lavado**

El control de bajo flujo de agua en el Sello de Cubierta se muestra en los Planos Asignados N° 21 y N° 24. Si se diera la condición de bajo flujo de agua, ya sea en el sello de cubierta o en la torre de lavado, los reles R28 y R34 se quedan sin energía y, por los contactos auxiliares se da la alarma y la indicación de falla.

#### **4.12 Control de alta temperatura del gas inerte**

Este se muestra en el Plano Asignado N° 22. Si la temperatura del gas es la adecuada, se mantienen energizados los reles R30 y R31. Pero si el gas que llega a los ventiladores presenta una temperatura por encima de los 65°C, los reles quedan sin energía y los contactos auxiliares de estos paran el ventilador respectivo, y se da la señal de alarma.

#### **4.13 Control de baja presión del gas inerte**

Este control es mostrado en el Plano Asignado N° 23. Los reles R32 y R33 se mantienen energizados si la presión en ambas tuberías principales está dentro del rango. Al caer la presión menor de 0.5 PSI y por demasiada baja presión de 0.25 PSI, los reles quedan sin energía y suena la alarma, encendiéndose la luz de indicación de falla. La alarma sonora es alimentada por los contactos auxiliares de estos reles, al operar el interruptor S3, se para la alarma y queda la luz de indicación.

#### **4.14 Control bajo nivel de agua en el sello de cubierta**

El control de bajo nivel de agua es mostrado en el Plano Asignado N° 24. Si hay un nivel adecuado de agua en el Sello de Cubierta, el rele R35 se mantiene energizado. Al bajar el nivel de agua, el contactor R35 se queda sin energía y a través de sus contactos auxiliares se da la alarma indicando la falla.

#### **4.15 Control de alto contenido de oxígeno en el gas inerte**

Esta se muestra en el Plano Asignado N° 25. Si se diera el caso que a la salida de los ventiladores se presentara un Gas Inerte con un porcentaje mayor al 5 por ciento de oxígeno, la alarma sonora indicará la anomalía, señalando esta situación en la consola. El alto contenido de oxígeno hace que el contactor R36 a través de sus contactos auxiliares, de la indicación de la situación presentada.

#### **4.16 Control de baja presión del aire**

Este se muestra en el Plano Asignado N° 25. Siempre que se tenga la presión neumática correcta, los contactores R37 y R37A se mantendrán energizados. Si la presión del aire disminuye el contacto del presostato se abrirá y los contactos auxiliares de los contactores R37 y R37A darán la alarma y la indicación de falla respectiva.

#### **4.17 Fallas durante la operación**

Durante la operación de la planta de gas inerte y durante el proceso de recolección de los humos se suelen presentar algunas fallas que se mostraran en las Tabla N° 4.1 y 4.2, fallas con acción en la operación. En la Tabla N° 4:1 se puede observar los síntomas, causas probables y las acciones correctivas a tomar para subsanar la falla y en la Tabla N° 4.2, se presenta la causa probable, además en esta Tabla se muestra las fallas posibles y las causas probables indicando los casos en las que actúa la alarma solamente y en los casos en las que además de actuar la alarma, se produce la parada del sistema, estas tablas son importantes pues la acción a tomar en caso de presentar una falla o síntoma que indique una posibilidad de falla tiene que tomarse una acción rápida para corregirla.

**Tabla N° 4.1** Fallas durante la operación, síntomas

<b>Síntoma</b>	<b>Causa posible</b>	<b>Acción correctiva</b>
Las válvulas solenoides para aire no trabajan	La bobina está quemada La conexión eléctrica a la bobina está rota	Cambiar la bobina Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>. El voltaje de la bobina</li> <li>. El cableado</li> <li>. Contactos de reles, terminales</li> </ul>
El motor de la bomba de agua de enfriamiento no se mueve cuando es lanzado	Los fusibles están rotos El arrancador no trabaja  El rele de sobrecarga está liberado	Cambiar los fusibles Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Fusibles y control del voltaje en el arrancador</li> <li>. Los contactos de los terminales</li> <li>. Los interruptores del arrancador y el panel de control.</li> <li>. El interruptor de nivel en la torre de lavado.</li> </ul> Girar la bomba manualmente para asegurarse que no se mueve libremente. Si el movimiento es algo duro, inspeccionar las partes internas. Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Los fusibles principales cambiarlos si fuera necesario</li> <li>. Las conexiones del cable</li> </ul>
El motor del ventilador principal no se mueve cuando es lanzado	El arrancador no trabaja  Los fusibles están rotos  El rele de sobrecarga está liberado	Verificar el voltaje del arrancador  Cambiar los fusibles si fuera necesario Verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Los contactos de los terminales</li> <li>. Los interruptores del arrancador y panel de control</li> </ul> Girar el ventilador manualmente y asegurarse de que se mueve libremente. Si el movimiento es algo duro, las partes internas del ventilador deben ser inspeccionadas Drenar el ventilador.



**TABLA N° 4.2 Fallas durante la operación, causas probables**

<b>Falla o causa probable</b>	<b>Alarma Solamente</b>	<b>Alarma y Parada del sistema</b>	<b>Observar (Reparar)</b>
1.Falta de Energía		*	Fuente
2.Alta temperatura después de Torre de lavado		*	Servicio de gas inerte (caldera)
3.Baja presión de gas	*		
4.Demasiada presión de gas	*		Revisar el panel de carga (reducción de bombeo)
5.Alta temperatura de gas en ventilador		*	Servicio de operación del ventilador sobre el gas
6.Alto contenido de oxígeno	*		Comunicación con aire combustión de la caldera
7.Baja presión de torre de lavado		*	Revisar entrada de gas
8.Bajo nivel de agua en la torre de lavado	*		
9.Alto nivel de agua en la torre de lavado		*	
10.Bajo nivel de flujo en sello de cubierta	*		
11.Bajo flujo de agua en la torre de lavado	*		

## **CAPÍTULO V**

### **MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO DE LA PLANTA DE GAS INERTE**

#### **5.1 Los planos asignados a bordo**

La cantidad de planos eléctricos de control asignados a bordo, correspondiente a la planta de gas inerte, llega a 27 unidades, cuya relación se indica en el Anexo D.

El plano N° 1 nos muestra una vista general de la planta; el plano N° 2, la relación de electroválvulas que intervienen en el proceso de recolección de los humos y en el proceso de obtención del gas inerte; el plano N° 3 nos presenta una relación de interruptores manuales que se encuentran dentro de los circuitos de control incluyendo a los interruptores límite o finales de carrera; a partir del plano N° 4 se muestran propiamente los esquemas eléctricos, exceptuándose el plano N° 7 que corresponde a la simbología utilizada en estos planos asignados.

#### **5.2 Realización de los planos convencionales**

Los planos asignados en el buque presentan algunas características que no permiten la elaboración directa de los diagramas ladder y, por tanto, elaborar el plano de conexiones del PLC. Estos inconvenientes son:

- a. Los controles correspondientes a acciones remotas figuran indicadas en varios de los planos asignados, razón por la cual no hay continuidad en el seguimiento de los circuitos a fin de elaborar el respectivo diagrama ladder. Solo se indican como referencias. Ejemplo de estos son los contactos de reles y sensores.
- b. La mayoría de reles que figuran en ellos tienen la función de contactores auxiliares, y es la razón por la que van a ser reemplazados de manera virtual por la instrucción marca del PLC.
- c. En varios de los diagramas asignados se indican puntos de contacto, que pueden ser repetitivos o no, pero que están presentes en otros planos asignados. Es preciso definir el lugar exacto del plano al cual pertenecen definitivamente para elaborar el diagrama ladder correspondiente.

- d. Se da la presencia de diodos para el funcionamiento de lámparas piloto en el panel de control. Esto ya no será necesario para cada plano, sino que solamente es necesario un diodo por cada fuente, lo cual se ve reflejado de en el plano de conexiones del PLC, mostrado en el Anexo A.
- e. Existe un rele de control, que no debe ser reemplazado de manera virtual. Pues su presencia es necesario en el tablero mostrado en el plano 8, para dar paso a las diferentes configuraciones de fuentes necesarias en el sistema de control de la planta de gas inerte del buque.
- f. Para cada consola se dispone de un pulsador para verificar el correcto funcionamiento del sistema, visualizándose con lámparas piloto el correcto funcionamiento del mismo.
- g. Existen 3 niveles de tensión para alimentar a los circuitos de fuerza de los motores trifásicos, a las electroválvulas, a las alarmas sonoras y a las lámparas indicadoras.

Por lo expuesto, lo primero que hay que realizar son los planos convencionales correspondientes, los que a diferencia de los planos asignados a bordo, presentan continuidad en todos los casos y por tanto permiten realizar los diagramas ladder y estos a su vez nos permitirán realizar los esquemas de conexión de los PLC que se muestran en el Anexo A .

Como se ha indicado, los planos asignados son en total 27, de los cuales los correspondientes a los Planos N° 1, 2, 3 y 7 no presentan esquemas eléctricos. Asimismo, se consideró en la presente propuesta no incluir dentro de los cambios al plano N° 8 que corresponde a la Distribución de Energía para el anunciador de alarmas, el indicador de temperatura, el indicador de contenido de oxígeno, controles de temperatura del gas inerte a la salida de los ventiladores tanto de estribor como de babor y los transductores de presión. De igual forma se ha procedido con el plano N° 27 que corresponde a la verificación del funcionamiento del proceso en las diferentes consolas: de la sala de máquinas, del panel de cargas y del puente de gobierno.

Los demás planos asignados fueron pasados a planos convencionales, los cuales se muestran en el Anexo C.

Se ha creído conveniente conservar en cada caso la misma numeración de los planos asignados, en los demás planos, para un fácil seguimiento e identificación de cada uno de los componentes que se encuentran en cada uno de estos. Esta claro que con las salvedades indicadas de los cambios que se presentaron al pasar de los planos asignados a los planos

convencionales, esto es pulsadores dobles que están instalados en diferentes planos asignados, y lámparas piloto y remotas.

Algo importante para elaborar la lista de ordenamiento es que se ha tenido que considerar el plano asignado N° 4, como dos planos: plano N° 4A y plano N° 4B, ya que se encontró que solo este plano asignado, hacía referencia a los ventiladores de estribor y de babor. Como sabemos, cada motor de ventilador debe tener su propio arrancador (esto se muestra como algo adicional dentro de los Planos Asignados en el Anexo D. Lógicamente, esto tuvo que considerarse para la elaboración de los planos convencionales.

En la elaboración de los planos convencionales se ha identificado exactamente a cada rele de los Planos Asignados. Si bien en el plano asignado pueden figurar dos bobinas de reles con el mismo código de identificación, en el plano convencional figura solamente uno. Esto se hace pues para el caso de elaborar su correspondiente diagrama ladder, no es necesario tomar en cuenta si están en paralelo dos o mas bobinas de reles.

A los contactores de fuerza, se empezó precisamente numerándolos a partir de estos (K1M, K2M, K3M, K4M, K5M y K6M), y a partir de estos recién empieza la numeración de los contactores auxiliares (K7A, K8A, K9A y así sucesivamente hasta el K45A).

Posteriormente, después de realizada está identificación, se identifico a cada contacto de cada plano asignado, colocándole el nombre según el plano convencional, en concordancia con el plano asignado. Luego se procedió a identificar todos los temporizadores (T1, T2 y T3), identificando si son temporizados al trabajo o al reposo y luego se procedió a señalar los contactos que estos gobiernan.

Se continuó con la identificación de las electroválvulas que participan dentro del proceso nombrándolas como: EVA, EVB, EVC, EVD y EVE, los mismos que participan en la apertura de las compuertas.

Se nombró a las señalizaciones sonoras como P1, P2 y P3, y a las lámparas que se encontraban en todos los planos asignados, como: H1, H2, H3, y así sucesivamente, hasta la H56. Hay que indicar aquí que aun cuando se encontraban físicamente dos lámparas en paralelo, en los esquemas se ha representado como si fuera una sola. En la referencia de la Tabla N° 5.1 mostrado al final de este capítulo, se indica si son dos lámparas en paralelo.

A los contactos normalmente cerrados de los reles térmicos y a los fusibles se les denominó como: F1, F2, F3, y así sucesivamente en el orden en que aparecían en los planos, lógicamente para su identificación.

A los interruptores, fines de carrera, contacto de los sensores de temperatura, presión y

nivel de flujo, se les nombró como S1, S2, S3, y así sucesivamente en el orden en que aparecían en los planos.

Por último se nombró a los pulsadores con la letra p minúscula seguida de un número tales como: p1, p2, p3, y así sucesivamente.

### **5.3 Elaboración de los diagramas ladder**

Los planos convencionales, del Anexo C, a diferencia de los planos asignados, presentan continuidad en todos sus componentes en ellos están identificados las líneas de alimentación para los circuitos de control, lo que permite la elaboración directa de los diagramas ladder. En los diagramas ladder no se toma en cuenta los niveles de tensión de los circuitos mostrados en los planos asignados. Los diagramas ladder de los diferentes esquemas presentados en los diagramas convencionales pueden sucederse una tras una sin que se tenga que tener presente el nivel de tensión de las bobinas, lámparas, electroválvulas, reles o contactores principales. [6]

A fin de facilitar el seguimiento, se ha creído conveniente ubicar dentro de un cuadro de líneas a trazos, los renglones que corresponden a cada esquema convencional, indicando a continuación el número del plano asignado del cual proviene.

Habría que hacer hincapié que algunos planos han incrementado su tamaño debido a que los mandos remotos, esos que en los planos asignados se veían como si estuvieran flotando, han sido adicionados en los correspondientes planos convencionales, y en otros casos se han simplificado, porque estos mandos remotos ya no se consideran en ellos.

Para el caso se han pasado uno a uno cada componente y se ha encontrado como se puede ver en los diagramas ladder que en algunos casos el plano elaborado cubre hasta tres planos convencionales provenientes de los planos asignados a bordo. Esto de por sí ya es una simplificación en el trazado de los planos.

Los diagramas ladder elaborados a partir de los planos convencionales, dado que presentan la misma lógica que los planos asignados a bordo, son desde ya el programa a elaborar para el Controlador Lógico Programable que ha de controlar el proceso de obtención y distribución del gas inerte a los diferentes tanques de a bordo.

El hecho de mantener la numeración de los planos asignados en el desarrollo de los planos ladder permitiría una fácil preparación del personal a operar los equipos, esto dado a que prácticamente las operaciones y los puntos de accionamiento son los mismos que se encontraban inicialmente, con la salvedad que presentan mayor simpleza y fiabilidad en tanto en su conexión como en su operación.

#### 5.4 Selección del PLC y los módulos de expansión

Las configuraciones existentes en los PLC's son compactas y modulares, los compactos reúnen en el poco espacio de su construcción la estructura básica del hardware de un controlador programable, tales como la fuente de alimentación, la CPU, la memoria y las interfases de E/S, pero su uso radica en aplicaciones simples, en el caso de los modulares, estos se caracterizan por su modularidad, esto es, que pueden ser armados de acuerdo a las necesidades, lográndose una mayor flexibilidad. Existe también la configuración compacto-modular que está constituida básicamente por un PLC compacto con expansiones de E/S discretas o análogas, módulos inteligentes, etc. El uso de las expansiones se debe a que la unidad básica que contiene a la CPU está diseñada generalmente con pocas E/S, de modo que, cuando la aplicación a automatizar contiene muchos captadores y actuadores, es necesario ampliar el controlador utilizando solamente módulos de E/S gobernados por la misma CPU.

Para la selección del PLC se ha considerado el siguiente cuadro comparativo:

**Tabla 5.1** Valores comparativos de 4 marcas de PLCs en configuración compacta

Marca	País	Serie	Capacidad de Memoria (Kb)	SCAN TIME* (ms/Kb)
Siemens (Simatic)	Alemania	S7-200	4	0,8
		S5-95U	16	2
		S5-90U	4	2
		TI 305	0,7	43
Klokner Moeller		SUCOS PS3	3,6	5
Allen Bradley	USA	SLC-100	1,77	15
		SLC-500	1	10
Telemecanique	Francés	TSX07		6
		TSX17-10	8	5
		TSX17-20	24	12

\* Tiempo de ejecución en promedio para 1K de instrucciones de aproximadamente 65% de operaciones binarias y 35% de operaciones tipo palabra.

Como se puede observar el scan time del PLC serie S7 200 de Siemens presenta un tiempo de ejecución mucho más rápido que el de las otras marcas, además el hecho de presentarse dentro del control eléctrico de la planta de gas inerte, varias tensiones (440V, 220V y 24V) y el hecho que dentro de los planos asignados se observa, tensiones de 24V

pero provenientes de distintas fuentes, lo que se requiere es una configuración compacta modular. Por lo expuesto, para la realización de los conexionados físicos al PLC se ha considerado el PLC S7 200 de la marca Siemens por adecuarse mejor al trabajo a realizar.

En este caso como PLC principal se ha considerado el modelo S7 200 CPU 224 de 14 entradas y 10 salidas a rele, junto a 3 módulos de expansión que se indican a continuación:

- El Modelo EM 223 GES7 223 – 1PH22 – 0XA0 de 8 entradas y 8 salidas rele de 24VDC de alimentación.
- El Modelo EM 223 GES7 223 – 1PM22 – 0XA0 de 32 entradas y 32 salidas digitales de 24VDC de alimentación.
- El Modelo EM 223 GES7 223 – 1BM22 – 0XA0 de 32 entradas y 32 salidas digitales de 24VDC de alimentación.

Los equipos seleccionados cubren en este caso el paso de la tecnología existente a un control basado en controladores lógicos programables. Esto puede corroborarse al observar los Esquemas de Conexiones en el PLC del Anexo A. En el PLC principal se han transferido las salidas de 220 V 60Hz que corresponden a las electroválvulas (que son 6) y a las alarmas sonoras (que son 4), los cuales ocupan todas las salidas correspondientes al PLC seleccionado, sujetas a 220 V 60 Hz, con señales de entrada de 24VDC.

Los contactores principales que son 6, junto con 4 señalizaciones luminosas de 220 V 60Hz, se han considerado en el primer módulo de expansión seleccionado, que en este caso como se puede ver en los esquemas de conexionado también ocupan todas las salidas de este módulo seleccionado. Dentro de los contactores se ha considerado el cambio de los contactores de fuerza que accionan los ventiladores en los cuales la tensión de la bobina pasa de 440V a 220V.

El segundo módulo de expansión seleccionado cubre totalmente los dos grupos de lámparas indicadoras correspondientes a las líneas C-D obtenidos de los planos asignados.

El tercer módulo de expansión seleccionado permite el conexionado de tres grupos de lámparas indicadoras. Conectadas a la línea C-D están un grupo de 6, del tipo correspondiente al módulo de expansión anterior. Otro grupo de lámparas indicadoras, también 6 en este caso, están conectadas a la línea C-G. Por último un tercer grupo de 6 lámparas indicadoras están conectadas a la línea C-M. En este último módulo de expansión se observa que hay 13 salidas libres los cuales podrían ser utilizados a futuro, cuando se requiera realizar algunas modificaciones. La elección de los módulos de expansión se basa principalmente por la elección de salidas agrupadas que han de poseer



los módulos para conectar los diferentes grupos de lámparas indicadoras a diferentes líneas de alimentación.

En cuanto a las entradas, no se precisa nada especial, pues todas las entradas están conectadas a la tensión de 24V DC.

### 5.5 Estimación presupuestal y tiempo de ejecución

Esta parte esta dirigida a indicar los costos referenciales para la realización del cambio propuesto, de pasar de la tecnología existente a un control a base de PLC's. Hay que considerar que además del PLC principal el que lleva el CPU, y de los tres módulos de expansión hay materiales, equipos, trabajo y estudios de ingeniería así como mano de obra.

En lo que corresponde al cableado a utilizar, se mantiene el de fuerza. Lo correspondiente a los dispositivos, se van a utilizar los mismos aparatos de maniobra y protección (reles térmicos, pulsadores, interruptores, contactos fines de carrera, termostato, presostatos, porque a pesar de sus uso se mantienen en buen estado y se considera que permanezcan en su posición, sin embargo, todos los reles auxiliares serían retirados y la función que realizan pasaría a ser virtual. Los ductos y canaletas a utilizar son los que se encuentran instalados, ya que son de metal de buena calidad. Lo que corresponde a la cablería a utilizar, se tendría los que conformaran las fuentes de alimentación uno que es de 220V (10) que son de 24V en corriente continua, y los que corresponden a los captadores (58) y a los actuadores (69) para estos dos últimos se considera el mismo tipo de cable. La ubicación del gabinete donde se alojarían el PLC principal y los tres módulos de expansión sería la sala de máquinas, ahí también se encuentra puntos de accionamiento tanto como en el puente de mando y zona de carga.

La siguiente Tabla N° 5.2, nos muestra los costos referenciales.

**Tabla N° 5.2** Estimación de costos referenciales

<b>Costos estimados incluyendo el I.G.V. (Precios en dólares USA)</b>				
<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b>01</b>	<b>PLC S7 200</b> marca Siemens	01	<b>507.35</b>	<b>507.35</b>
<b>02</b>	<b>Módulo de expansión</b> Modelo EM 223 GES7 223 – 1PH22 – 0XA0	01	<b>804.90</b>	<b>804.90</b>
<b>03</b>	<b>Módulo de expansión</b> Modelo EM 223 GES7 223 – 1PM22 – 0XA0	01	<b>772.40</b>	<b>772.40</b>



04	<b>Módulo de expansión</b> Modelo EM 223 GES7 223 – 1BM22 – 0XA0	01	<b>647.17</b>	<b>647.17</b>
05	Riel DIN de 2000 mm	01	<b>18.6</b>	<b>18.6</b>
07	Cuadro de 800 x 600 x 250 mm	01	<b>197.20</b>	<b>197.20</b>
08	Canaletas de 40 x 60 x 1 mt.	30	<b>8.00</b>	<b>240.00</b>
09	Terminal horquilla 1/8" en U 16 – 14 AWG x 100	04	<b>12.60</b>	<b>50.40</b>
10	Rollo Cable THN 14 AWG X 100 m	03	<b>38.60</b>	<b>115.8</b>
11	Rollo cable THW 16 AWG	30	<b>34.80</b>	<b>1044.00</b>
12	Cintillos de sujeción x 100	03	<b>13.4</b>	<b>40.20</b>
14	Contactores de 90A	02	<b>235.75</b>	<b>471.50</b>
15	Rele térmico de 90A	02	<b>118.20</b>	<b>236.40</b>
16	Diodos de silicio de 5A	08	<b>3.8</b>	<b>30.4</b>
<b>Total</b>				<b>5176.32</b>

Adicional a esto se considera por estudio y elaboración de planos 1800.00 dólares USA y por costos de adecuación y instalación la suma de 2640.00 dólares Americanos.  
COSTO TOTAL = 9616.32 dólares USA.

### Tiempo de ejecución

En la tabla 5.2 Diagrama de tiempos, se muestra en forma aproximada el tiempo requerido para la implementación del sistema sugerido.

**Tabla N° 5.3 Diagrama de tiempos**

N°	Actividad	Meses			
		1	2	3	4
01	Estudio del Sistema (*)				
02	Elaboración de planos (*)				
03	Adquisición de equipos y materiales				
04	Adecuación de las instalaciones				
05	Instalación de equipos				
06	Pruebas				
07	Capacitación del personal				

\* Lo concerniente a estos puntos ya han sido realizados en el presente trabajo.

## 5.6 Esquemas de conexiones en el PLC

Según la Lista de Ordenamiento, Tablas N° 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 de conexionados en el PLC, donde se precisa el nivel de tensión de los actuadores (bobinas, lámparas indicadoras, solenoides y alarmas sonoras), y de acuerdo a la cantidad de ellos, se opta por conectarlas en grupos adecuadamente, respetando su nivel de tensión y el tipo de línea al cual esta conectado, según el plano asignado respectivo.

Las tablas de símbolos mostrados anteriormente, vinculan los planos asignados, los planos convencionales y los diagramas ladder a estos esquemas de conexión. Debe existir coherencia en la instalación del PLC en lo tocante a los actuadores, más que a los captadores, en las tablas se muestran los conexionados respetivos al CPU principal y a los módulos de expansión seleccionados.

**TABLA N° 5.4 Conexionados en el PLC**

<b>SALIDAS EN EL PLC PRINCIPAL A 220V 60Hz</b>		
<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>K1M</b>	Motor ventilador estribor	<b>Q0.0</b>
<b>K2M</b>	Bobina Rele de térmico de ventilador estribor	<b>Q0.1</b>
<b>K3M</b>	Motor ventilador babor	<b>Q0.2</b>
<b>K4M</b>	Rele de térmico de ventilador babor	<b>Q0.3</b>
<b>K5M</b>	Motor bomba agua salada de torre de lavado	<b>Q0.4</b>
<b>K6M</b>	Motor bomba agua salada de sellos de cubierta	<b>Q0.5</b>
<b>H1</b>	Lámpara indicadora de ventilador estribor	<b>Q0.6</b>
<b>H2</b>	Piloto indicador de térmico ventilador estribor	<b>Q0.7</b>
<b>H3</b>	Lámpara indicadora de térmico ventilador babor	<b>Q1.1</b>
<b>H4</b>	Piloto indicador de térmico ventilador babor	<b>Q1.2</b>
<b>ENTRADAS EN EL PLC PRINCIPAL</b>		
<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>f2</b>	Contacto cerrado de térmico de ventilador estribor	<b>I0.0</b>
<b>p1</b>	Pulsador NC parada ventilador estribor	<b>I0.1</b>
<b>p2</b>	Pulsador NA arranque ventilador estribor	<b>I0.2</b>
<b>p17</b>	Pulsador NC parada ventilador estribor remoto	<b>I0.3</b>
<b>p18</b>	Pulsador NA arranque ventilador estribor remoto	<b>I0.4</b>

<b>f4</b>	Contacto cerrado de térmico de ventilador babor	<b>I0.5</b>
<b>p3</b>	Pulsador NC parada ventilador babor	<b>I0.6</b>
<b>p4</b>	Pulsador NA arranque ventilador babor	<b>I0.7</b>
<b>p19</b>	Pulsador NC parada ventilador babor remoto	<b>I1.0</b>
<b>p20</b>	Pulsador NA arranque ventilador babor remoto	<b>I1.1</b>
<b>f6</b>	Contacto cerrado de térmico bomba torre lavado	<b>I1.2</b>
<b>p5</b>	Pulsador NC parada bomba torre lavado	<b>I1.3</b>
<b>p6</b>	Pulsador NA arranque bomba torre lavado	<b>I1.4</b>
<b>p9</b>	Pulsador NA arranque bomba torre lavado remoto	<b>I1.5</b>

**TABLA N° 5.5 Conexionados en el PLC**

<b>SALIDAS EN EL MÓDULO DE EXPANSIÓN N° 1 220V 60Hz</b>		
<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>EVA</b>	Electroválvula apertura válvula caldera auxiliar	<b>Q2.0</b>
<b>EVB</b>	Electroválvula apertura válvula caldera principal	<b>Q2.1</b>
<b>EVC</b>	Electroválvula apertura válvula de aislamiento Er	<b>Q2.2</b>
<b>EVD</b>	Electroválvula apertura válvula de aislamiento Br	<b>Q2.3</b>
<b>EVE</b>	Electroválvula apertura válvula de descarga	<b>Q2.4</b>
<b>P1</b>	Alarma de fallas comunes	<b>Q2.5</b>
<b>P2</b>	Alarma repetidora consola de carga	<b>Q2.6</b>
<b>P3</b>	Alarma repetidora consola de puente	<b>Q2.7</b>
<b>ENTRADAS EN EL MÓDULO DE EXPANSIÓN N° 1 220V 60Hz</b>		
<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>p10</b>	Pulsador arranque bomba torre de lavado remoto	<b>I2.0</b>
<b>f8</b>	Contacto térmico motor sello cubierta	<b>I2.1</b>
<b>p7</b>	Pulsador parada bomba sello cubierta remoto	<b>I2.2</b>
<b>p8</b>	Pulsador de arranque bomba sello cubierta remoto	<b>I2.3</b>
<b>p11</b>	Pulsador parada bomba de sello cubierta remoto	<b>I2.4</b>
<b>p12</b>	Pulsador arranque bomba de sello cubierta remoto	<b>I2.5</b>
<b>S1</b>	Contacto abierto marcha soplador de hollín estribor	<b>I2.6</b>
<b>S2</b>	Contacto abierto marcha soplador de hollín babor	<b>I2.7</b>

TABLA N° 5.6 Conexiones en el PLC

<b>SALIDAS EN EL MÓDULO DE EXPANSIÓN N° 2</b>		
<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>H6</b>	Lámpara indicadora bomba de torre lavado en stop	<b>Q3.0</b>
<b>H7</b>	Lámpara indicadora bomba de torre lavado en start	<b>Q3.1</b>
<b>H8</b>	Lámpara indicadora bomba de sello en stop	<b>Q3.2</b>
<b>H9</b>	Lámpara indicadora bomba de sello en start	<b>Q3.3</b>
<b>H10</b>	Lámpara indicadora de soplador de hollín stop	<b>Q3.4</b>
<b>H11</b>	Lámpara indicadora de soplador de hollín start	<b>Q3.5</b>
<b>H12</b>	Lámpara indicadora toma gases caldera aux. stop	<b>Q3.6</b>
<b>H13</b>	Lámpara indicadora toma gases caldera aux.start	<b>Q3.7</b>
<b>H14</b>	Lámpara indicadora toma gases caldera princ. stop	<b>Q4.0</b>
<b>H15</b>	Lámpara indicadora toma gases caldera princ..start	<b>Q4.1</b>
<b>H16</b>	Lámpara indicadora arranque ventilador estribor	<b>Q4.2</b>
<b>H17</b>	Lámpara indicadora parada ventilador estribor	<b>Q4.3</b>
<b>H18</b>	Lámpara indicadora parada falla ventilador estribor	<b>Q4.4</b>
<b>H19</b>	Lámpara indicadora apertura valv. aislamiento Er	<b>Q4.5</b>
<b>H20</b>	Lámpara indicadora cerrada valv. aislamiento Er	<b>Q4.6</b>
<b>H21</b>	Lámpara indicadora ventilador babor Stara	<b>Q4.7</b>
<b>H22</b>	Lámpara indicadora ventilador babor stop	<b>Q5.0</b>
<b>H23</b>	Lámpara indicadora ventilador babor stop por falla	<b>Q5.1</b>
<b>H24</b>	Lámpara indicadora apertura valv. aislamiento Br	<b>Q5.2</b>
<b>H25</b>	Lámpara indicadora cerrada valv. aislamiento Br	<b>Q5.3</b>
<b>H26</b>	Lámpara indicadora válvula de descarga cerrada	<b>Q5.4</b>
<b>H29</b>	Lámpara indicadora válvula de descarga abierta	<b>Q5.5</b>
<b>H30</b>	Lámpara indicadora válvula aire fresco on	<b>Q5.6</b>
<b>H31</b>	Lámpara indicadora válvula aire fresco abierta	<b>Q5.7</b>
<b>H32</b>	Lámpara indicadora válvula aire fresco cerrada	<b>Q6.0</b>
<b>H33</b>	Lámpara indicadora contacto abierto alto nivel TL	<b>Q6.1</b>
<b>H34</b>	Lámpara indicadora alto nivel de agua	<b>Q6.2</b>
<b>H35</b>	Lámpara indicadora presión de agua torre lavado	<b>Q6.3</b>
<b>H36</b>	Lámpara indicadora bajo flujo de agua torre lavado	<b>Q6.4</b>
<b>H37</b>	Lámpara indic. alta temper. gas inerte después TL	<b>Q6.5</b>
<b>H38</b>	Lámp. indic. alta temper. gas inerte ventilador Er	<b>Q6.6</b>
<b>H39</b>	Lámp. indic. alta temper. gas inerte ventilador Br	<b>Q6.7</b>

**ENTRADAS EN EL MÓDULO DE EXPANSIÓN N° 2**

<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>p13</b>	Pulsador toma gases caldera auxiliar stop	I3.0
<b>p14</b>	Pulsador toma gases caldera auxiliar start	I3.1
<b>S3</b>	Contac fin de carrera NC toma gases Caldera Aux.	I3.2
<b>S4</b>	Contac fin de carrera NA toma gases Caldera Aux.	I3.3
<b>p5</b>	Pulsador cierre Valv toma gases Caldera ppal	I3.4
<b>p16</b>	Pulsador apertura Valv toma gases Caldera ppal	I3.5
<b>S5</b>	Contac fin carrer NC Valv toma gas inerte cald Er	I3.6
<b>S6</b>	Contac fin carrer NA Valv toma gas inerte cald Er	I3.7
<b>S7</b>	Contac fin carrer NC Valv toma gas inerte cald Er	I4.0
<b>S8</b>	Contac fin carrer NC Válvula descarga vent Er	I4.1
<b>S9</b>	Contac fin carrer NAVálvula descarga vent Br	I4.2
<b>S10</b>	Contac fin carrer NAVálvula descarga vent Er	I4.3
<b>S11</b>	Contac fin carrer NCVálvula toma gas vent Br	I4.4
<b>S12</b>	Contac fin carrer NCVálvula descarga vent Br	I4.5
<b>S13</b>	Contac fin carrer NAVálvula toma gas vent Br	I4.6
<b>S14</b>	Contac fin carrer NA Válvula descarga vent Br	I4.7
<b>p21</b>	Pulsador cierre válvula de descarga	I5.0
<b>p22</b>	Pulsador apertura válvula de descarga	I5.1
<b>S15</b>	Interruptor accionado con llave de seguridad	I5.2
<b>S16</b>	Contac fin carrer apertura aire fresco	I5.3
<b>S17</b>	Contac fin carrer cierre aire fresco	I5.4
<b>S18</b>	Contacto abierto bajo nivel en torre de lavado	I5.5
<b>S19</b>	Contacto abierto bajo nivel en torre de lavado	I5.6
<b>S20</b>	Contacto abierto bajo presión agua torre de lavado	I5.7
<b>S21</b>	Contacto abierto bajo nivel agua torre de lavado	I6.0
<b>S22</b>	Contacto abierto alta temp gas inerte desp	I6.1
<b>S23</b>	Contacto abierto alta temp gas inerte desp Vent Er	I6.2
<b>S24</b>	Contacto abierto alta temp gas inerte desp Vent Er	I6.3
<b>S25</b>	Contacto abierto bajo presión	I6.4
<b>S26</b>	Contacto abierto en demasiada baja presión	I6.5
<b>S27</b>	Contacto abierto bajo flujo agua sello de cubierta	I6.6
<b>S28</b>	Contacto abierto bajo nivel flujo agua sello cubierta	I6.7



TABLA N° 5.7 Conexionados en el PLC

<b>SALIDAS EN EL MÓDULO DE EXPANSIÓN N° 3</b>		
<b>CONECTADOS EN CD</b>		
<b>SÍMBOLO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>OPERANDO</b>
<b>H40</b>	Lámpara indicadora B.P. consola máquinas	<b>Q7.0</b>
<b>H43</b>	Lámp indicador demasiada B.P. consola máquinas	<b>Q7.1</b>
<b>H46</b>	Lamp. indicador bajo flujo agua sello de cubierta	<b>Q7.2</b>
<b>H48</b>	Lamp. indicador bajo flujo agua sello de cubierta	<b>Q7.3</b>
<b>H50</b>	Lamp indicador bajo flujo agua sello de cubierta	<b>Q7.4</b>
<b>H52</b>	Lamp indicador baja presión de aire	<b>Q7.5</b>
<b>CONECTADOS EN CG</b>		
<b>H27</b>	Lámpara indicadora cierre válvula carga G.I.	<b>Q8.3</b>
<b>H28</b>	Lámpara indicadora apertura válvula carga G.I.	<b>Q8.4</b>
<b>H41</b>	Lámpara indicadora baja presión consola de carga	<b>Q8.5</b>
<b>H44</b>	Lámp.Indic.Demas.B.P. baja presión consola carga	<b>Q8.6</b>
<b>H51</b>	Lámpara indicadora alto cont. O <sub>2</sub> consola puente	<b>Q8.7</b>
<b>H53</b>	Lámpara indicadora fallas comunes consola máq.	<b>Q9.0</b>
<b>H55</b>	Lámp. Indic. Desconex. alarma sonora cons. carga	<b>Q9.1</b>
<b>CONECTADOS EN CM</b>		
<b>H42</b>	Lámpara Indica. B.P. consola puente	<b>Q9.6</b>
<b>H45</b>	Lámpara indicadora demás B.P. consola puente	<b>Q9.7</b>
<b>H47</b>	Lámp. Indicadora bajo flujo sello consola puente	<b>Q10.0</b>
<b>H49</b>	Lámpara indicadora bajo nivel de agua sello	<b>Q10.1</b>
<b>H54</b>	Lámpara indicadora falla común consola puente	<b>Q10.2</b>
<b>H56</b>	Lámp.Indic.desconex.Alarm. sonora cons. puente	<b>Q10.3</b>
<b>SALIDAS EN EL MÓDULO DE EXPANSIÓN N° 3</b>		
<b>S29</b>	Contacto abierto alto contenido O <sub>2</sub>	<b>I7.0</b>
<b>S30</b>	Contacto abierto baja presión aire	<b>I7.1</b>
<b>S31</b>	Conmut. cancelación alarma sonora panel carga	<b>I7.2</b>
<b>S32</b>	Conmut. cancelación alarma sonora panel puente	<b>I7.3</b>

\* Los símbolos que van de H6 a H17, de H19 a H22, de H24 a H32 y H55 y H56, representan grupos de dos lámparas

## CONCLUSIONES

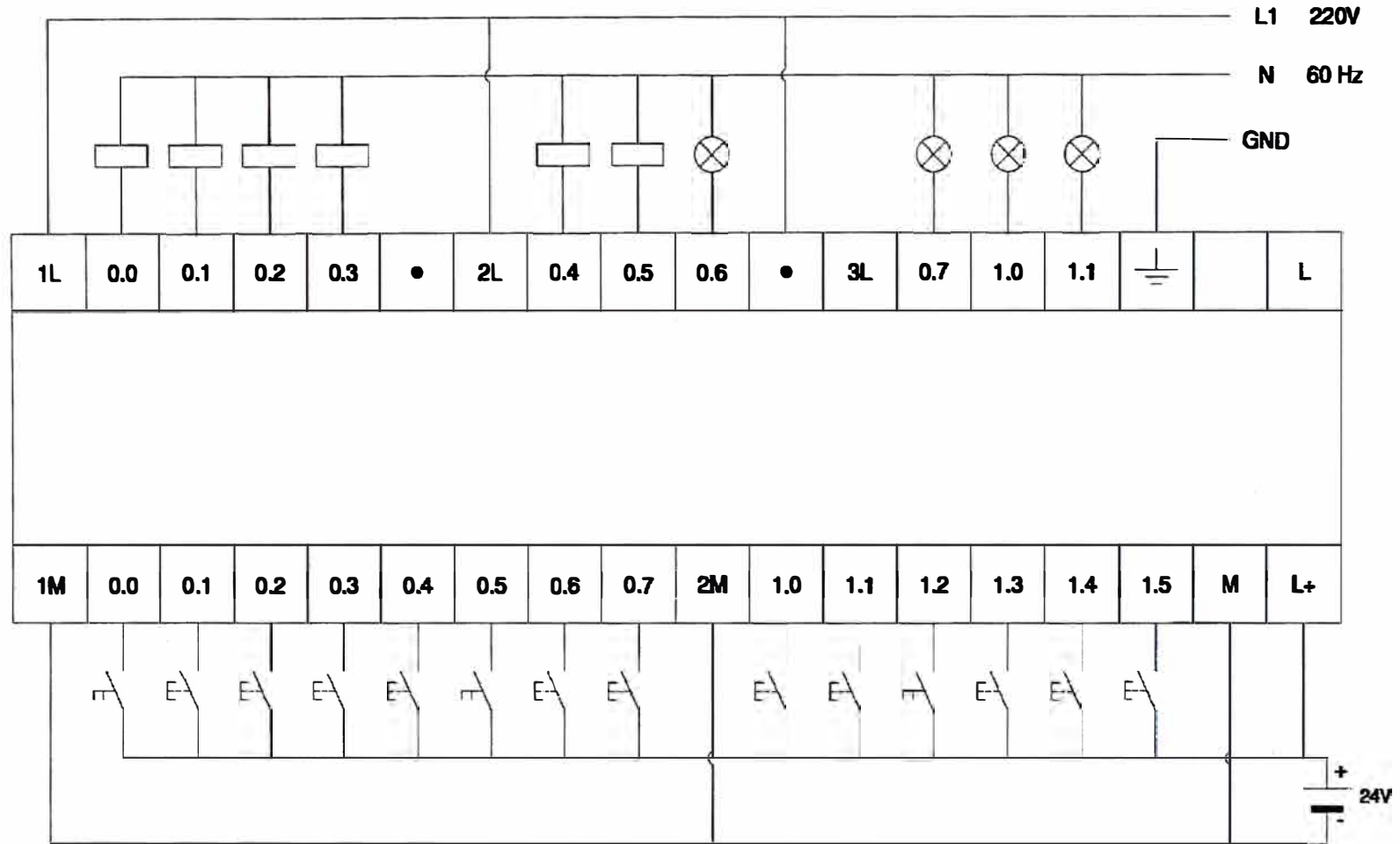
1. Lo primero que se puede observar al reemplazar el sistema de control basado en una tecnología de relés, por uno basado en PLC, es que prácticamente todos los relés ubicados en los esquemas de control, pasan a ser virtuales con el consiguiente ahorro de los relés físicos, los cuales al estar discontinuados presentan un gran problema cuando se requiere cambiarlos, esto ya estaría superado, esto también sucede con los relés temporizados que se encuentran en el sistema de control.
2. La instalación resultante sería mucho más simple, ocuparía menos espacio, es más fiable, esto por lo indicado en el punto 1. ya que tienen menos componentes.
3. En cuanto al modo de operación de la planta de gas inerte por parte del personal de a bordo, este no representaría mayor complejidad dado que para el caso se respeta los puntos de puesta en operación de la planta, lo cual permitiría en lo que se refiere a la preparación que se daría al personal para el manejo de la nueva tecnología a bordo una comprensión rápida.
4. Los planos asignados a bordo presentan cierta dificultad de interpretación, esto debido a que los controles que corresponden a acciones remotas, dejan algunos espacios discontinuados en los planos, además que en los en las que se presentan las conexiones que correspondan estas se encuentran prácticamente flotando en el aire, al realizar los planos convencionales a partir de estos se ha trasladado estas partes a las zonas donde están conectadas, presentando por tanto los planos convencionales, continuidad y permitiendo la realización de los planos ladder correspondientes.
5. La dirección de las salidas y entradas depende del plano de conexiones y el resumen esta en el plano de ordenamiento allí figura símbolo y dirección de entradas y salidas.

## **ANEXOS**



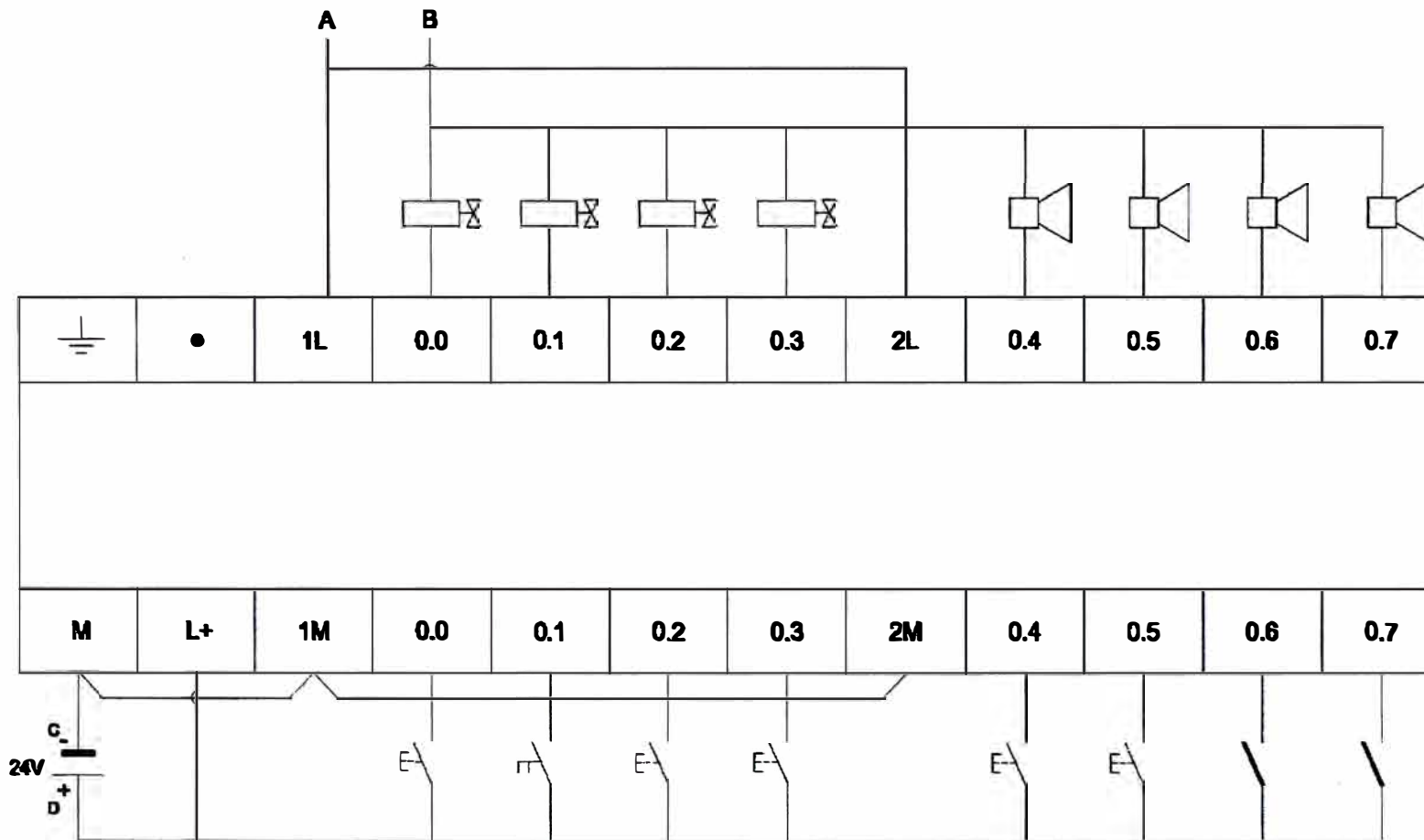
**ANEXO A**  
**PLANOS DE CONEXIONADOS EN EL PLC**

**S7 200 CPU 224 – 14 ENTRADAS 10 SALIDAS RELE**



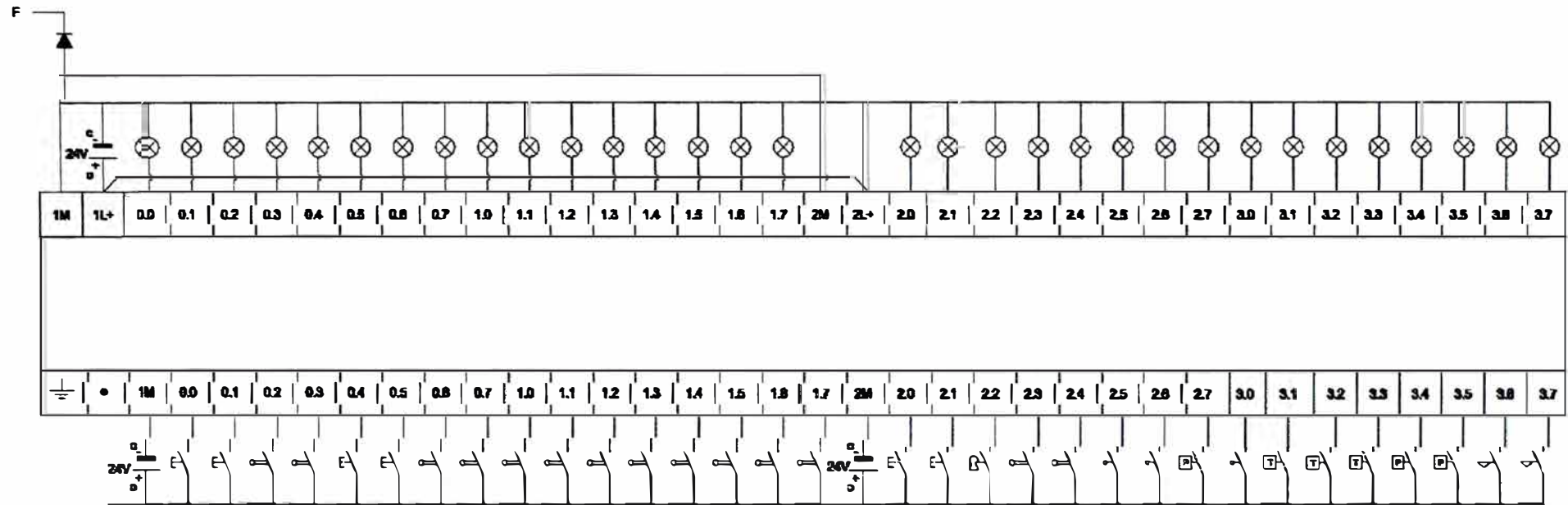
**Figura 5.1** Esquema de conexionado en el PLC principal

**MOD. EM 223 GES7 223 – IPH 22 0XA0 8 ENTRADAS 8 SALIDAS RELE ALIMENTACIÓN 24VDC  
ELECTROVÁLVULAS Y ALARMAS SONORAS (SALIDAS)**



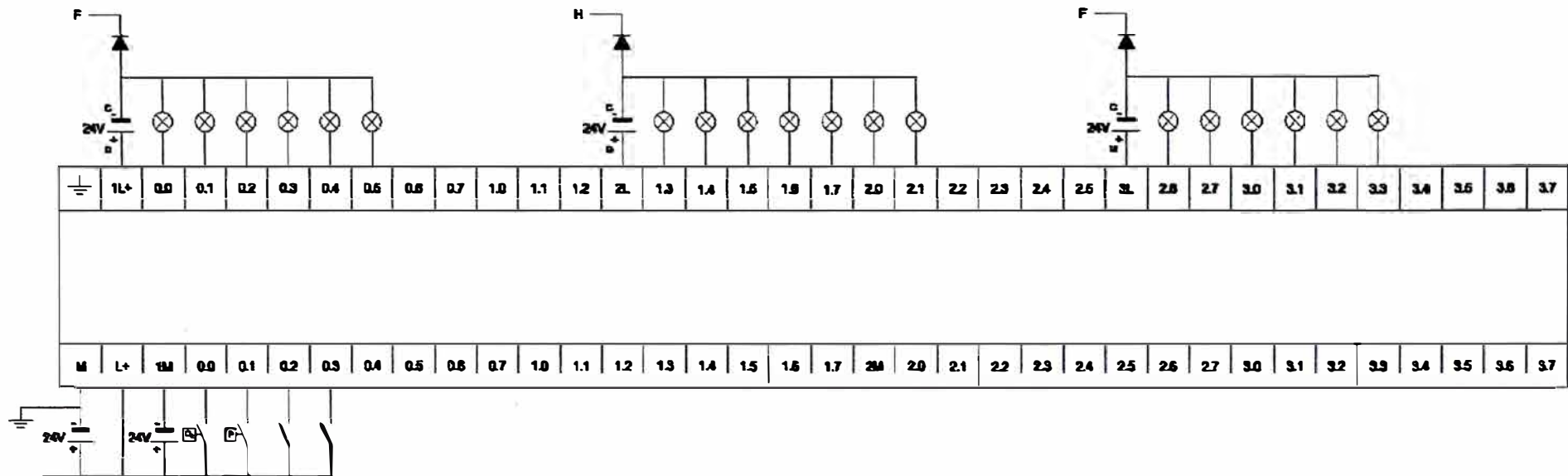
**Figura 5.2** Esquema de conexionado en el módulo de expansión N° 1

**MODELO EM 223 GES7 223 – IPM22 0XA0 32 ENTRADAS 32 SALIDAS DIGITALES ALIMENTACIÓN 24VDC**



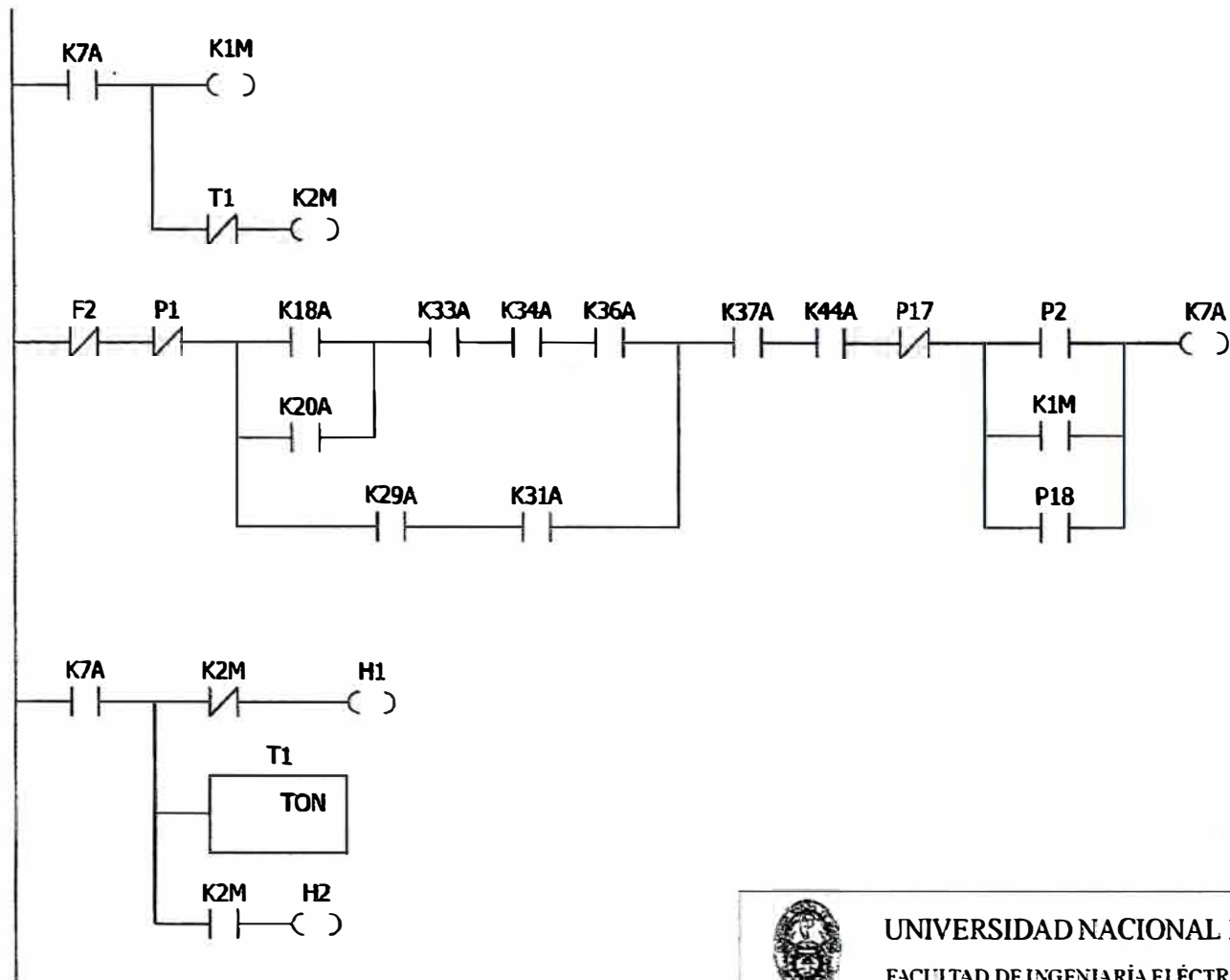
**Figura 5.3** Esquema de conexionado módulo de expansión N° 2

**MODELO EM 223 GES7 223 – IPM22 0XA0 32 ENTRADAS 32 SALIDAS DIGITALES ALIMENTACIÓN 24VDC**



**Figura 5.4** Esquema de conexionado módulo de expansión N° 3

**ANEXO B**  
**PLANOS LADDER REALIZADOS**

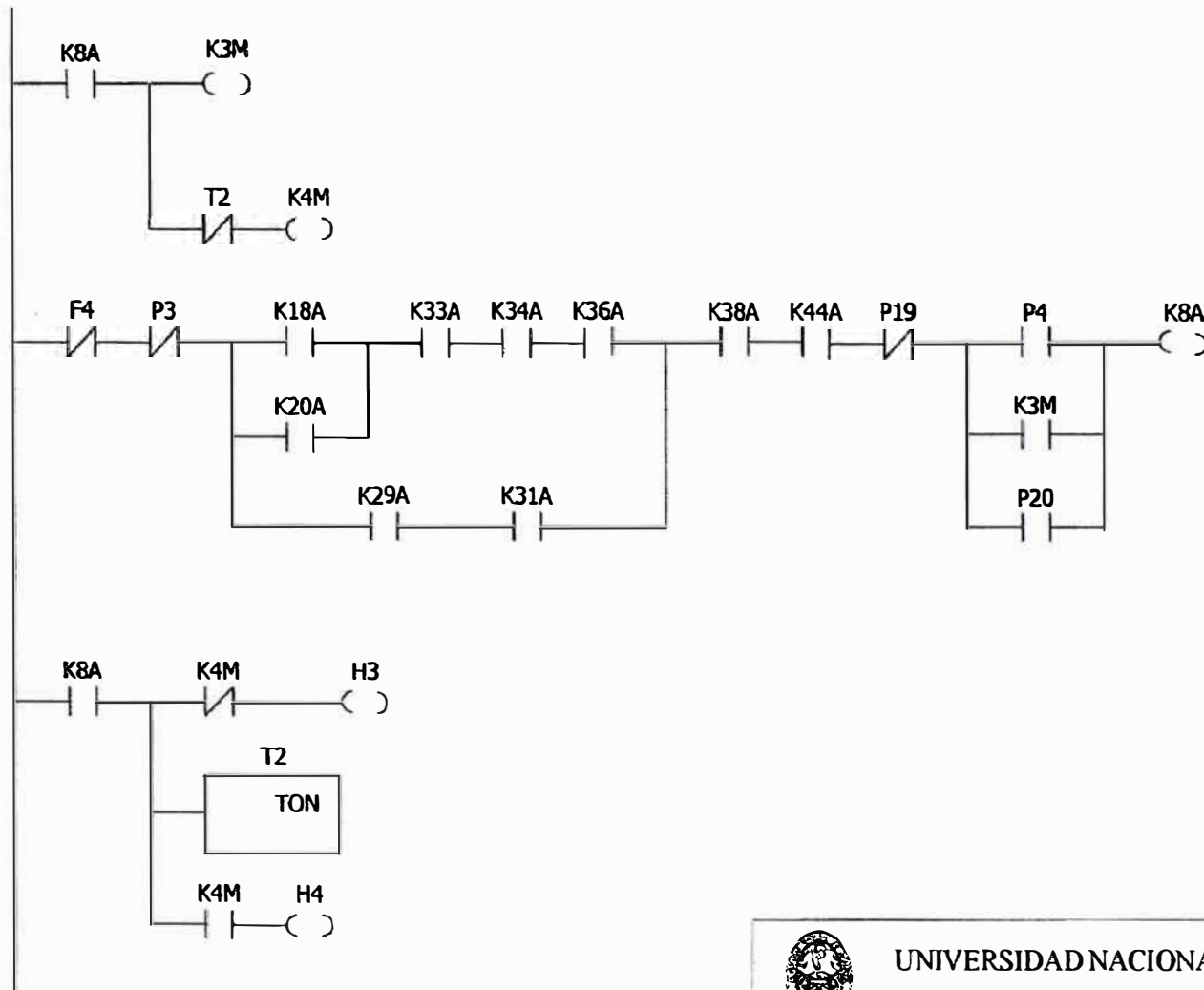


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

LADDER

PLANO: 4A



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera

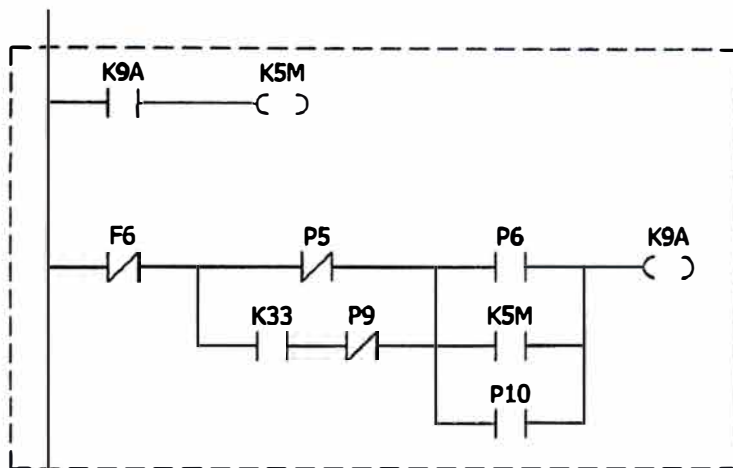
REVISIÓN: J. Mera

FECHA: ENE - 2010

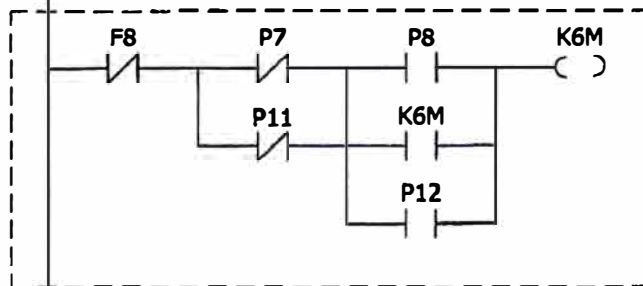
LADDER

PLANO: 4B

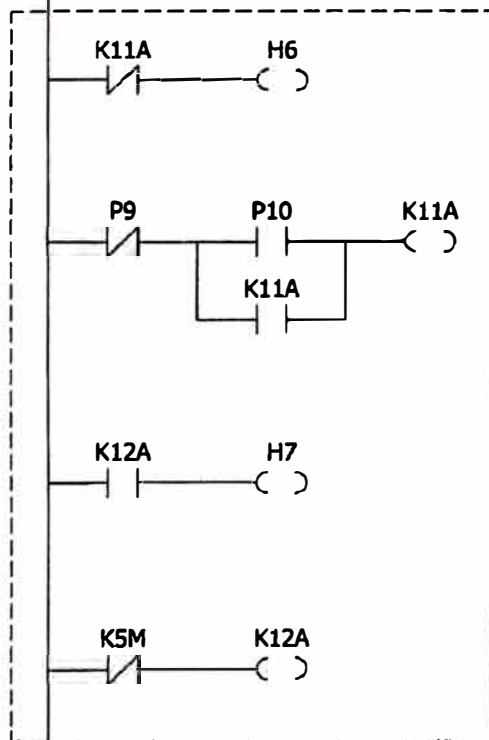




LADDER  
PLANO 5



LADDER  
PLANO 6



LADDER  
PLANO 9

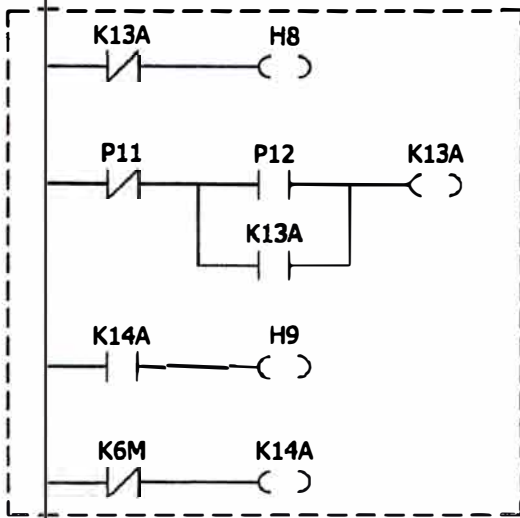


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

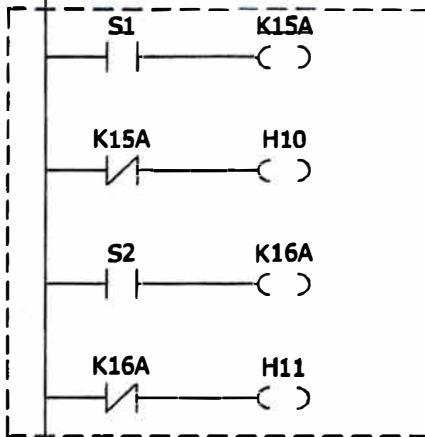
DISEÑO: J Mora  
REVISIÓN: J Mora  
FECHA: ENE - 2010

LADDER

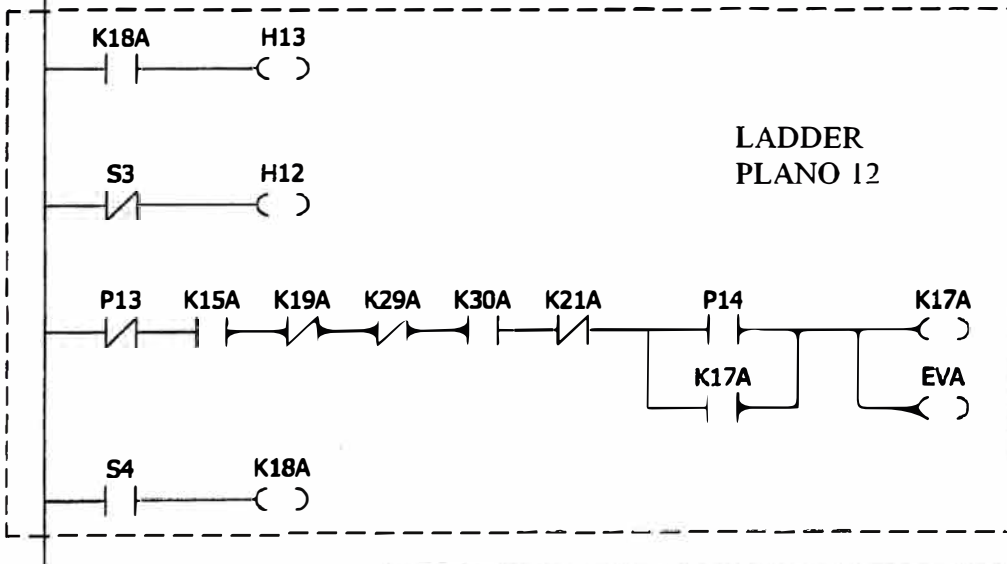
PLANOS: 5, 6, 9



LADDER  
PLANO 10



LADDER  
PLANO 11



LADDER  
PLANO 12

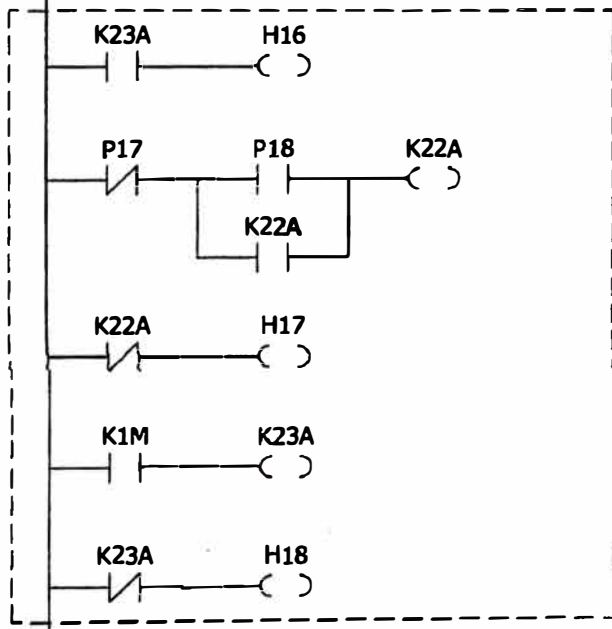
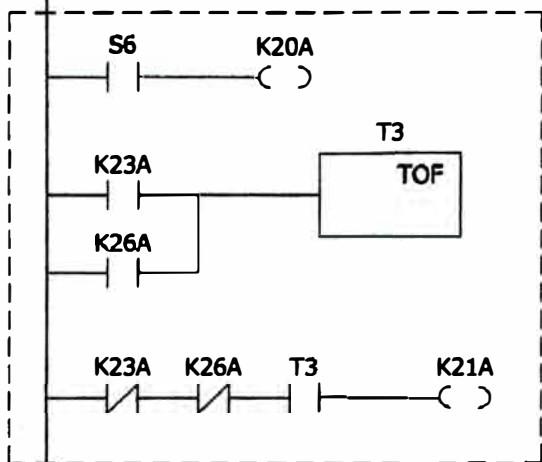
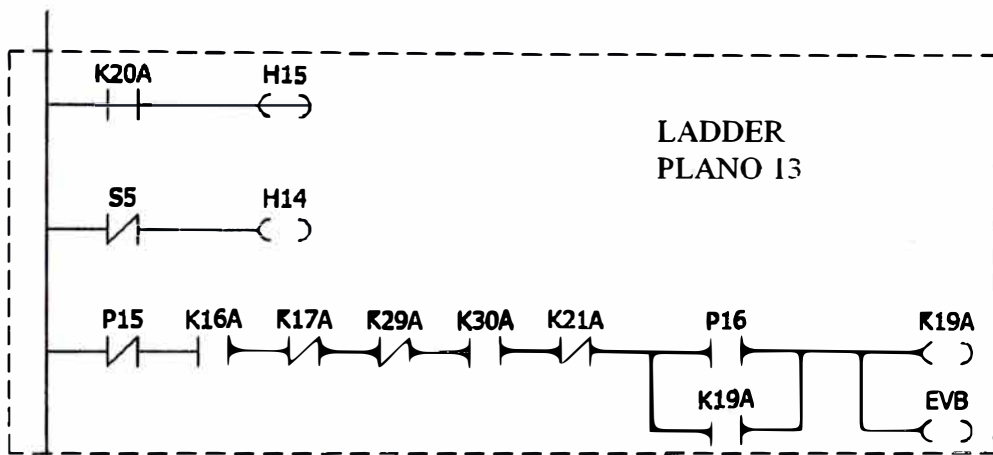


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO J. Muga  
REVISIÓN J. Muga  
FECHA ENE - 2010

LADDER

PLANOS: 10, 11, 12

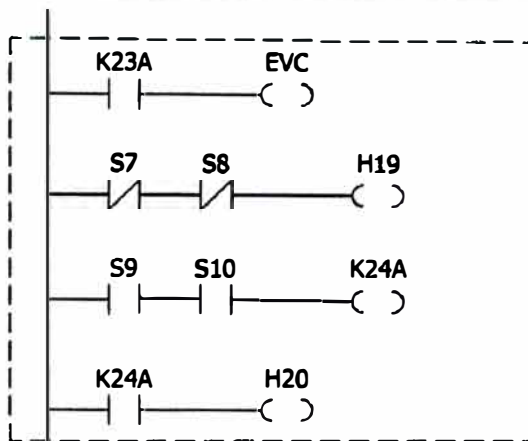


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

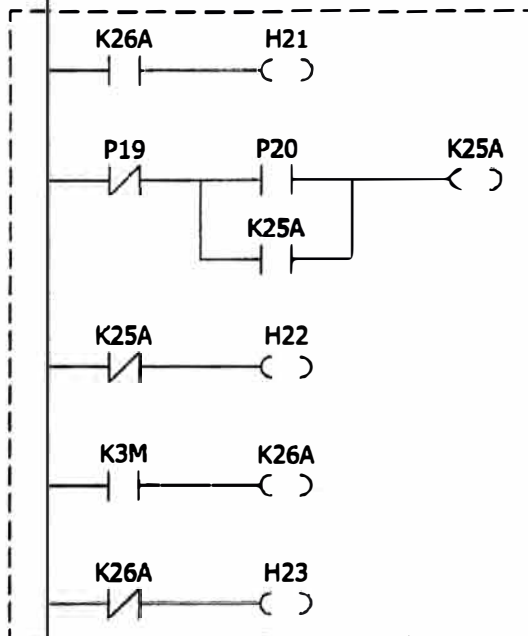
DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

LADDER

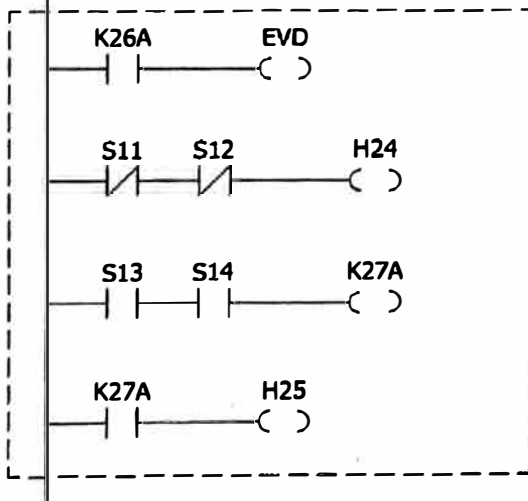
PLANOS: 13, 14, 15



LADDER  
PLANO 16



LADDER  
PLANO 17



LADDER  
PLANO 18

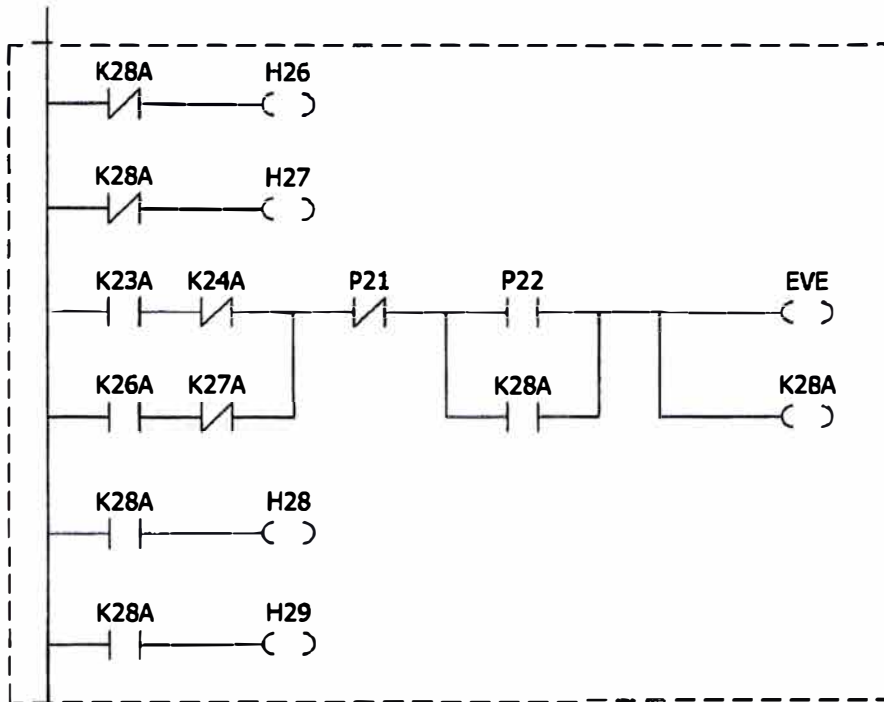


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

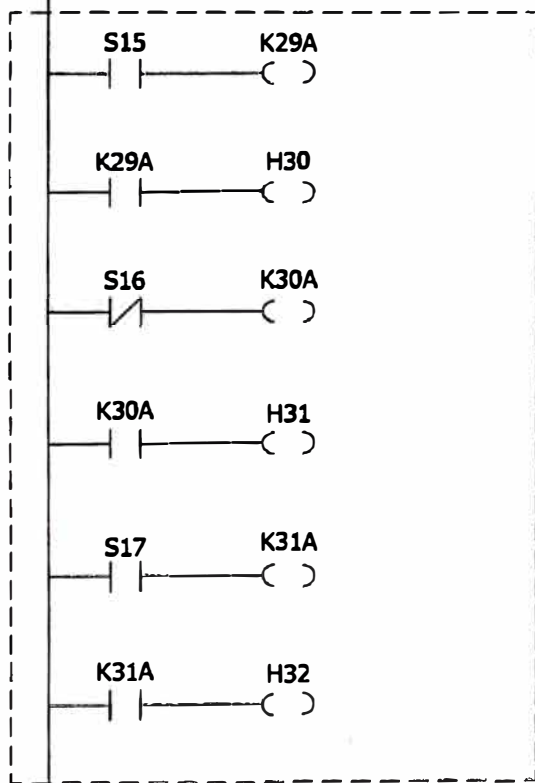
DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: BNE - 2010

LADDER

PLANOS: 16, 17, 18



LADDER  
PLANO 19



LADDER  
PLANO 20

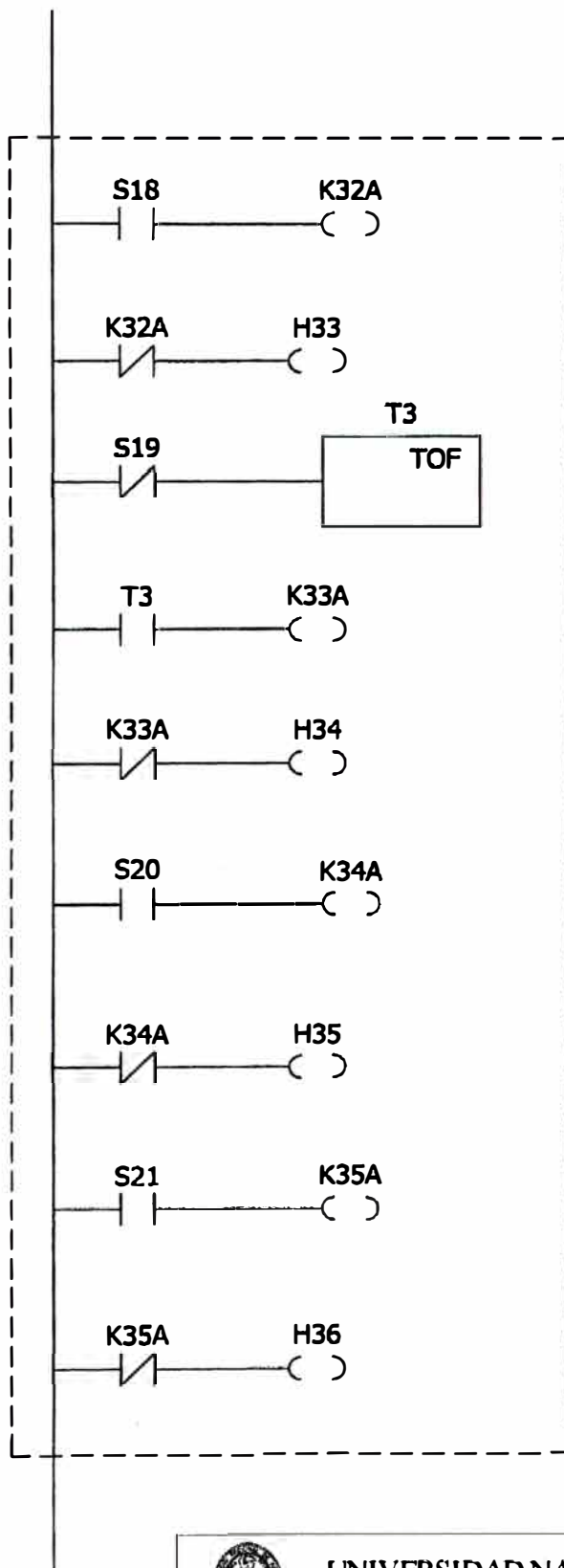


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISÓ: J. J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

LADDER

PLANOS: 19, 20

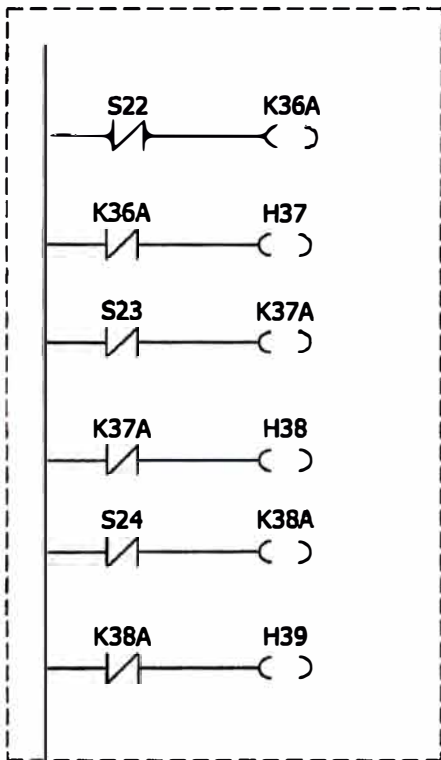


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

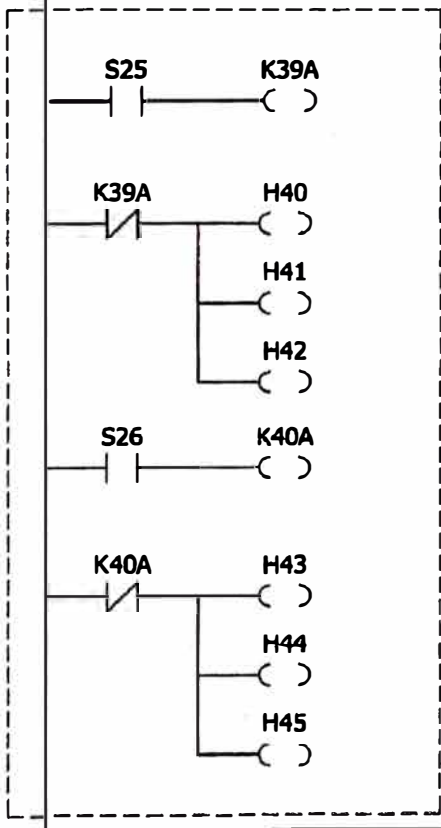
DISEÑO J Mora  
 REVISIÓN J Mora  
 FEBRERA ENE - 2010

LADDER

PLANOS: 21



LADDER  
PLANO 22



LADDER  
PLANO 23

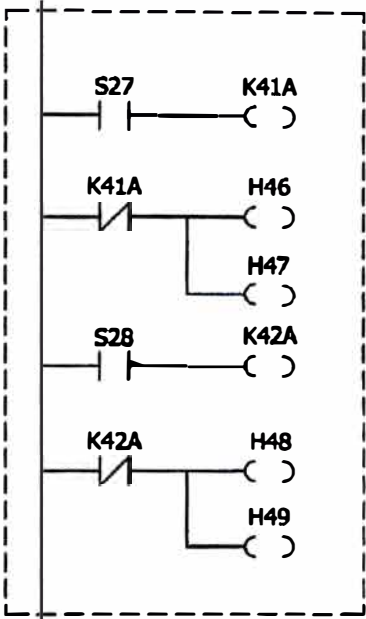


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

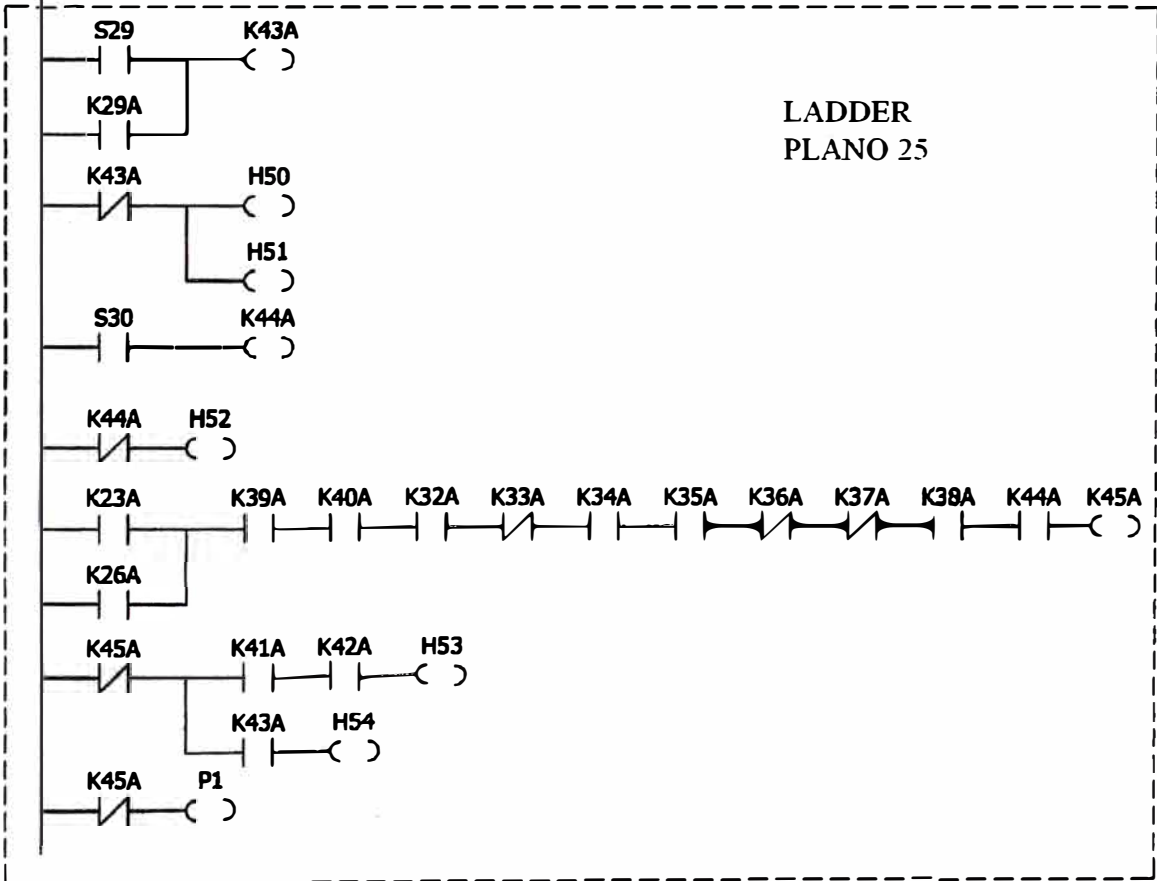
DISEÑO J. Mora  
REVISIÓN J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

LADDER

PLANOS: 22-23



LADDER  
PLANO 24



LADDER  
PLANO 25



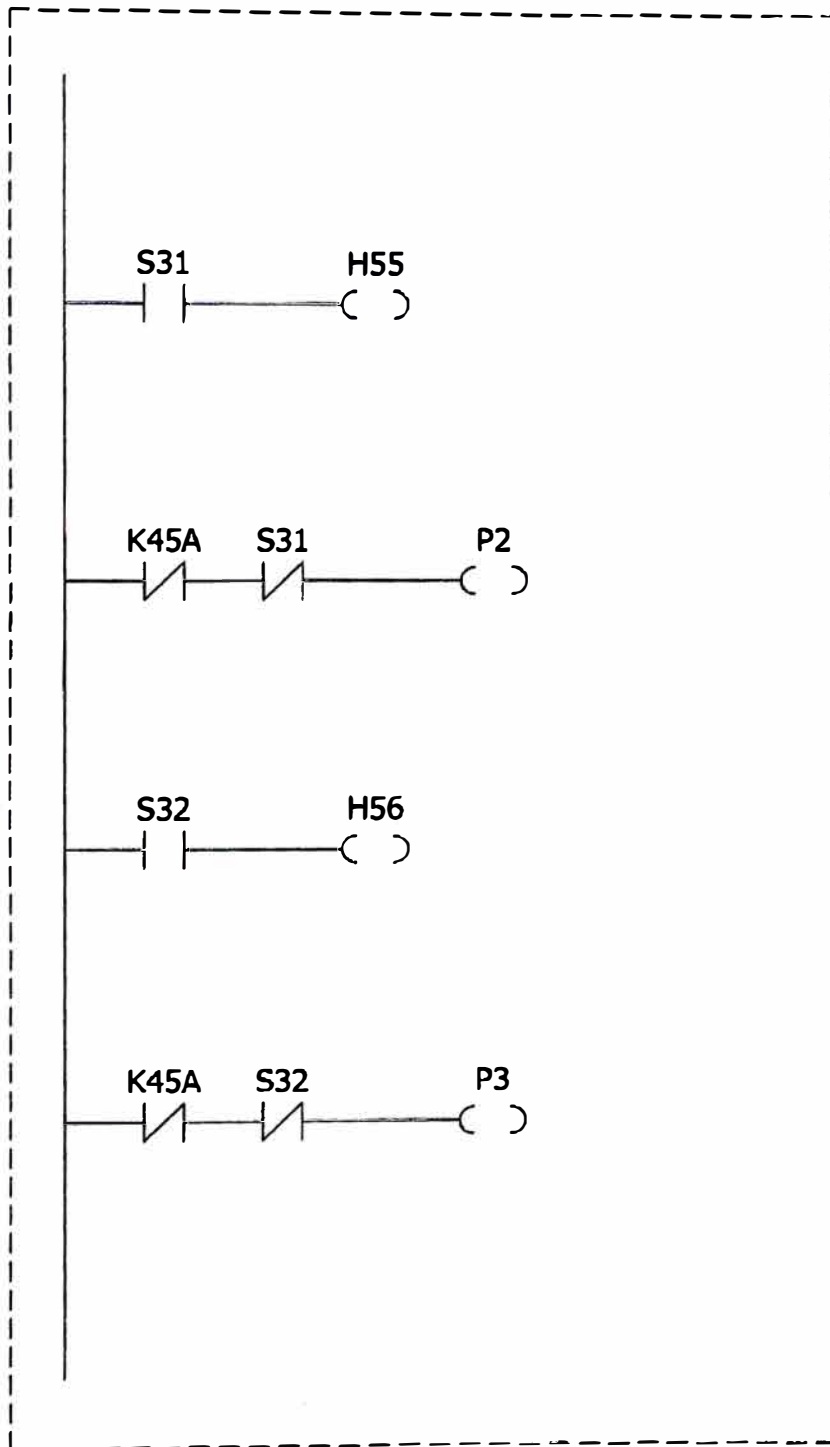
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO J Mora  
REVISIÓN J Mora  
FECHA ENE - 2010

LADDER

PLANOS: 24 25





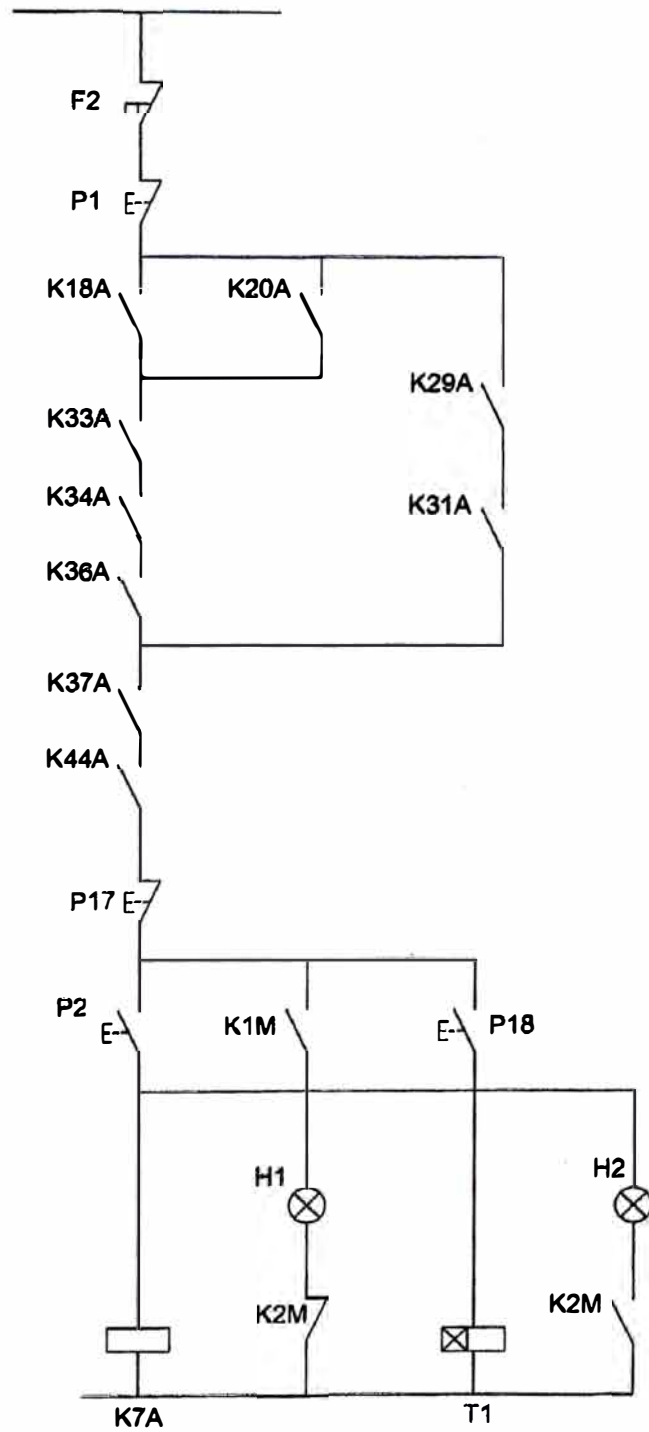
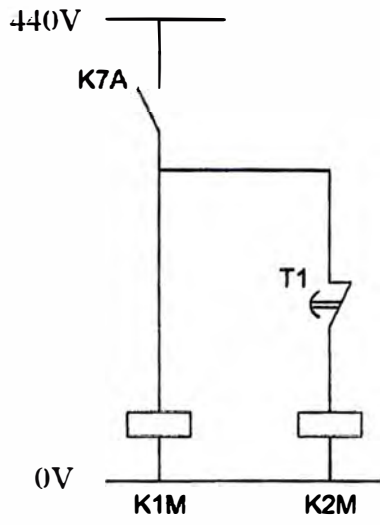
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO J Mora  
 REVISIÓN J Mora  
 FECHA ENE - 2010

LADDER

PLANO: 26

**ANEXO C**  
**PLANOS CONVENCIONALES**

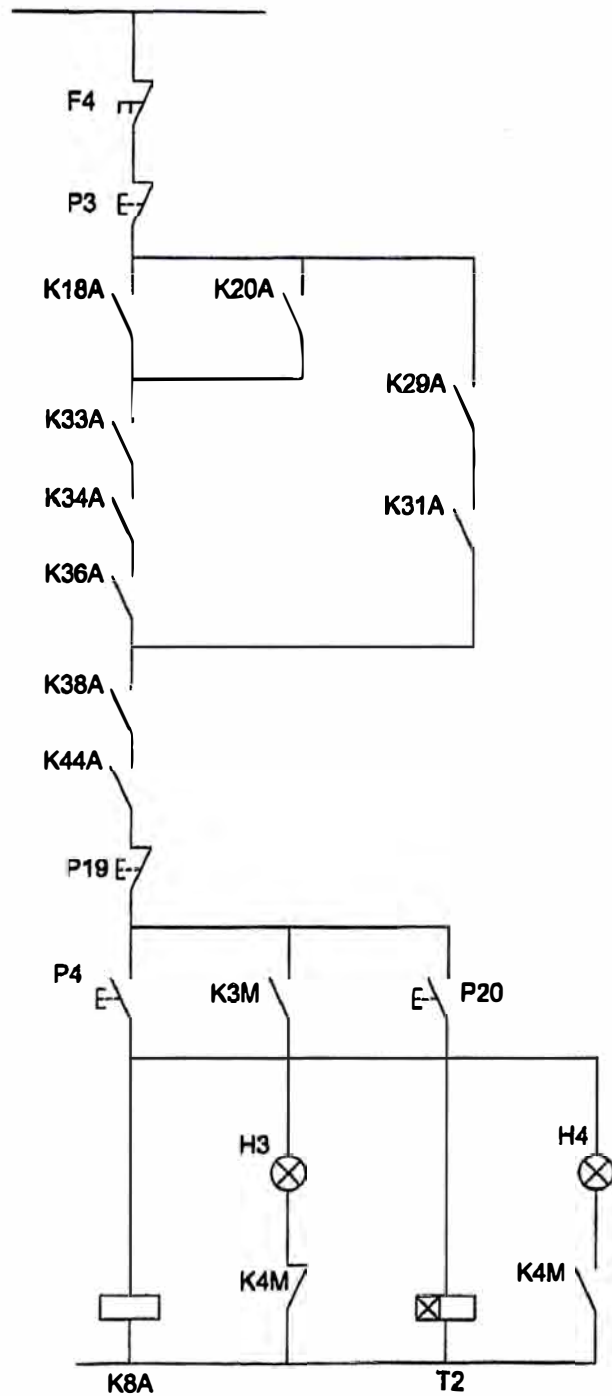
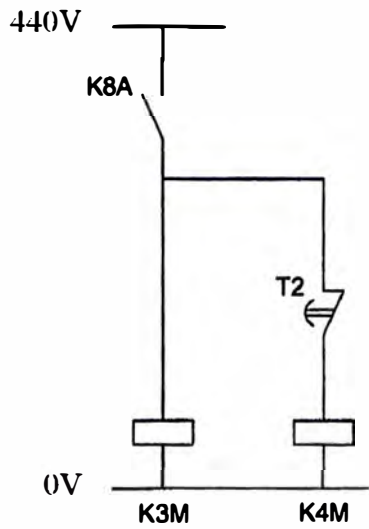


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO J. Mora  
 REVISIÓN J. Mora  
 FECHA: ENI - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 4A

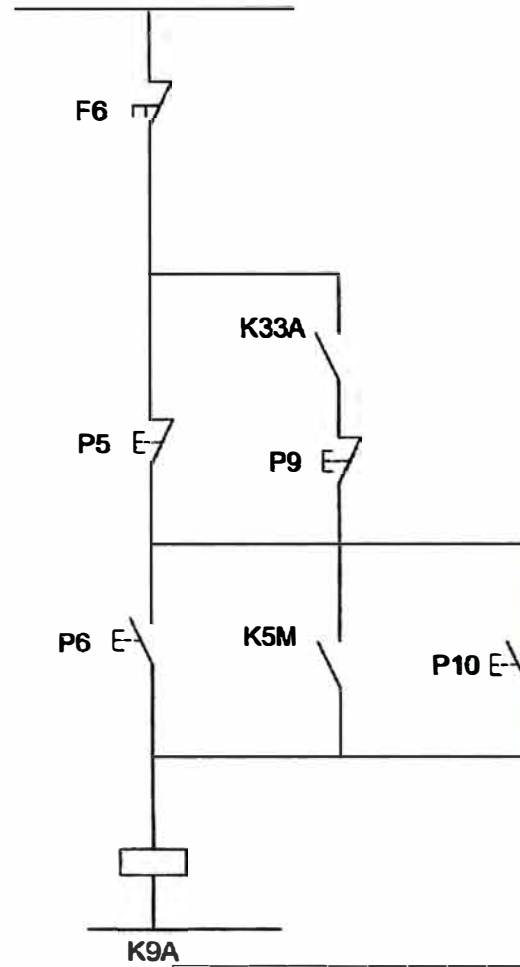
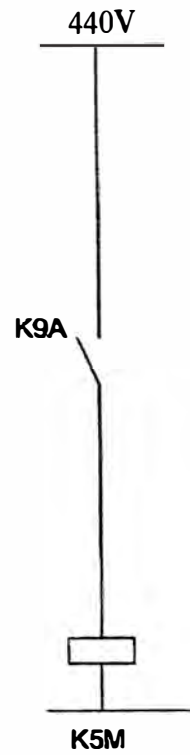


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 4B

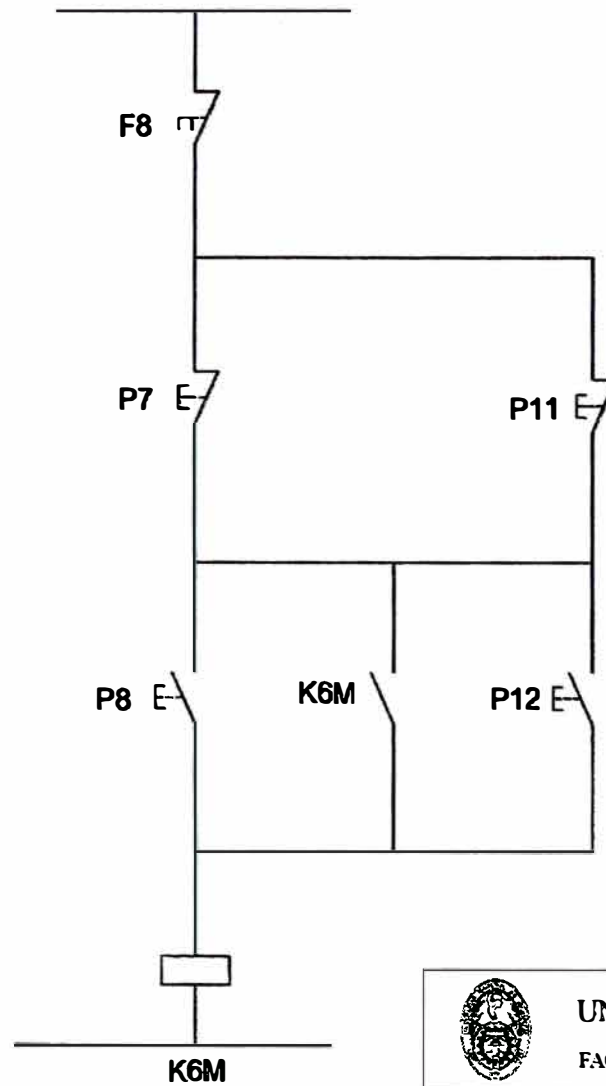


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 5



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIARÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

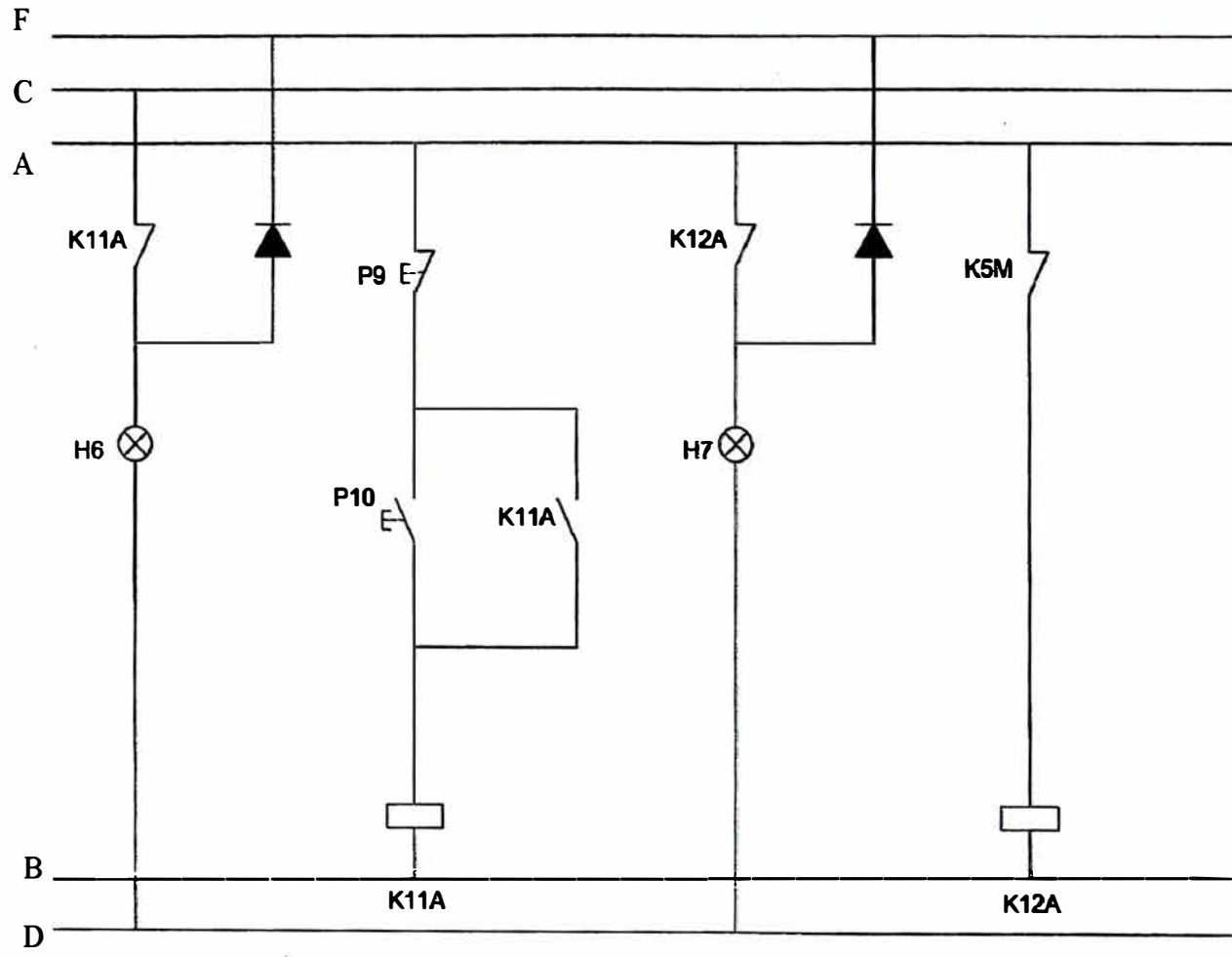
DISEÑO: J. Mora

REVISIÓN: J. Mora

FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 6

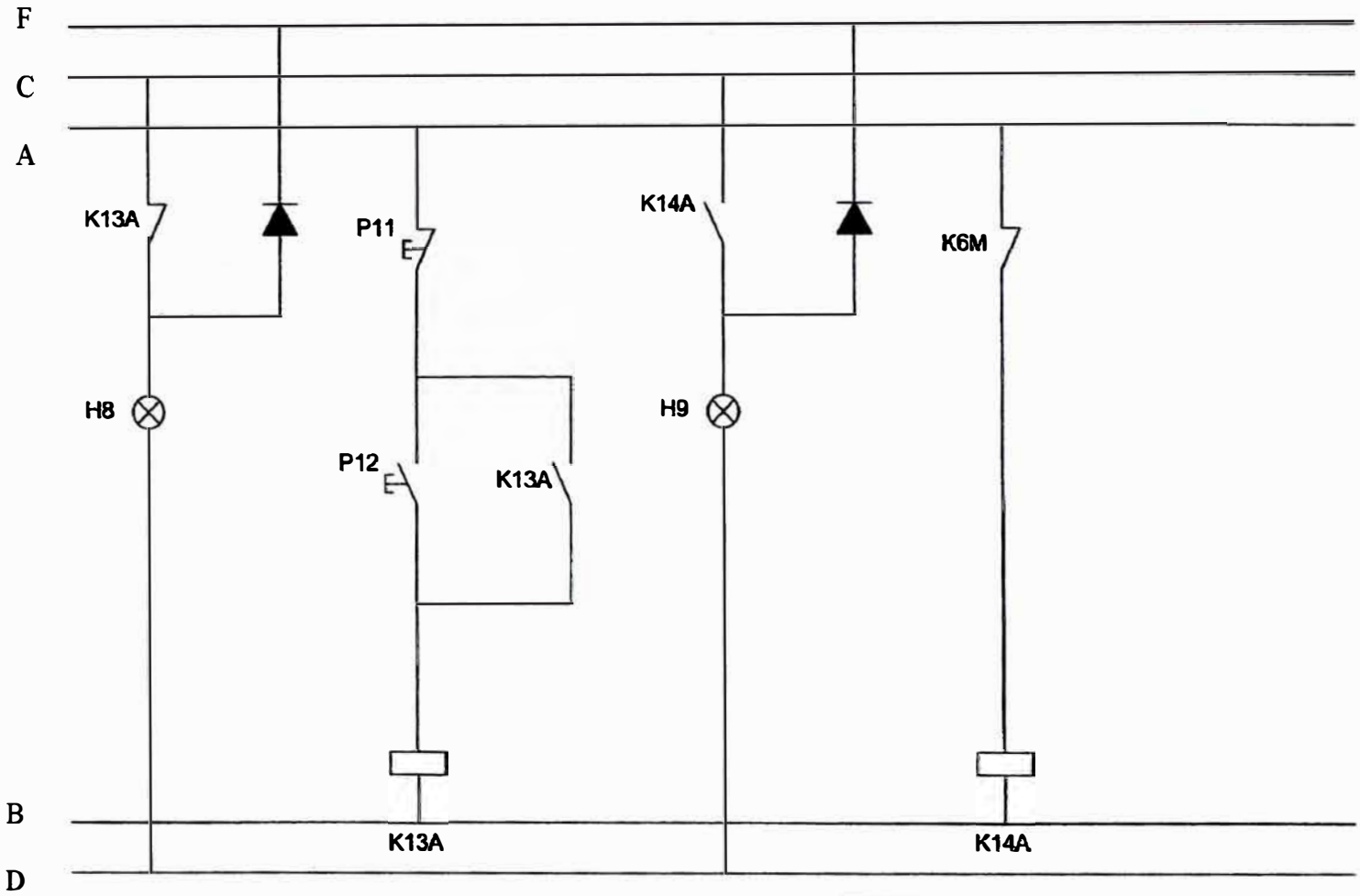


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 9



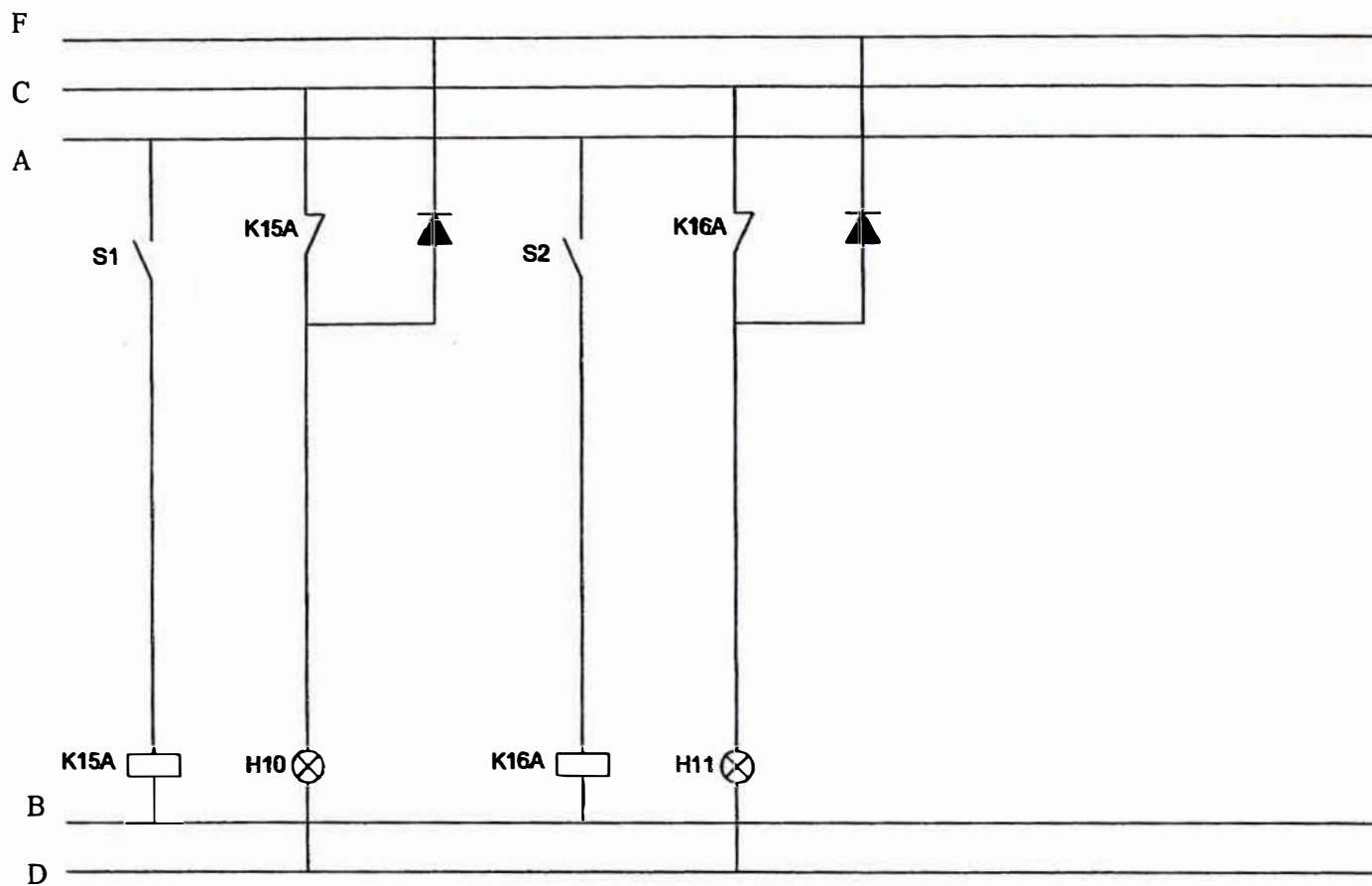
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 10



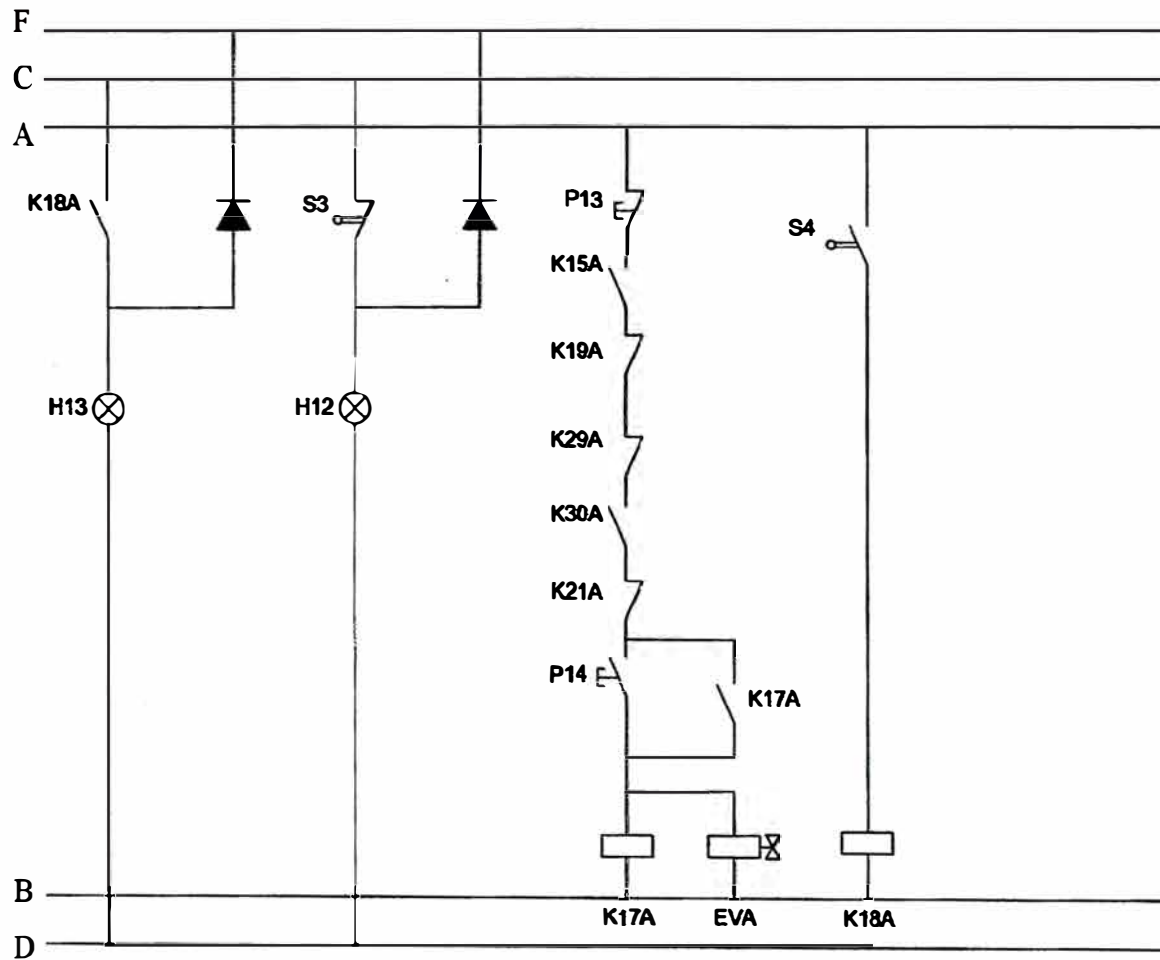


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
 REVISIÓN: J. Mera  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 11

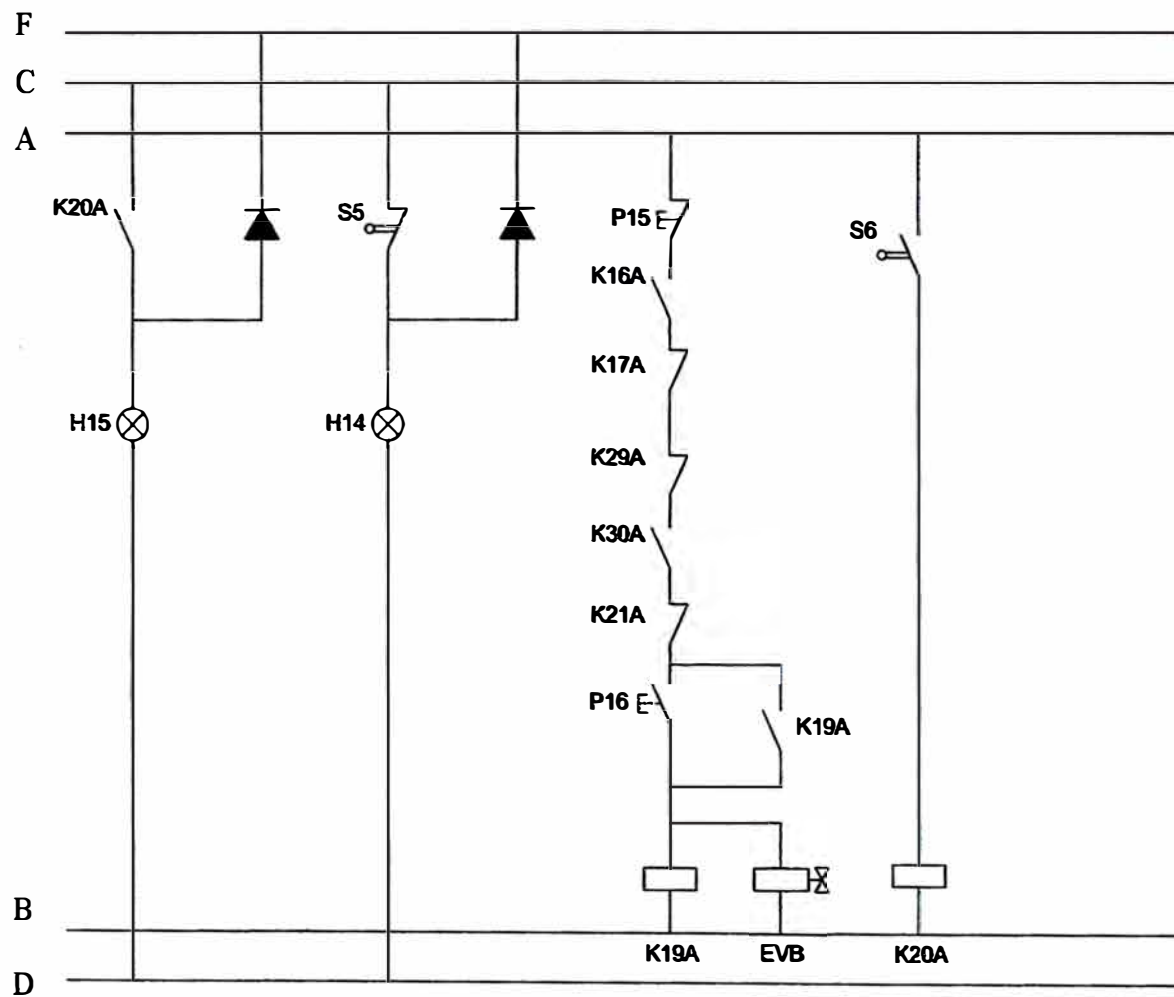


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 12



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

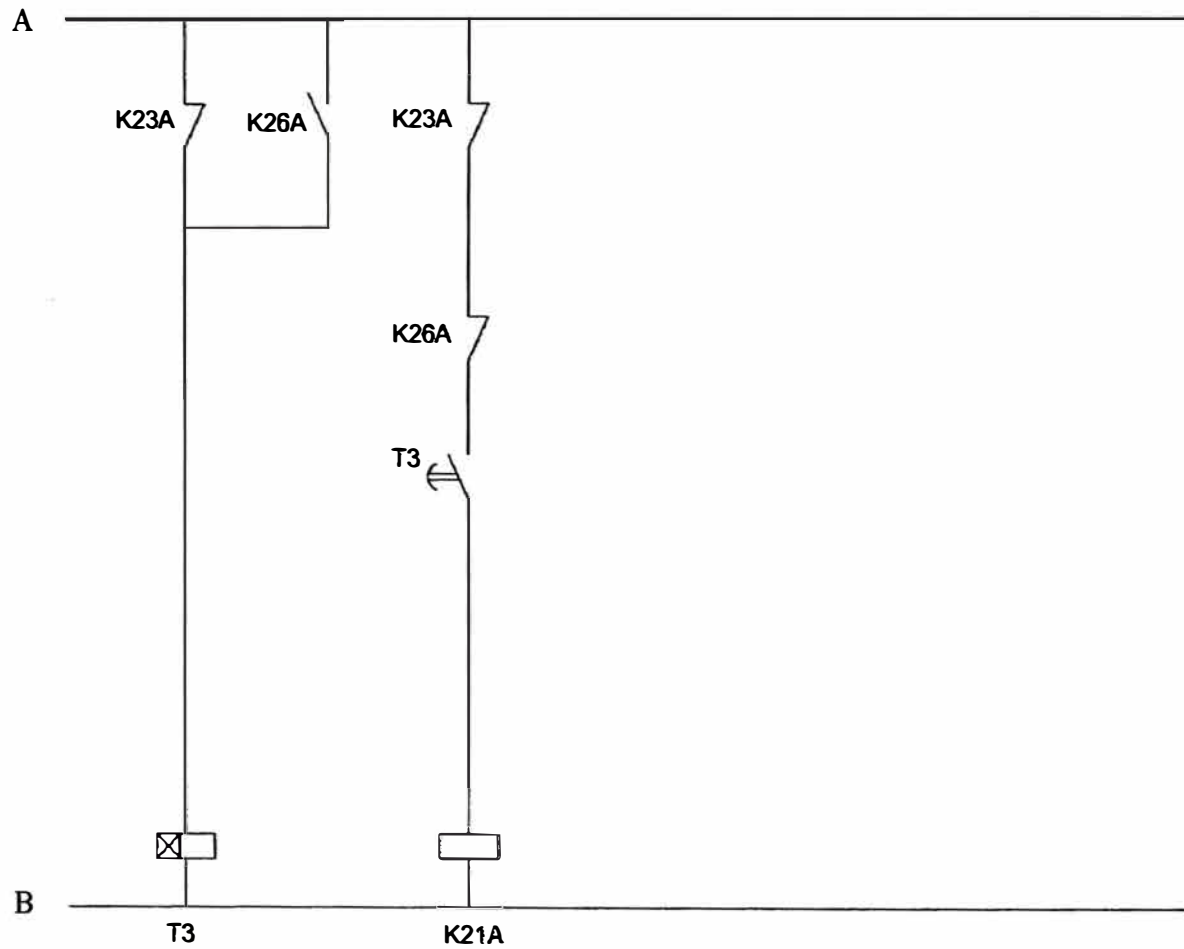
DISEÑO: J. Mora

REVISIÓN: J. Mora

FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 13



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

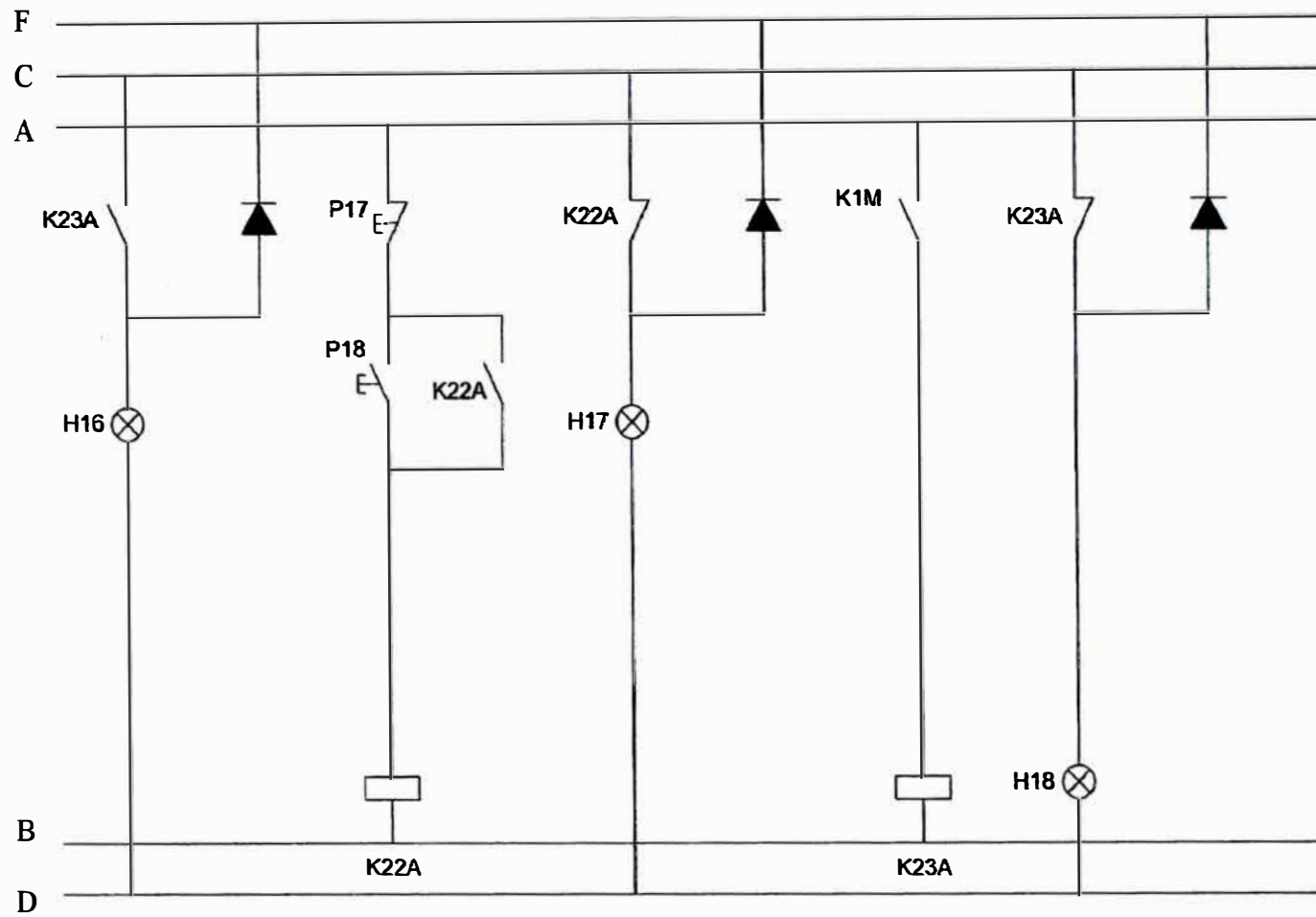
DISEÑO: J. Mora

REVISIÓN: J. Mora

FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 14

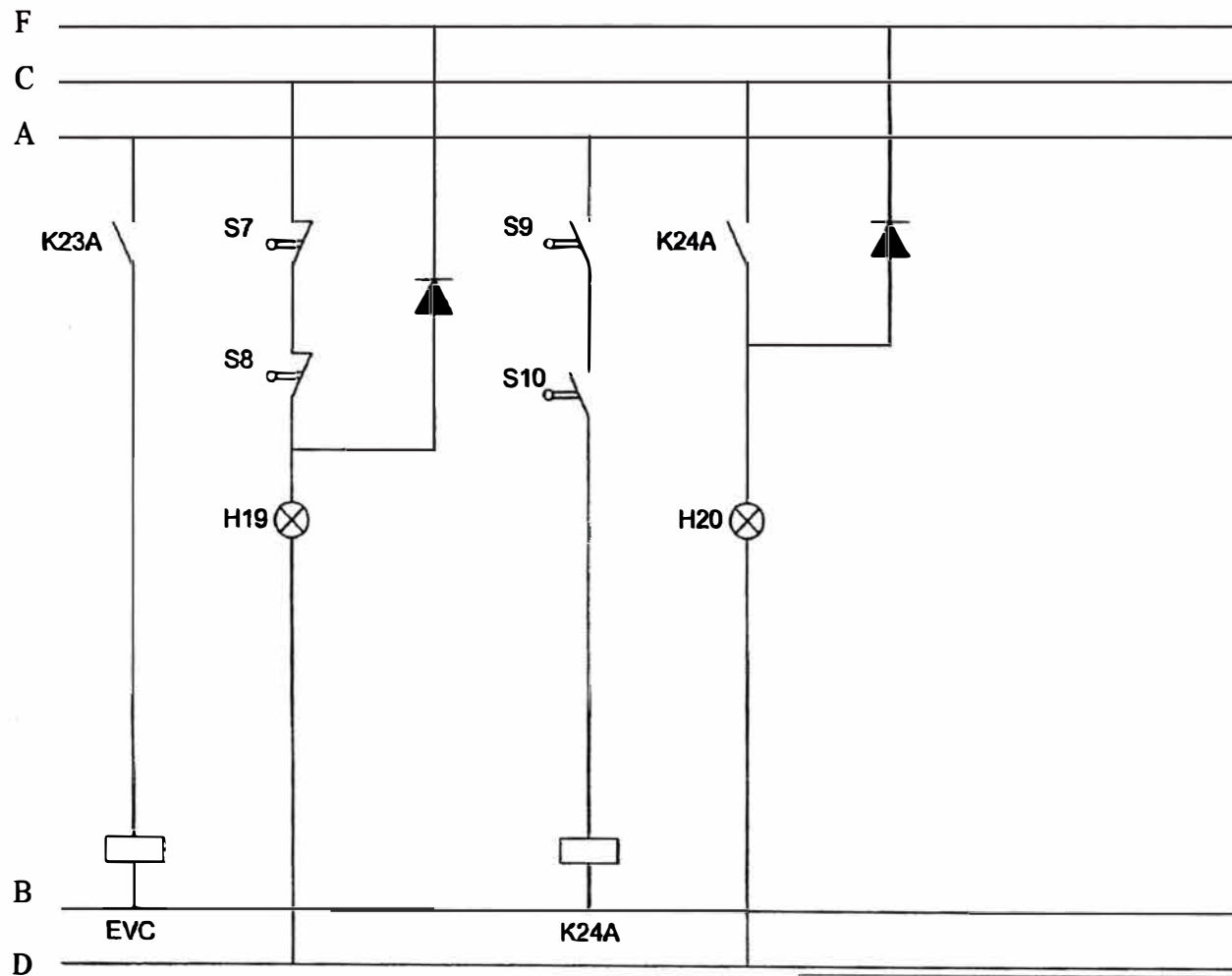


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 15

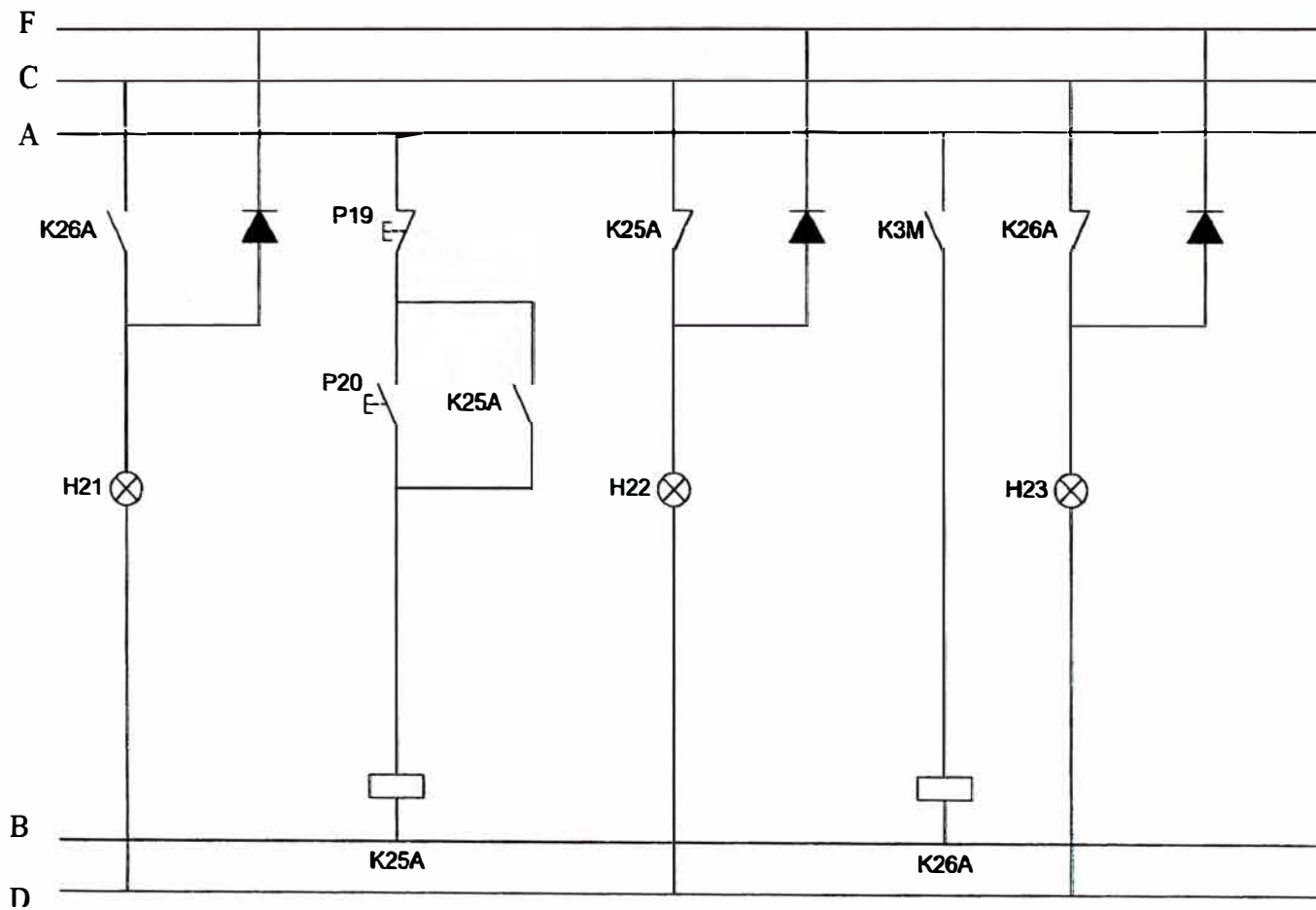


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 16

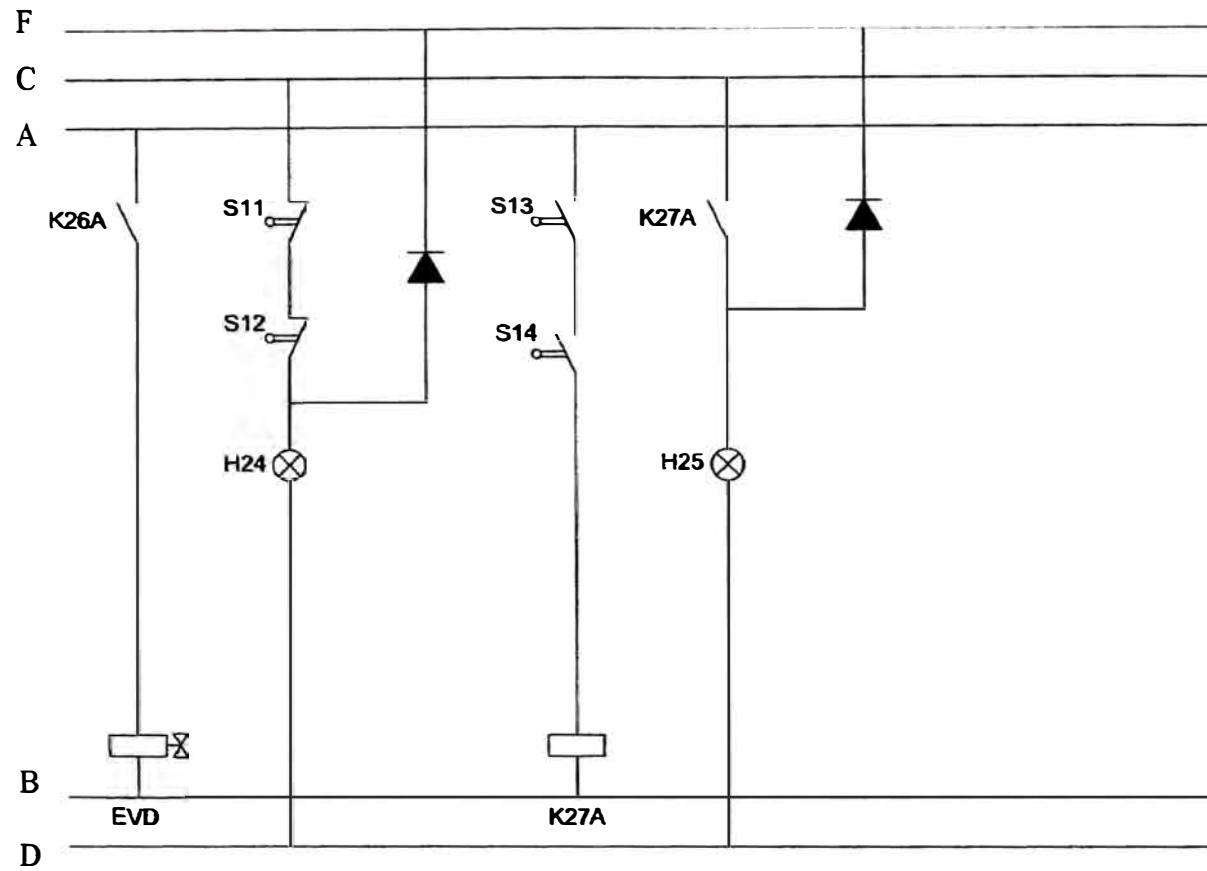


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 17



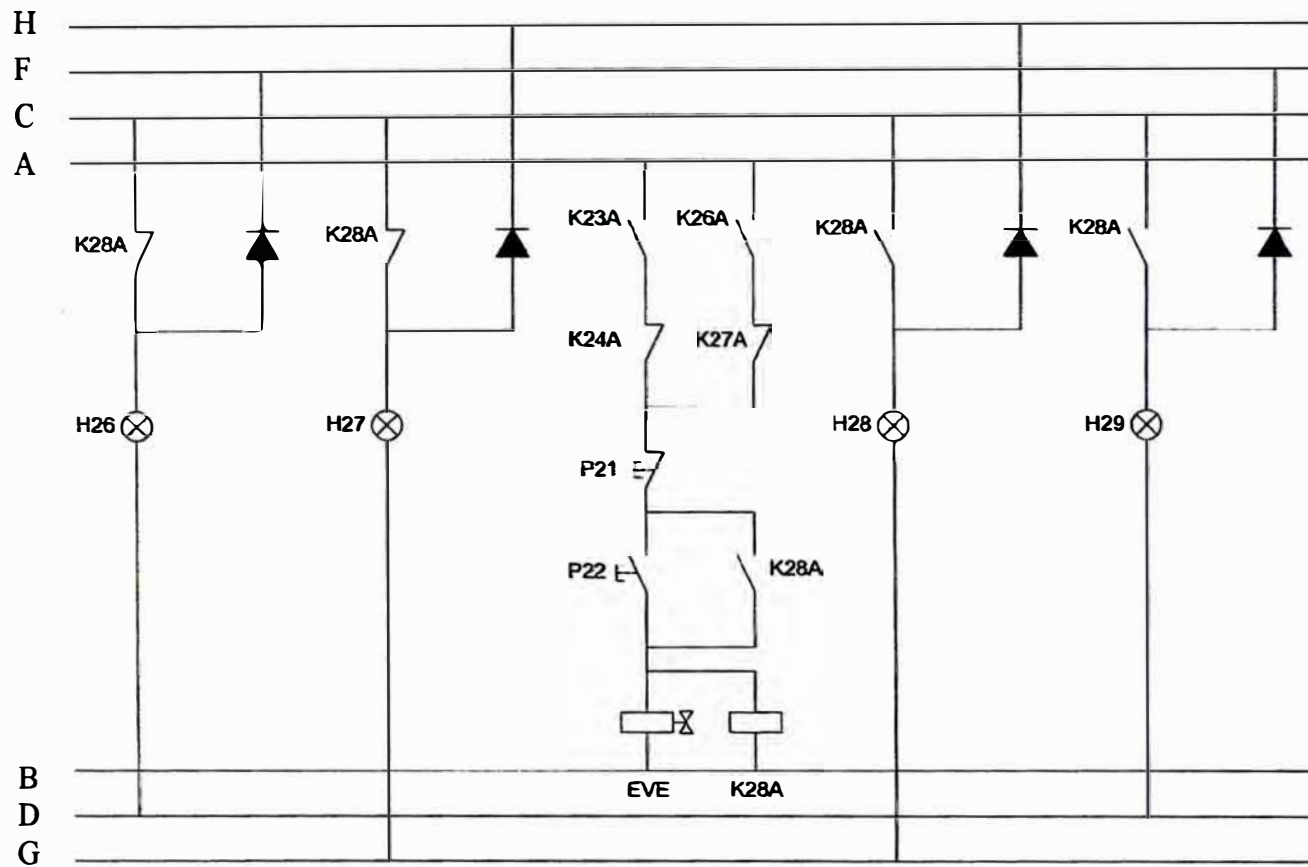
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 18



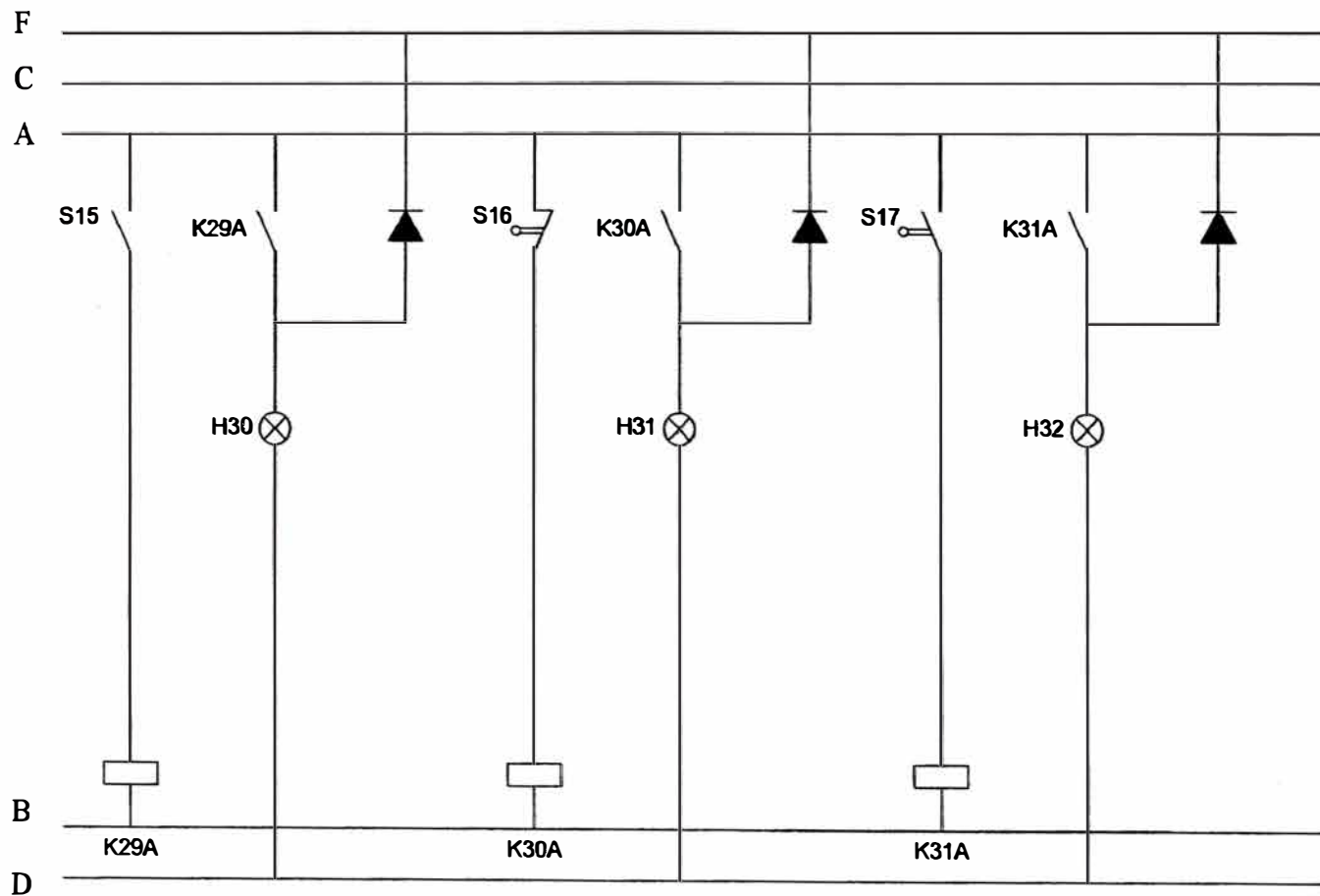


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 19

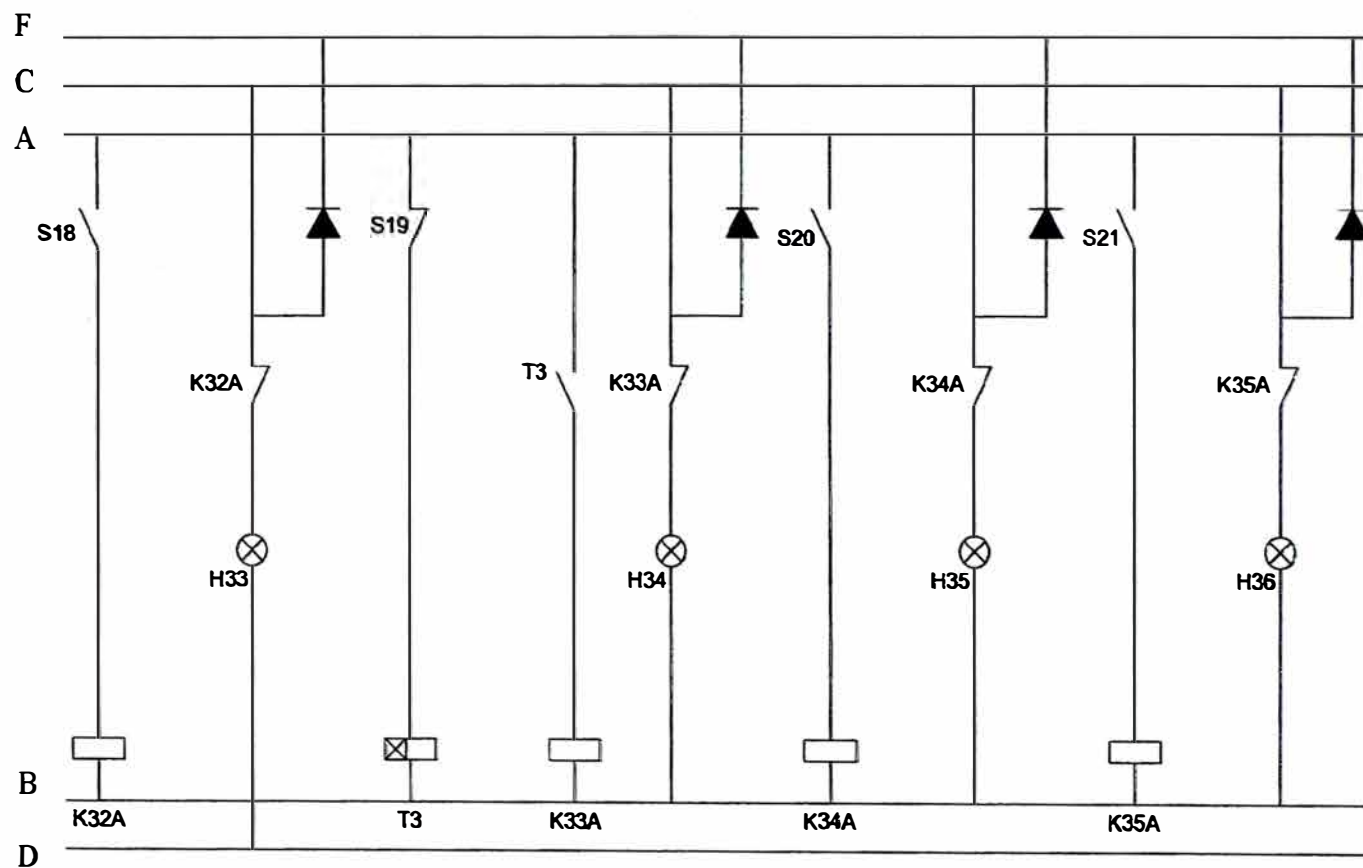


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIARÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 20

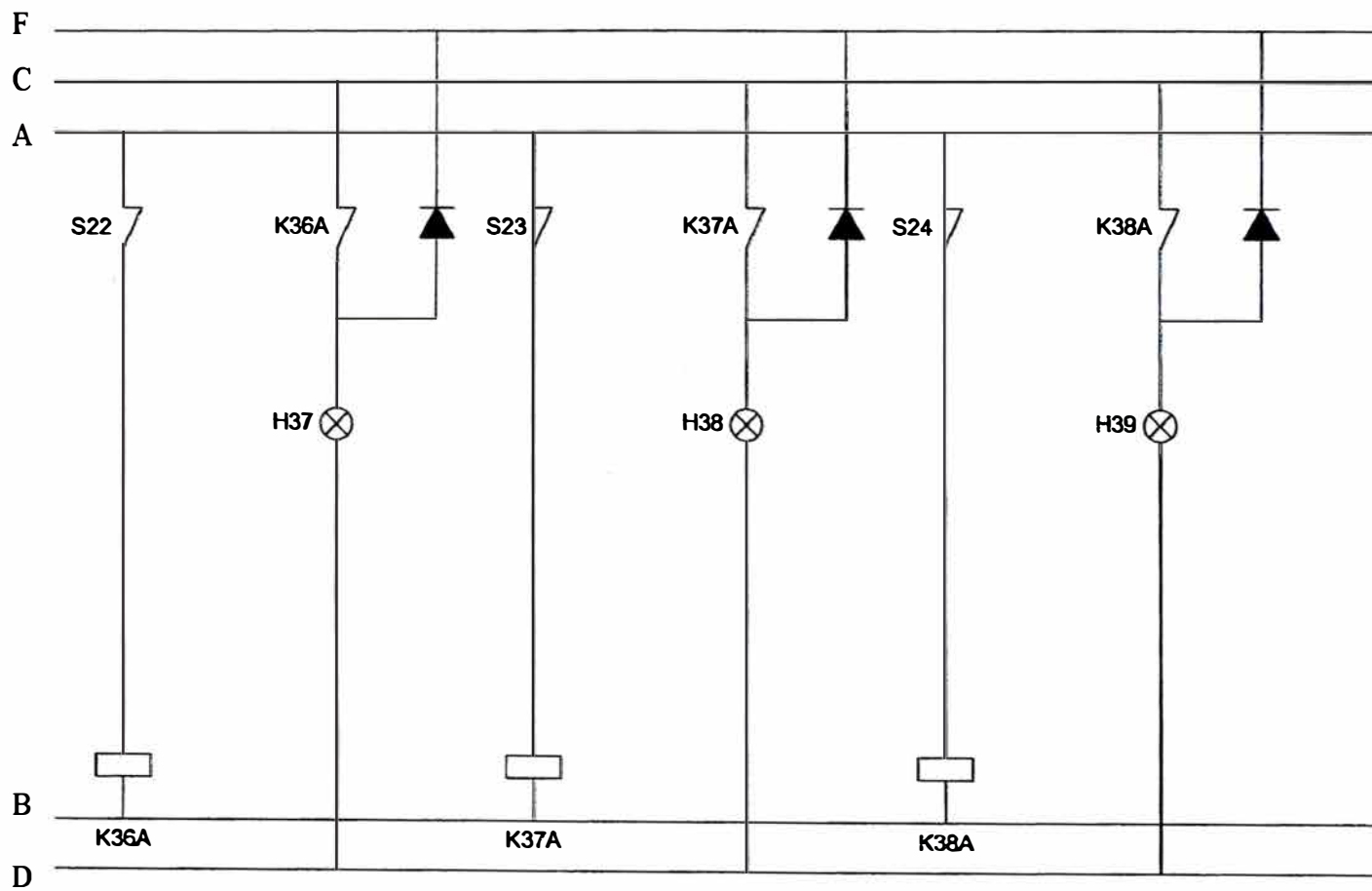


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 21

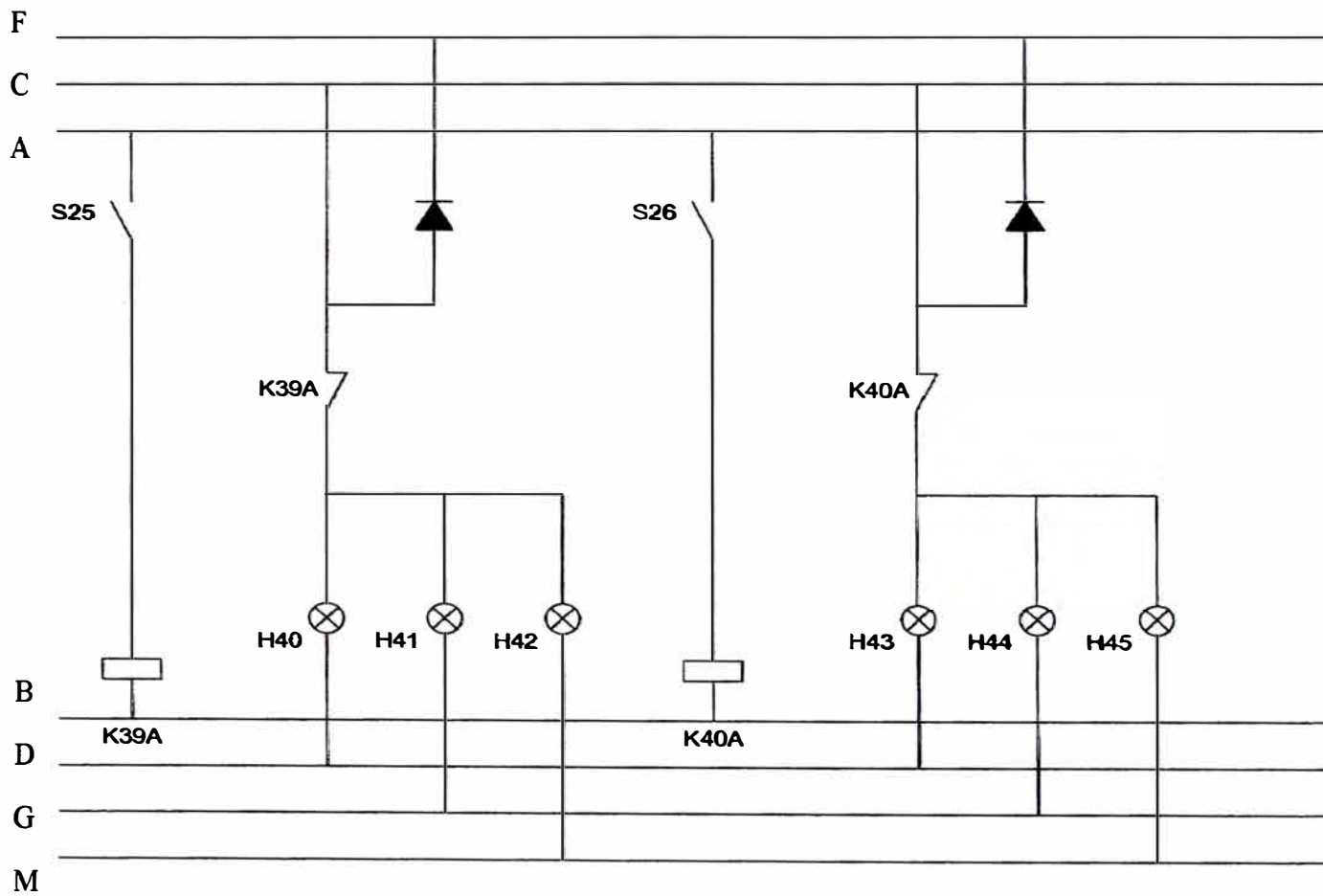


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
 REVISIÓN: J. Mera  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 22



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

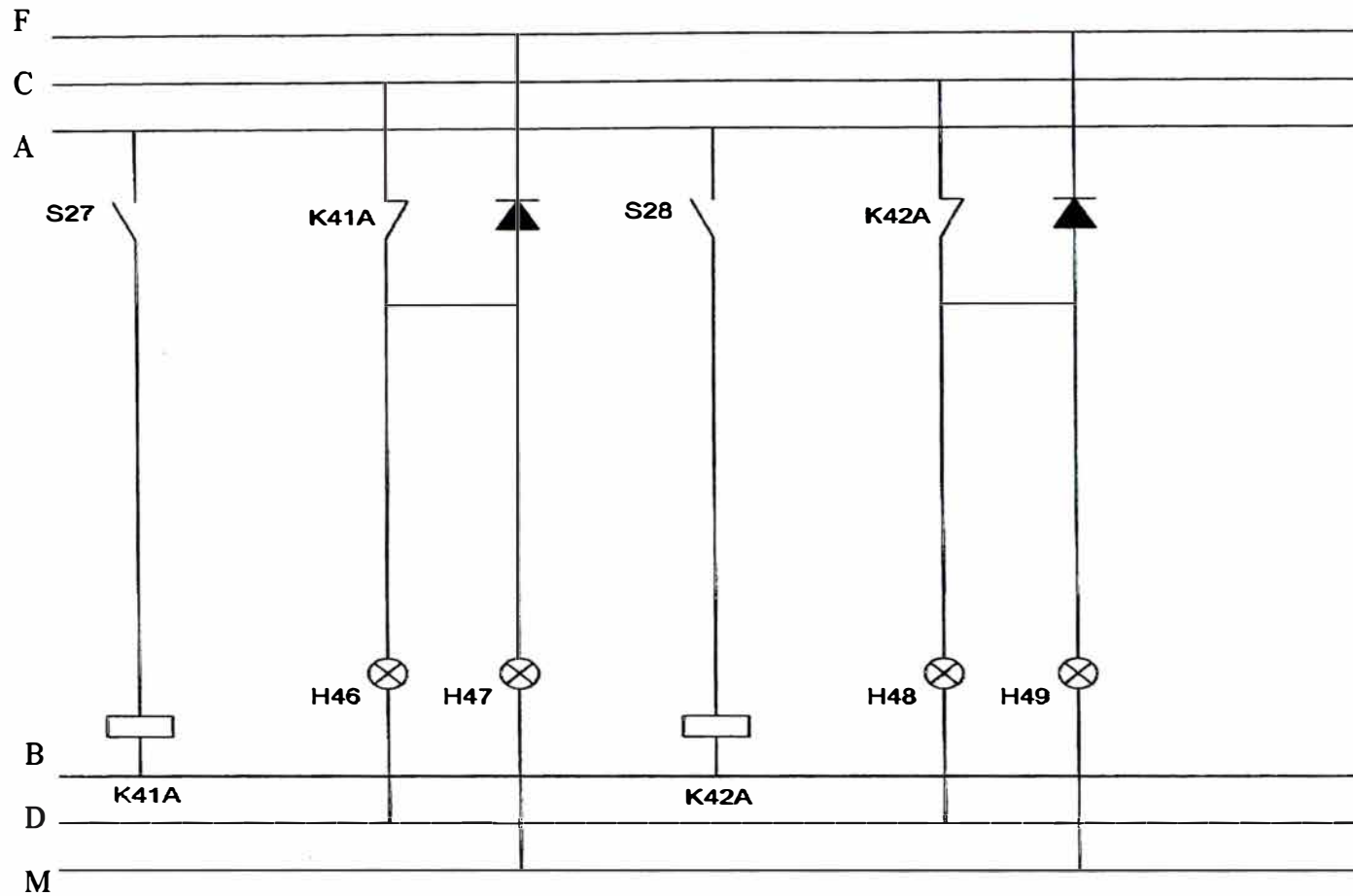
DISEÑO: J. Mora

REVISIÓN: J. Mora

FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 23

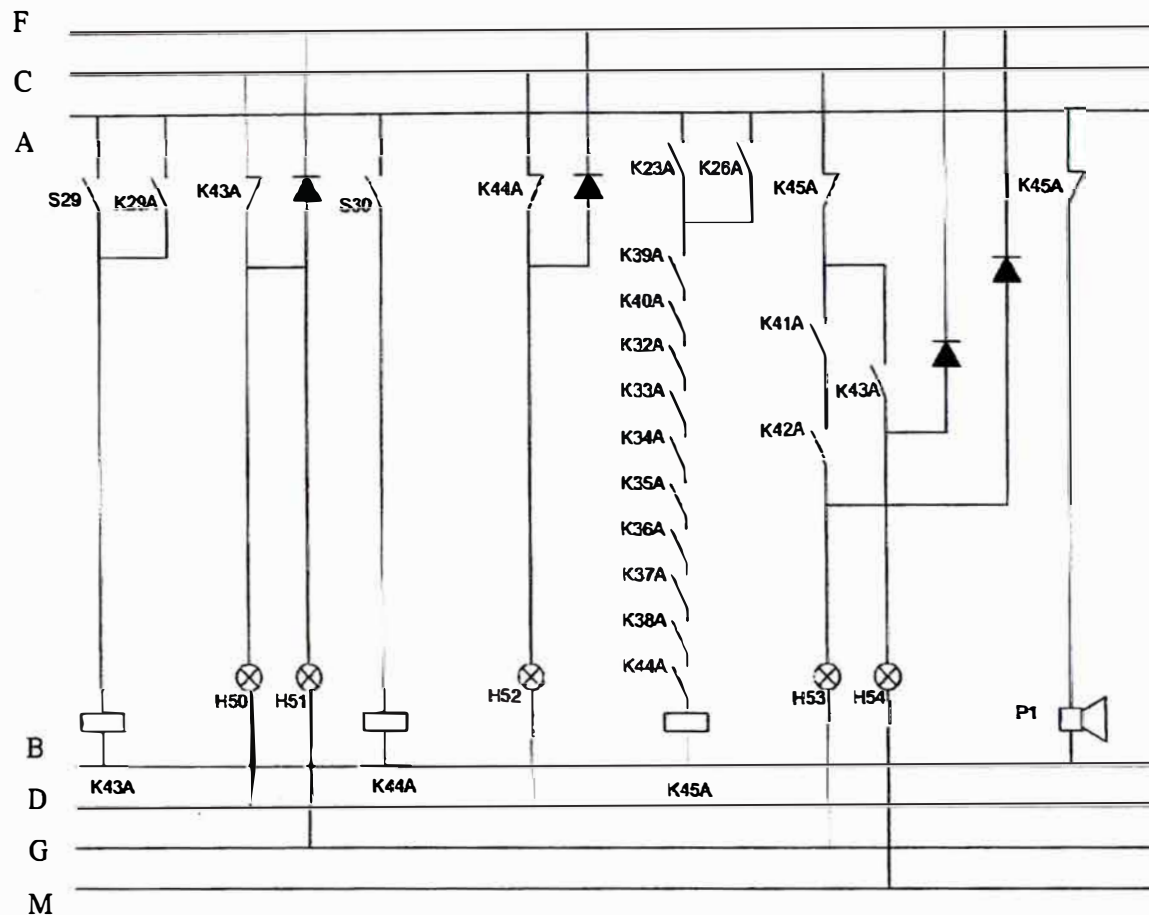


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 24

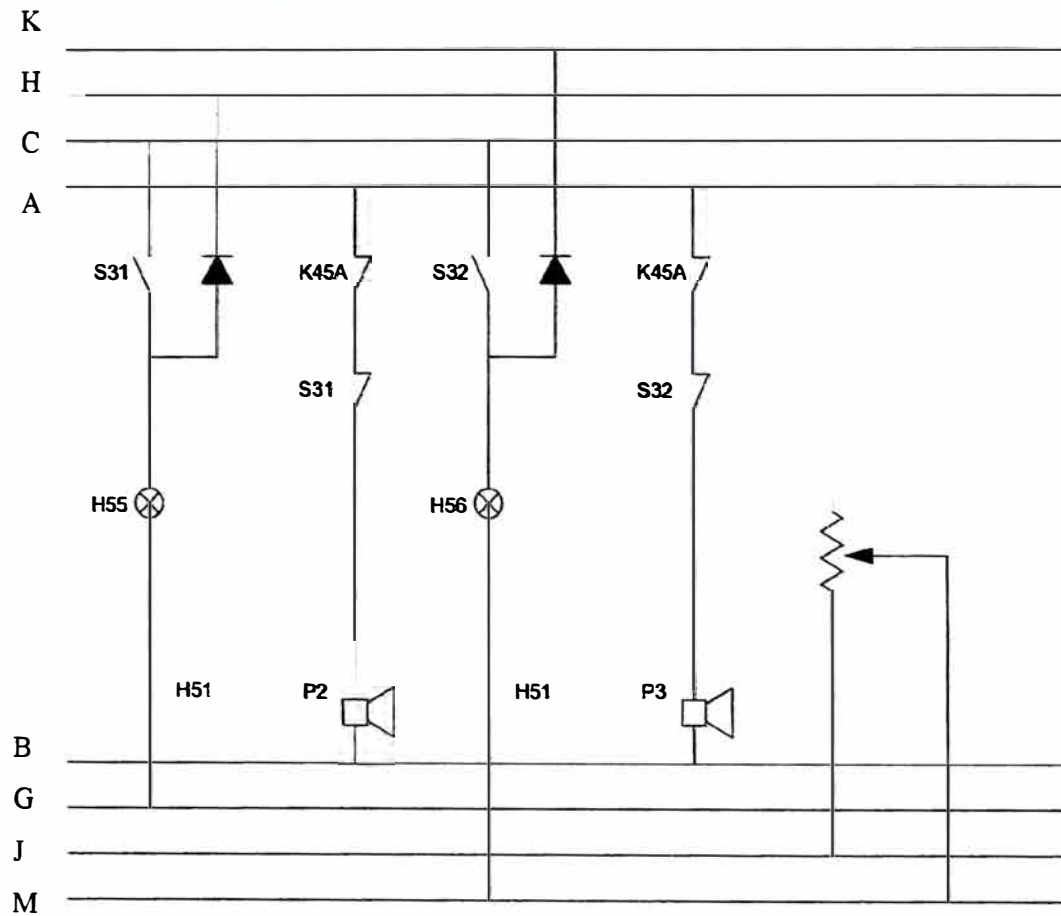


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
 REVISIÓN: J. Mera  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 25



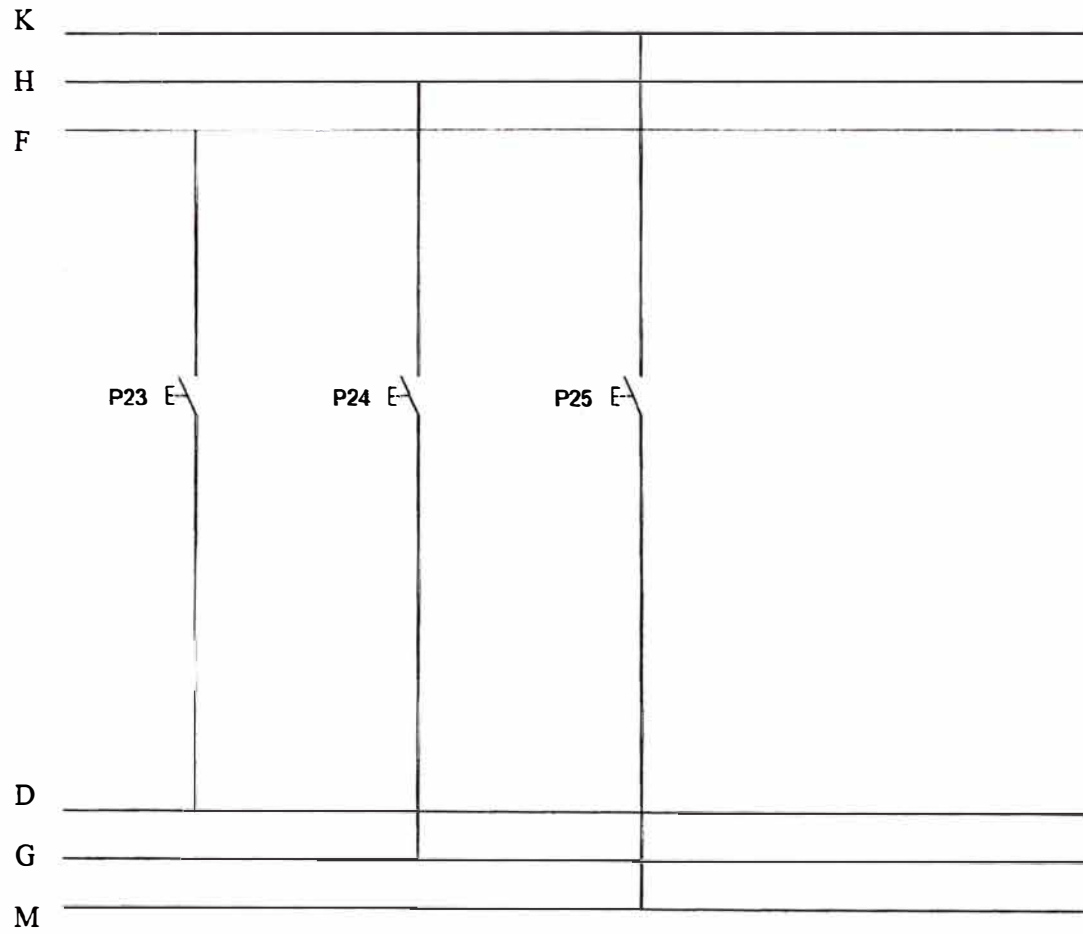
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIARÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

CONVENCIONALES

PLANO: 26





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora

REVISIÓN: J. Mora

FECHA: ENE - 2010

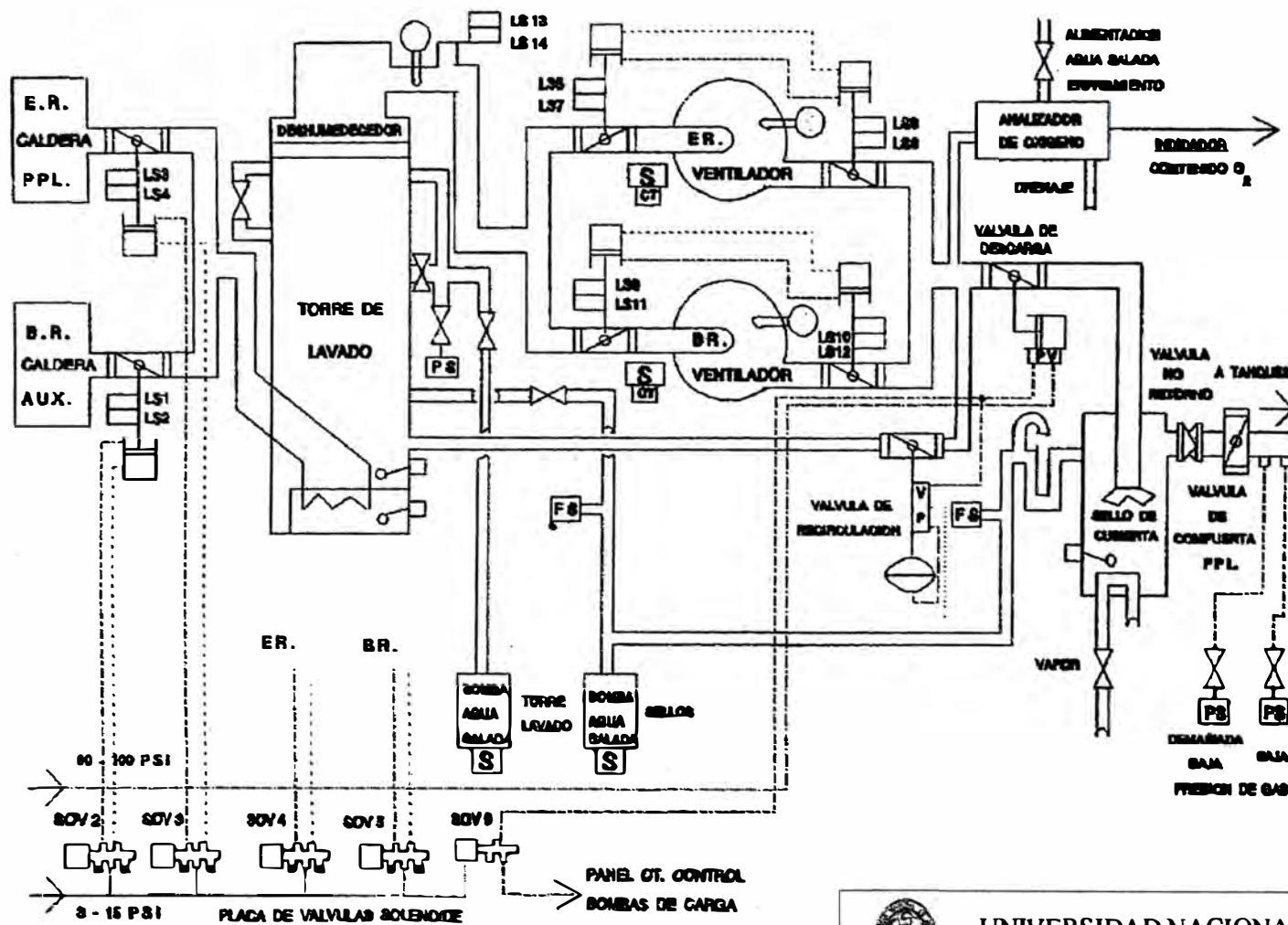
CONVENCIONALES

PLANO: 27

**ANEXO D**  
**PLANOS ASIGNADOS A BORDO**

## **INDICE DE PLANOS ASIGNADOS A BORDO**

1. Planta del sistema de gas inerte
2. Válvulas solenoides
3. Interruptores
4. Diagrama arrancador ventilador planta gas inerte
5. Diagrama arrancador de bomba alimentación de agua salada torre de limpieza
6. Diagrama arrancador de bomba agua salada sellos de cubierta
7. Simbología componentes control automático eléctrico
8. Distribución de energía
9. Control de bomba de agua salada de torre de limpieza
10. Control de bomba de agua de sellos de cubierta
11. Contactos de sopladores de hollín de estribor y de babor
12. Control de válvula de gases de caldera auxiliar
13. Control de válvula de gases de caldera principal
14. Esquema de disparo de B.U.V. (boiler uptake)
15. Control de motor ventilador estribor
16. Control válvula de aislamiento de ventilador estribor
17. Control de motor ventilador babor
18. Control válvula de aislamiento de ventilador babor
19. Control de sistema de descarga/recirculación
20. Control de selección de aire fresco
21. Sensores y alarmas de torre de lavado-niveles presión y flujo de agua
22. Sensores y alarmas de ventiladores de temperatura del gas
23. Sensores y alarmas de baja presión y demasiada baja presión de gas.
24. Sensores y alarmas de sello de cubierta-de nivele y flujo de agua
25. Sensores y alarmas de alto contenido de oxígeno baja presión de aire y falla común
26. Alarmas en paneles de control de carga y consola de gobierno
27. Pruebas de lámparas de consolas de máquinas, panel de carga y puente



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

PLANTA DEL SISTEMA  
 DE GAS INERTE

PLANO: 01

## **VALVULAS OPERADAS POR SOLENOIDES**

SOV 1

SOV 2

CUANDO SE ENERGIZA, ABRE Y PASA AIRE A UN LADO DEL CILINDRO DE ACCIONAMIENTO Y ESCAPA AIRE DEL OTRO LADO, LO CUAL HACE QUE LA VALVULA DE TOMA DE LA CALDERA AUXILIAR ABRA.

SOV 3

CUANDO SE ENERGIZA, ABRE Y PASA AIRE A UN LADO DEL CILINDRO DE ACCIONAMIENTO Y ESCAPA AIRE DEL OTRO LADO, LO CUAL HACE QUE LA VALVULA DE TOMA DE LA CALDERA PRINCIPAL ABRA.

SOV 4

CUANDO SE ENERGIZA, ABRE Y PASA AIRE A UN LADO DE CADA DOS (2) CILINDROS DE ACCIONAMIENTO, ESCAPA AIRE DE LOS OTROS DOS LADOS, ESTO CAUSA QUE LA VALVULA DE ENTRADA DEL VENTILADOR ER Y LA VALVULA DE AISLAMIENTO DE SALIDA ABRA.

SOV 5

CUANDO SE ENERGIZA, ABRE Y PASA AIRE A UN LADO DE CADA DOS (2) CILINDROS DE ACCIONAMIENTO, ESCAPA AIRE DE LOS OTROS DOS LADOS, ESTO CAUSA QUE LA VALVULA DE ENTRADA DEL VENTILADOR BR Y LA VALVULA DE AISLAMIENTO DE SALIDA ABRA.

SOV 6

CUANDO SE ENERGIZA, ABRE Y PASA LA SEÑAL DEL CONTROLADOR A LA VALVULA DE DESCARGA Y LA VALVULA DE RECIRCULACIÓN DEL POSICIONADOR, ESTO CAUSA QUE LAS VALVULAS SE MUEVAN A LA POSICIÓN DETERMINADA POR LA SEÑAL DE CONTROL.  
CUANDO SE DESENERGIZA, CIERRA Y BLOQUEA LA SEÑAL DE AIRE DEL CONTROLADOR Y ESCAPA EL AIRE DE SEÑAL CONTENIDO DE LOS POSICIONADORES, ESTO CAUSA QUE LA VALVULA DE DESCARGA CIERRE Y LA VALVULA DE RECIRCULACIÓN ABRA.

## **INTERRUPTORES**

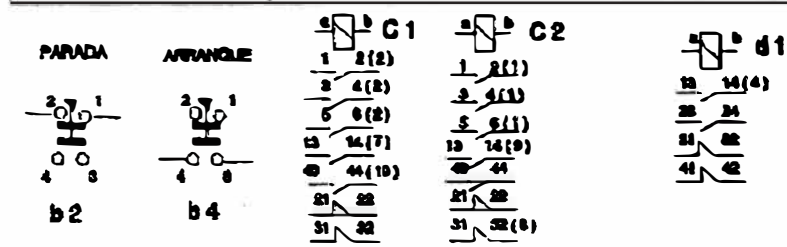
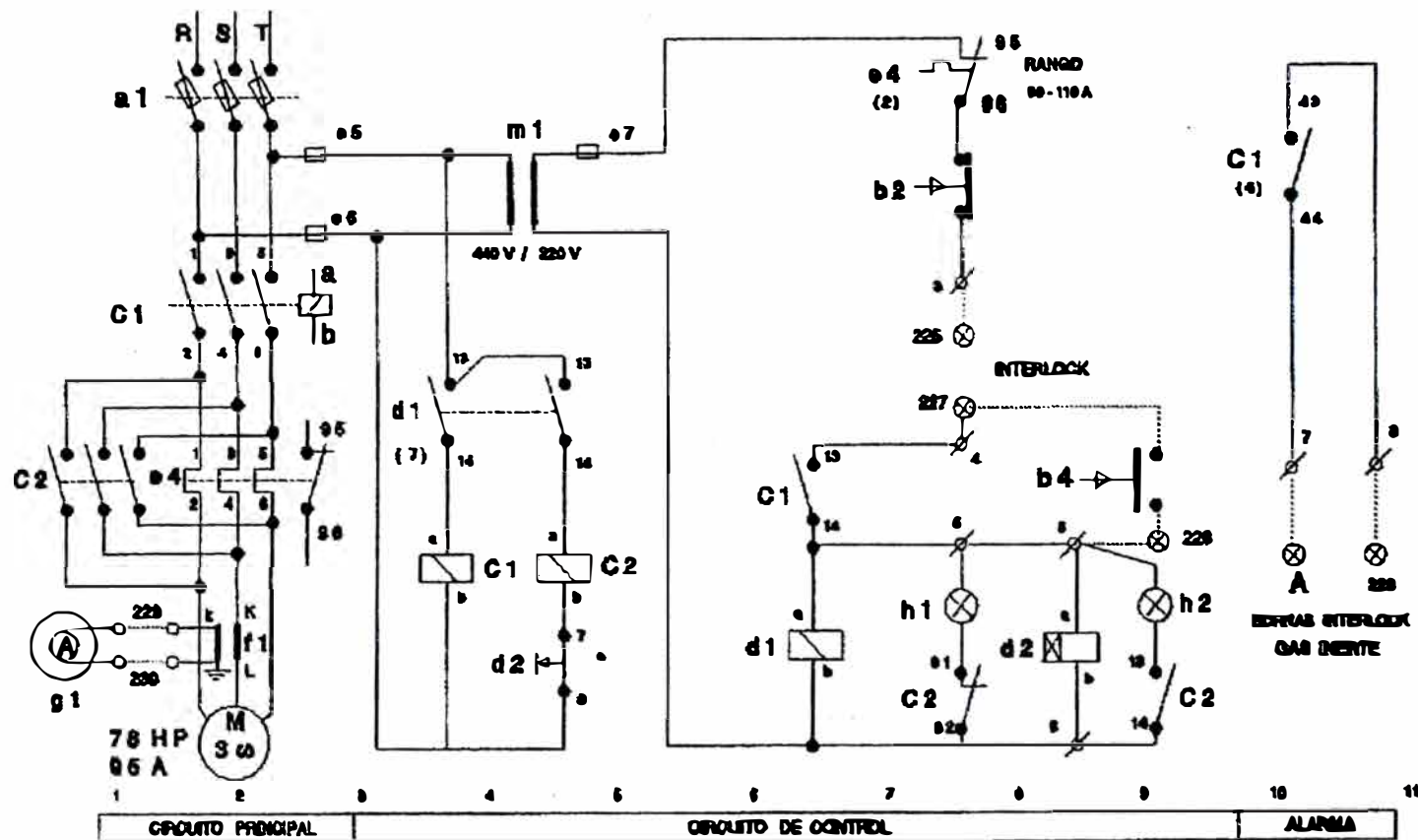
- S1 INTERRUPTOR FUSIBLE
- S2 DESCONEXION DE PANEL
- S3 CANCELACIÓN ALARMA AUDIBLE (PANEL DE COMPTO. CARGA)


## **INTERRUPTORES DE CUCHILLA**

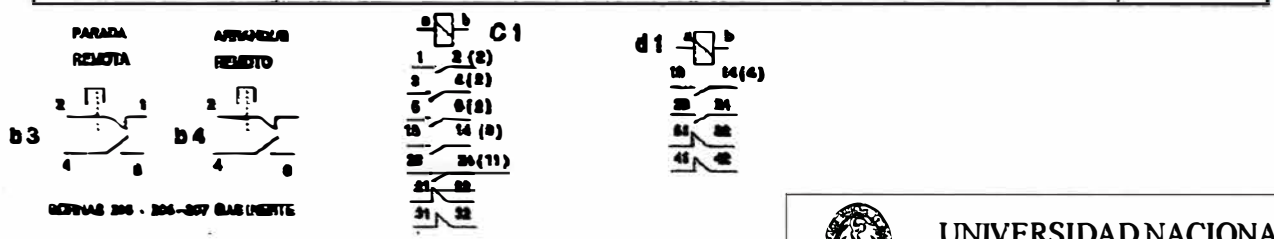
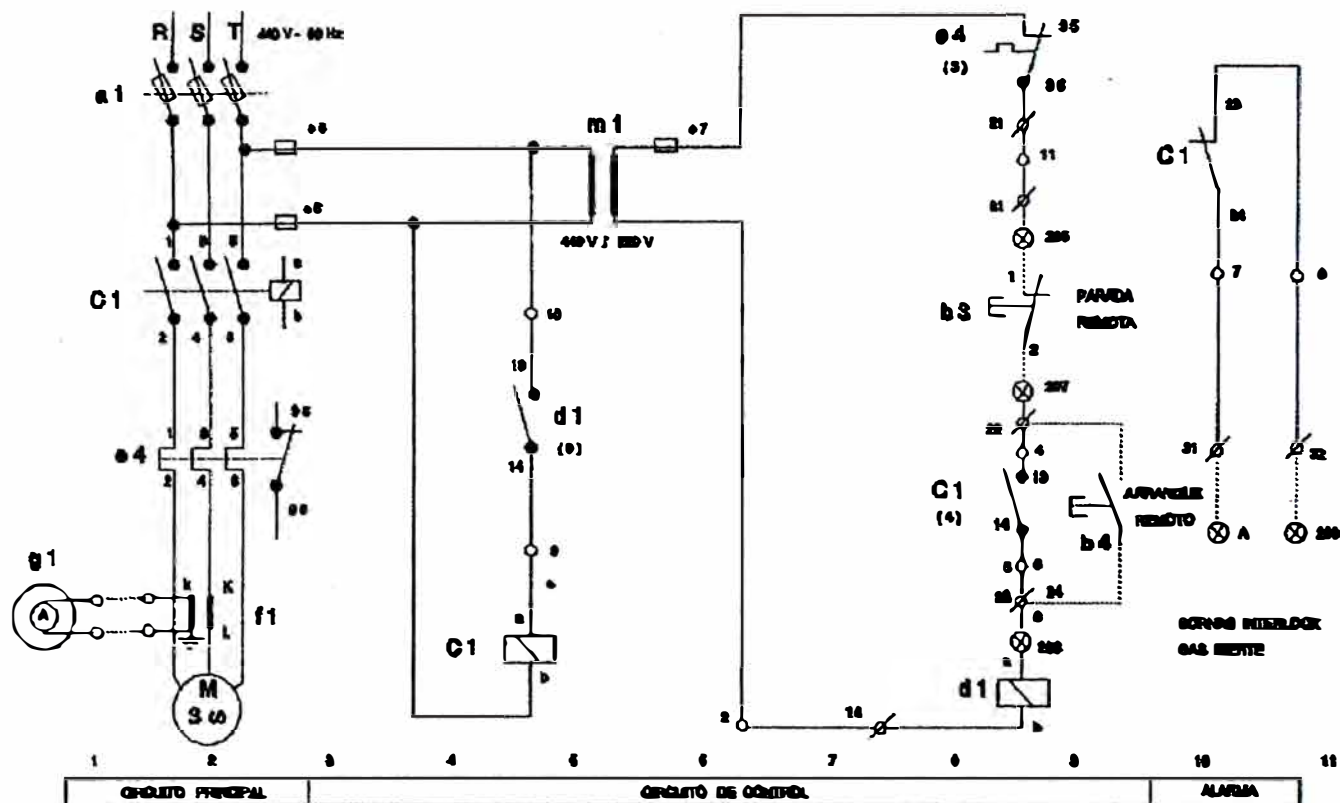
- KS1 SEPARADOR DE AIRE FRESCO


## **INTERRUPTORES DE LÍMITE**

- LS1 CERRADO SI VALVULA DE TOMA DE CALDERO AUX. ESTA CERRADA
- LS2 CERRADO SI VALVULA DE TOMA DE CALDERO AUX. ESTA ABIERTA
- LS3 CERRADO SI VALVULA DE TOMA DE CALDERO PPL. ESTA CERRADA
- LS4 CERRADO SI VALVULA DE TOMA DE CALDERO PPL. ESTA ABIERTA
- LS5 CERRADO SI VALV. DE ENTRADA AL VENTILAD. ER ESTA CERRADA
- LS6 CERRADO SI VALV. DE SALIDA DEL VENTILAD. ER ESTA ABIERTA
- LS7 CERRADO SI VALV. DE ENTRADA AL VENTILAD. ER ESTA CERRADA
- LS8 CERRADO SI VALV. DE SALIDA DEL VENTILAD. ER ESTA ABIERTA
- LS9 CERRADO SI VALV. DE ENTRADA AL VENTILAD. BR ESTA CERRADA
- LS10 CERRADO SI VALV. DE SALIDA DEL VENTILAD. BR ESTA ABIERTA
- LS11 CERRADO SI VALV. DE ENTRADA AL VENTILAD. BR ESTA CERRADA
- LS12 CERRADO SI VALV. DE SALIDA DEL VENTILAD. BR ESTA ABIERTA
- LS13 CERRADO CUANDO LA ENTRADA DE AIRE FRESCO ESTA CERRADA
- LS14 CERRADO CUANDO LA ENTRADA DE AIRE FRESCO ESTA ABIERTA



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		
DISEÑO: J. Mera REVISIÓN: J. Mera FECHA: ENE - 2010	<b>DIAGRAMA ARRANCADOR          VENTILADOR PLANTA          DE GAS INERTE</b>	PLANO: 04

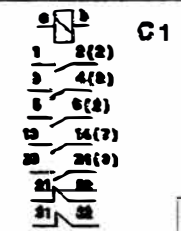
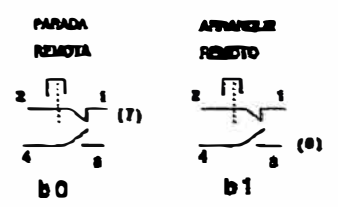
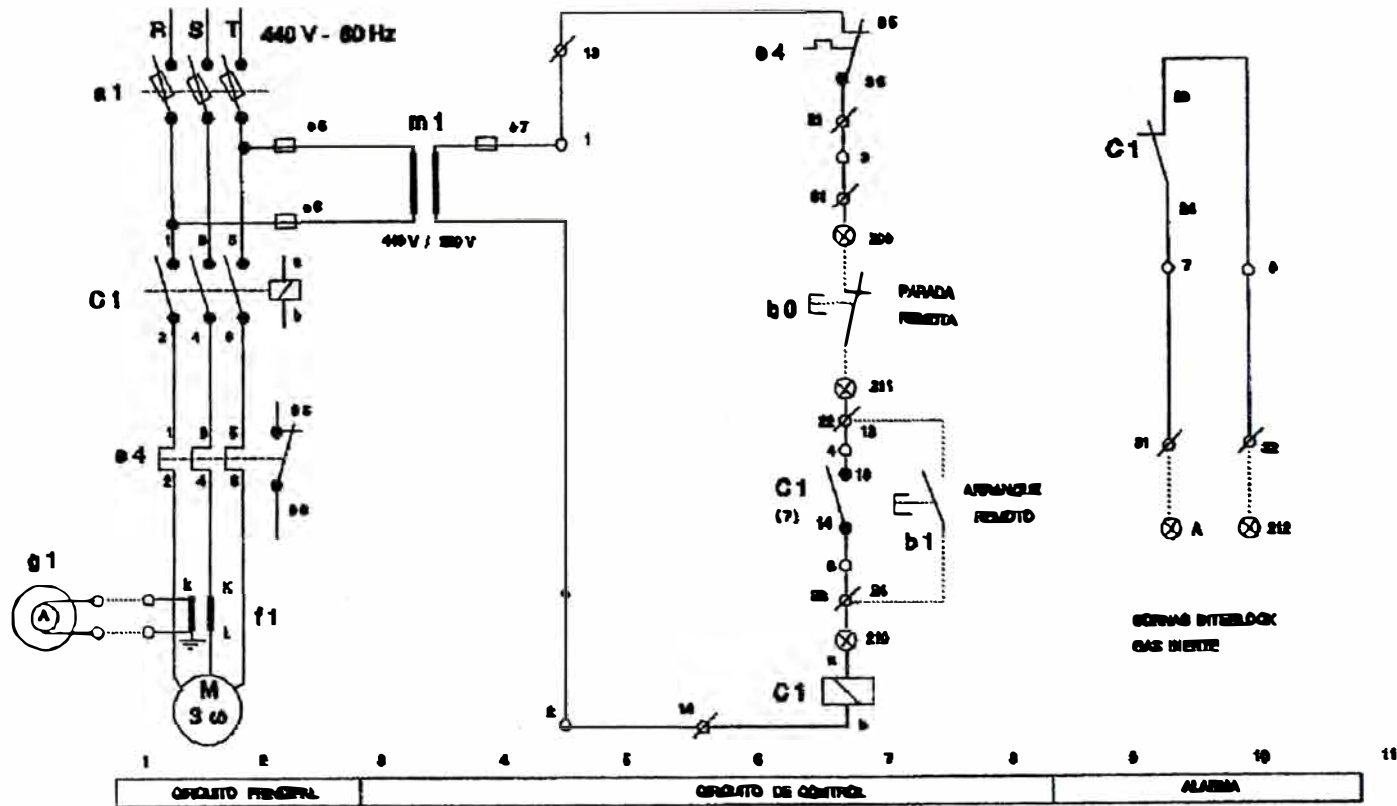

































**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA


DISEÑO: J. Mora	<b>DIAGRAMA ARRANCADOR BOMBA ALIMENTACIÓN AGUA SALADA-GAS INERTE</b>	PLANO: 05
REVISIÓN: J. Mora		
FECHA: ENE - 2010		





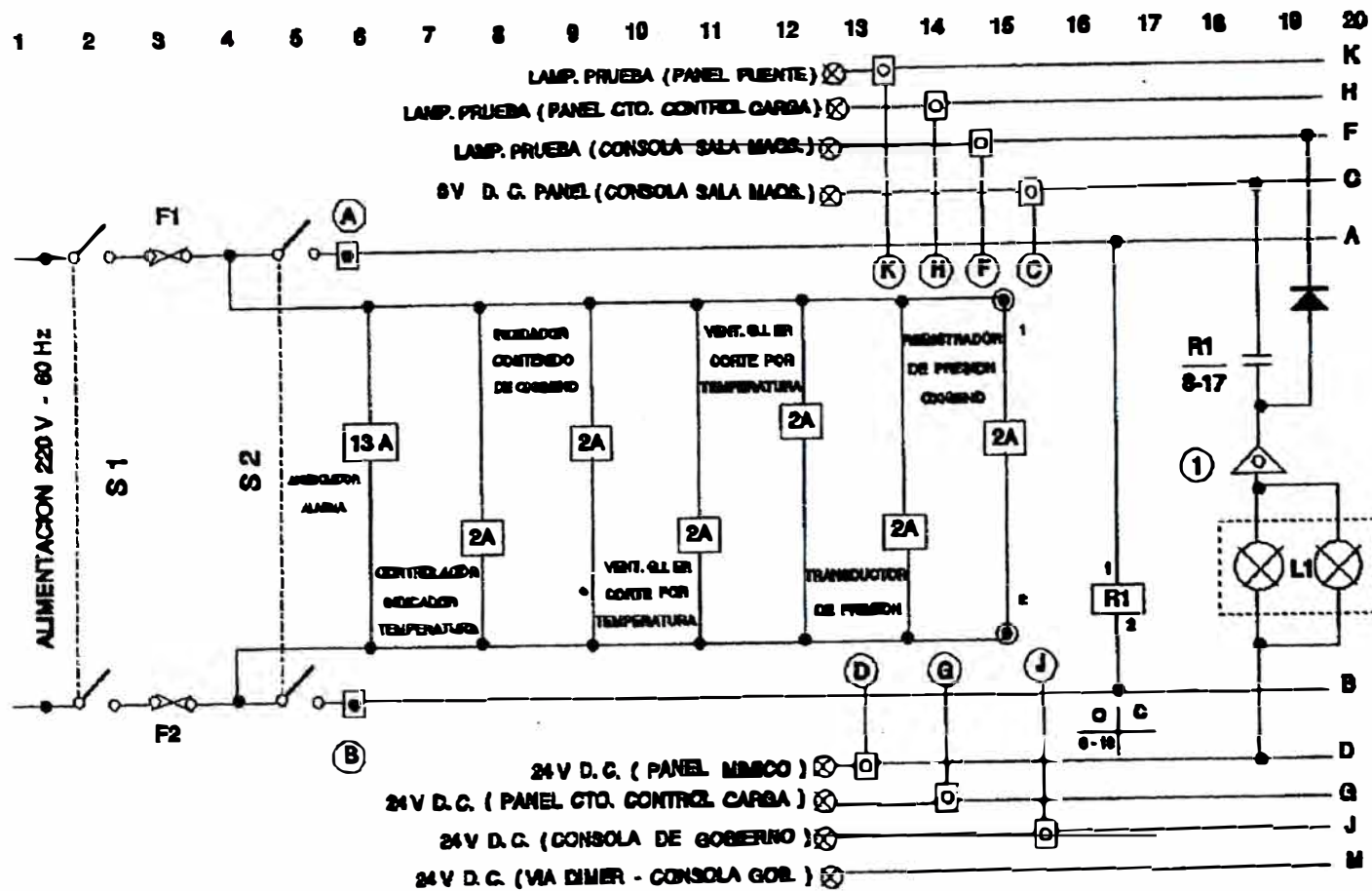
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>		
DISEÑO: J. Mera	<p>DIAGRAMA ARRANCADOR</p> <p>BOMBA AGUA SALADA</p> <p>SELLOS - GAS INERTE</p>	<p>PLANO: 06</p>
REVISIÓN: J. Mera		
FECHA: ENE - 2010		

	<b>CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>		<b>RELAYO NORMAL CERRADO</b>		<b>RELAYO NORMAL ABIERTO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>
	<b>CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO</b>		<b>CONTACTO NORMALMENTE CERRADO</b>
	<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>		<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>		<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>		<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>		<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>		<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>		<b>VALVULA SOLENOIDE &amp; VALV S</b>
	<b>TERMINALES PANEL DE INSTRUMENTOS</b>		<b>TERMINALES PANEL DE CARRA</b>		<b>TERMINALES DE MACHOS DE MACHOS MACHOS MACHOS CARRA CONTROL</b>		<b>TERMINALES DE MACHOS DE MACHOS CARRA CONTROL</b>		<b>TERMINALES DE MACHOS DE MACHOS CARRA CONTROL</b>		<b>TERMINALES DE MACHOS DE MACHOS CARRA CONTROL</b>		<b>TERMINALES DE MACHOS DE MACHOS CARRA CONTROL</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora	SIMBOLOGÍA	PLANO: 07
REVISIÓN: J. Mora	COMPONENTE SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO	
FECHA: ENE - 2010		



DISTRIBUCION DE ENERGIA



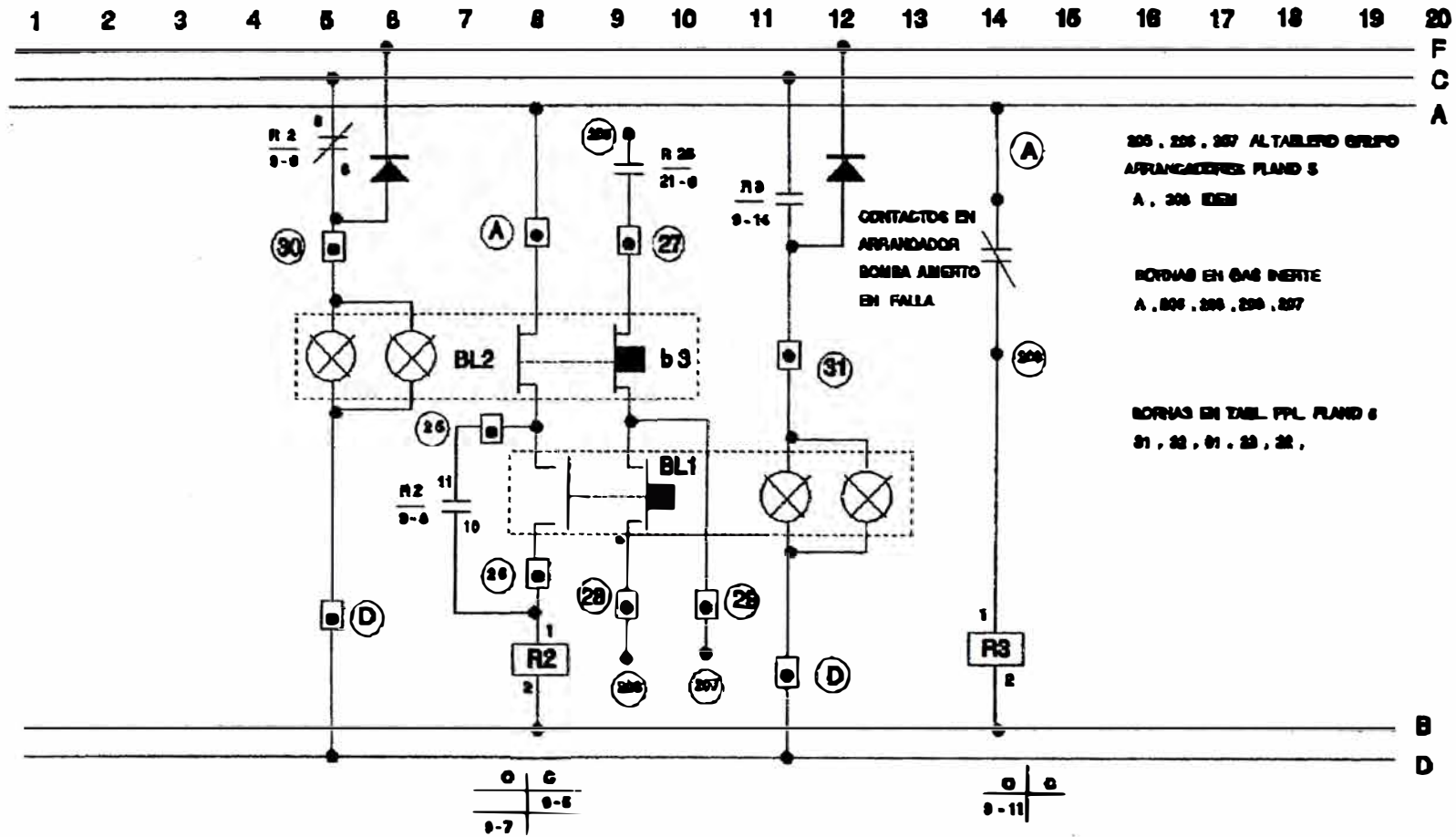
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 08



**BOMBA AGUA SALADA TORRE DE LIMPIEZA**

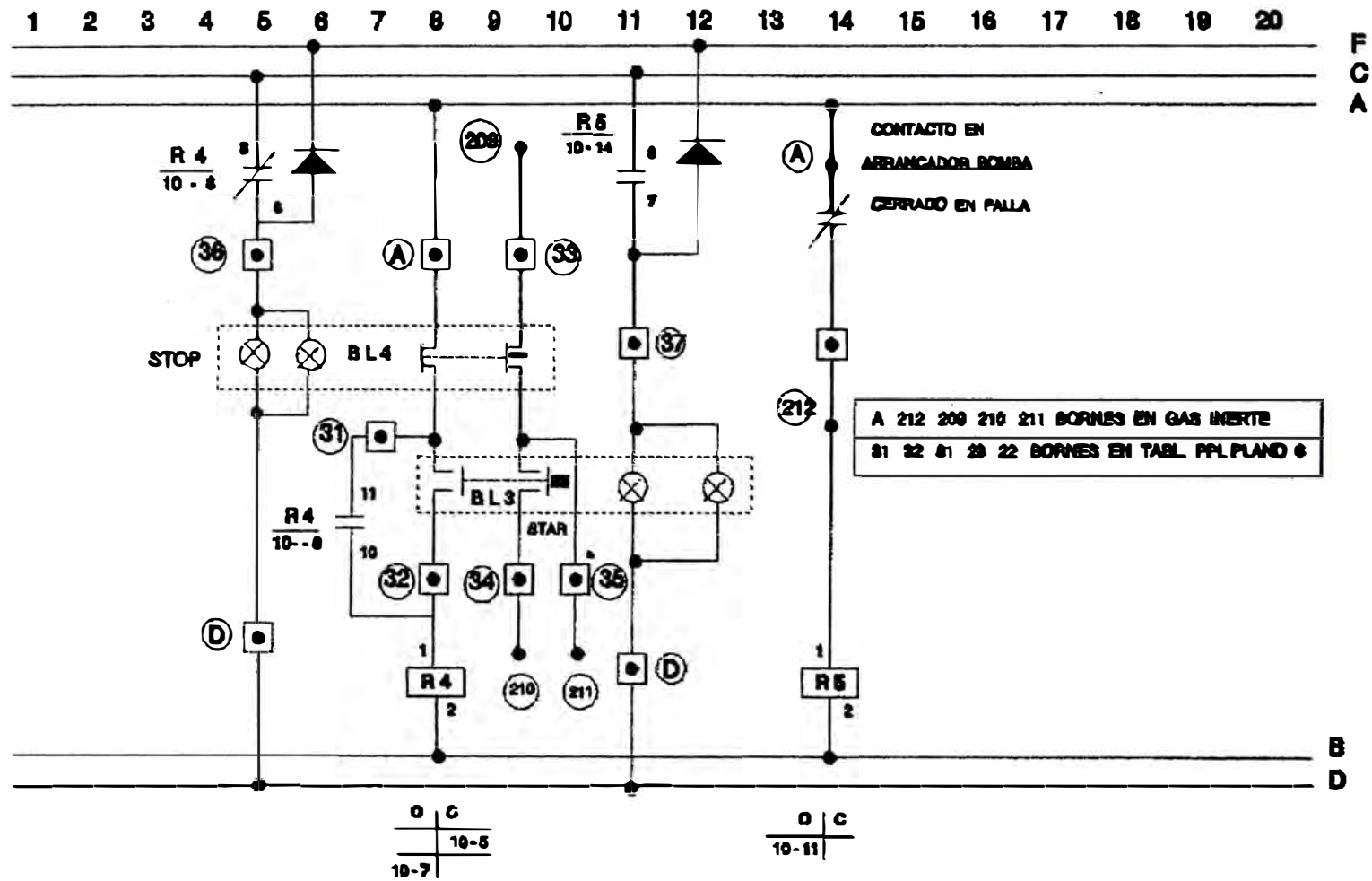


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y  
ALARMAS

PLANO: 09



BOMBA AGUA SALADA DE SELLOS

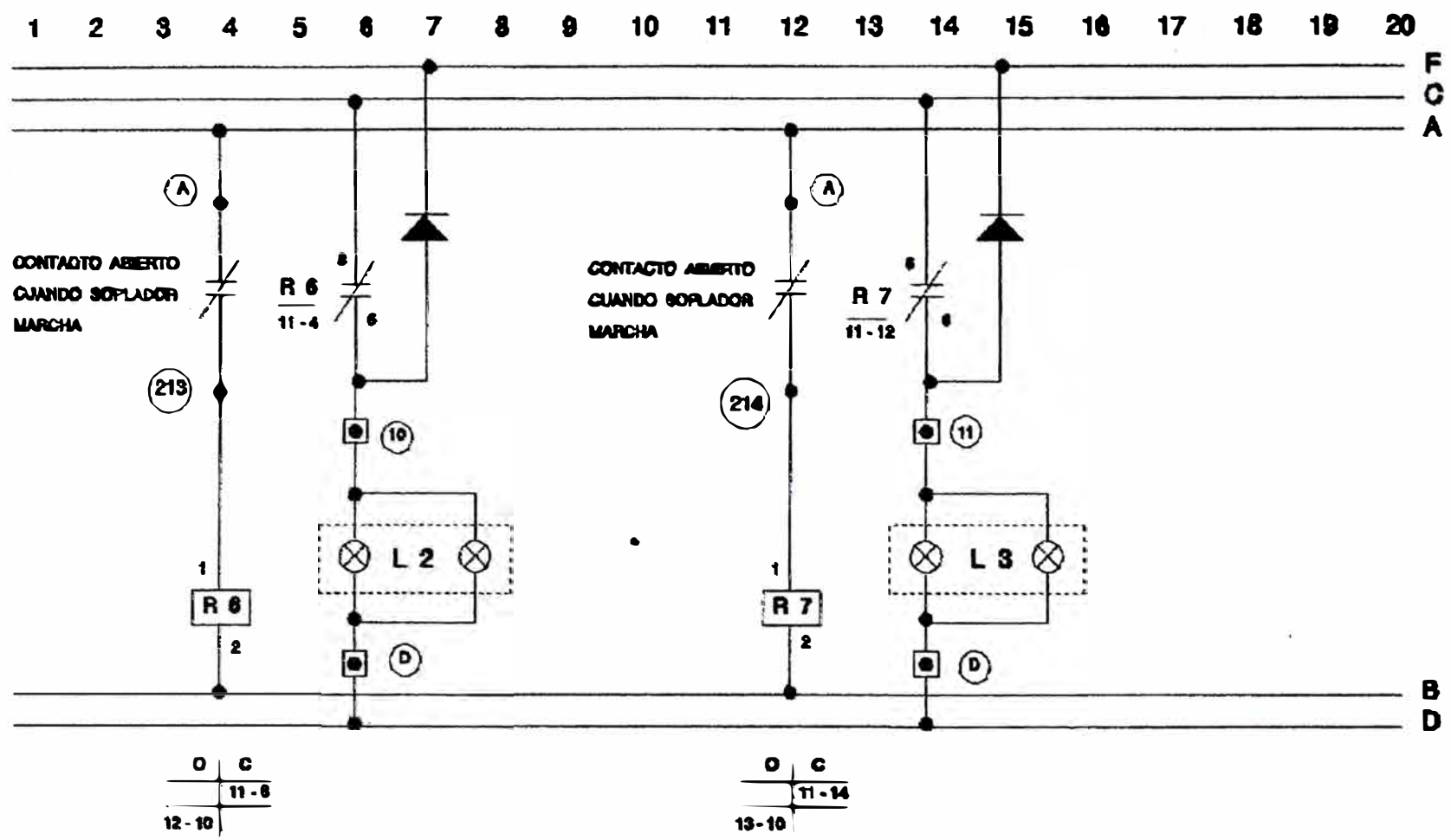


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 10



SOPLADOR ESTRIBOR DE HOLLIN

SOPLADOR BABOR DE HOLLIN



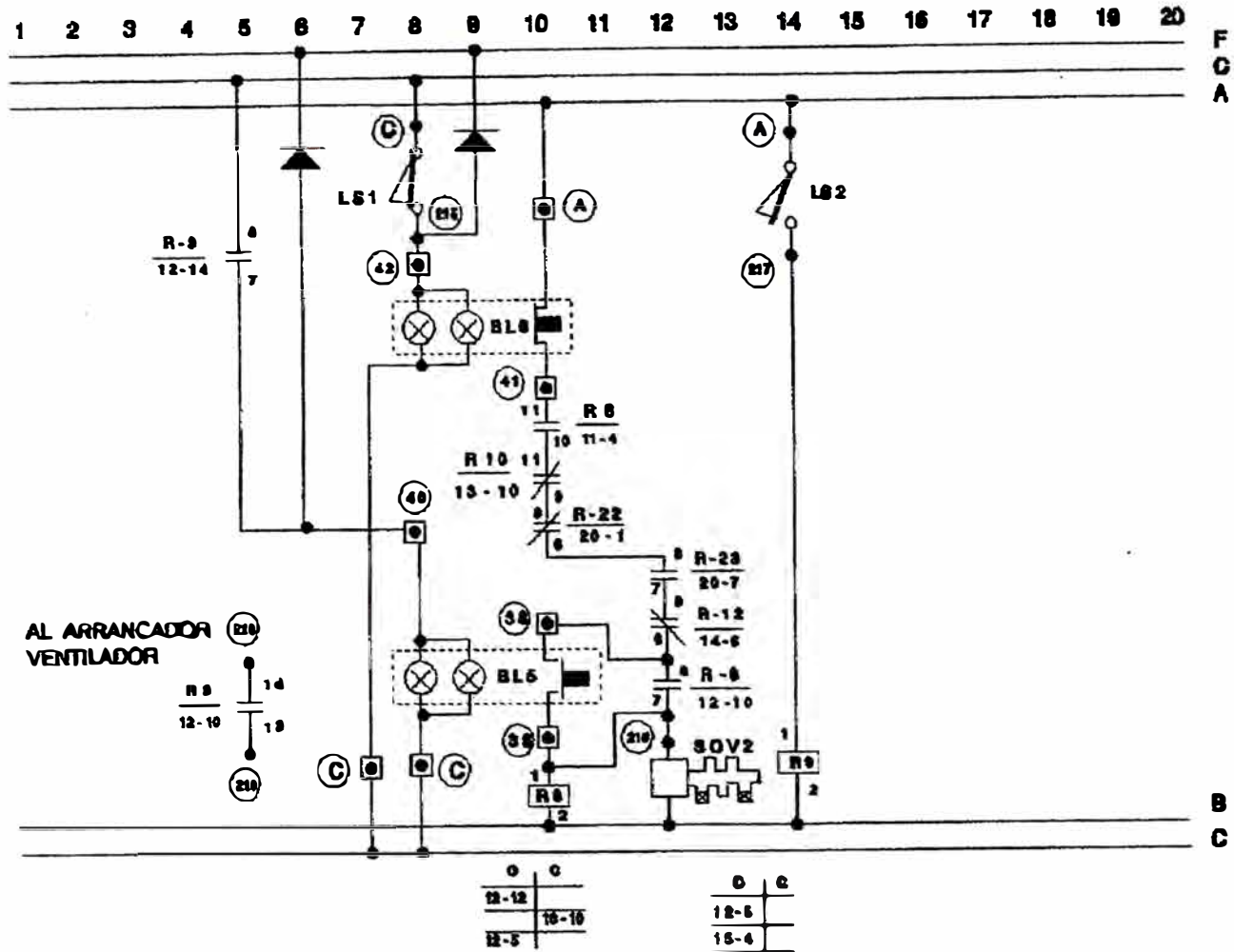
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y  
ALARMAS

PLANO: 11





VALVULA TOMA DE GASES CALDERA AUXILIAR

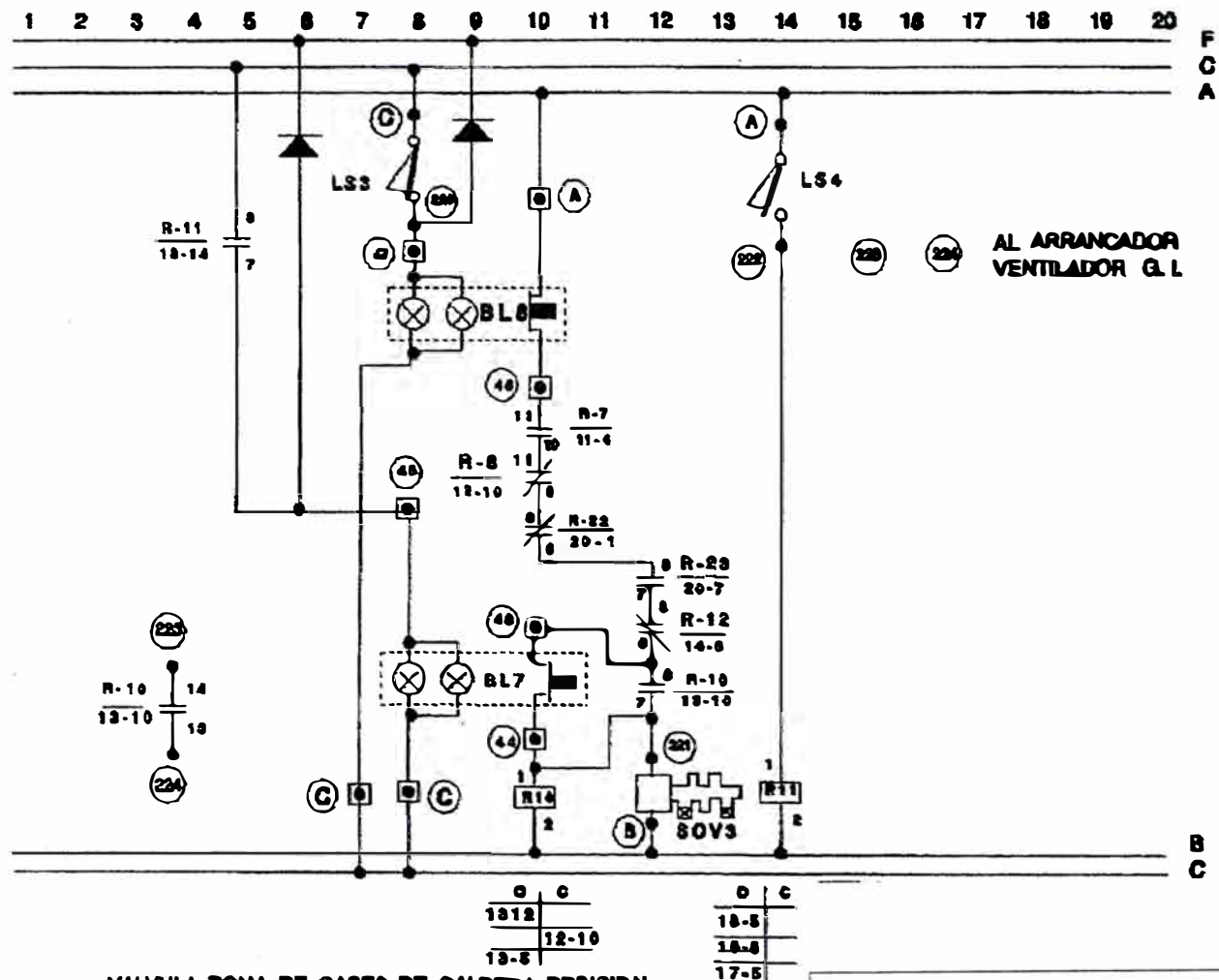


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIARÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 12



VALVULA TOMA DE GASES DE CALDERA PRINCIPAL

AL ARRANCADOR VENTILADOR G.L



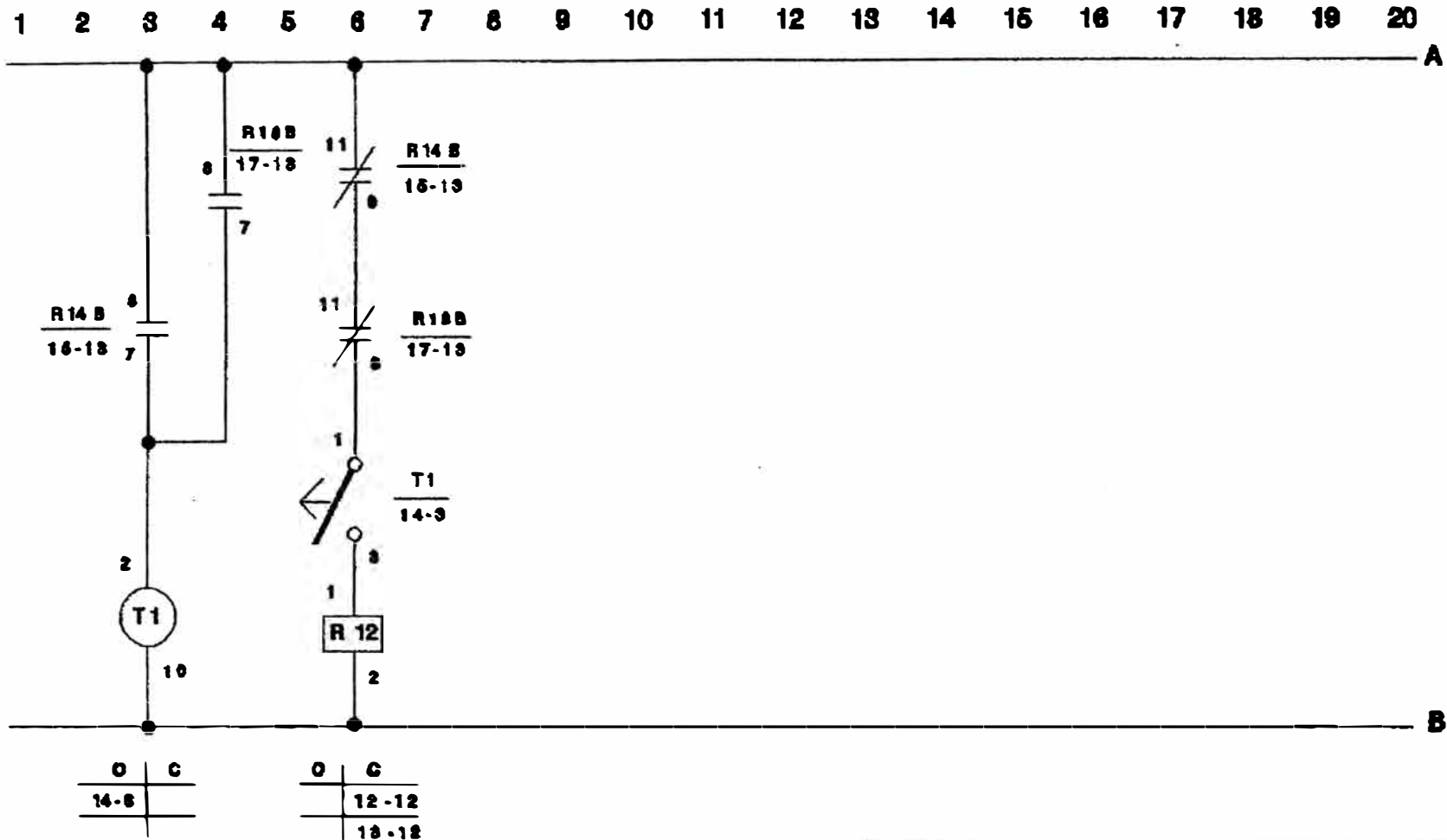
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE INTERLOCKS Y ALARMAS GAS INERTE

PLANO: 13





**DISPARO B.U.V. (BOILER UPTAKE)**

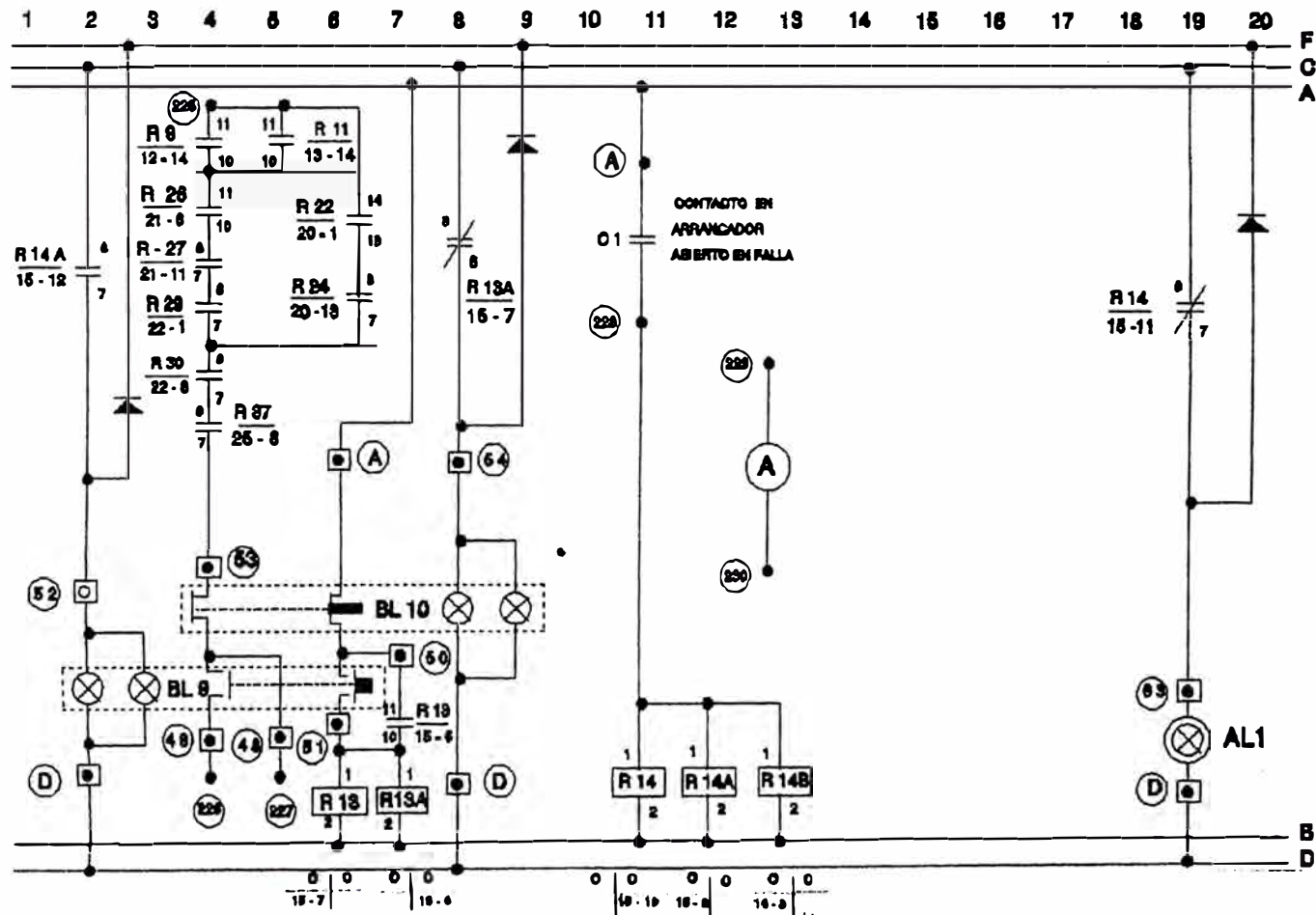


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010


DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

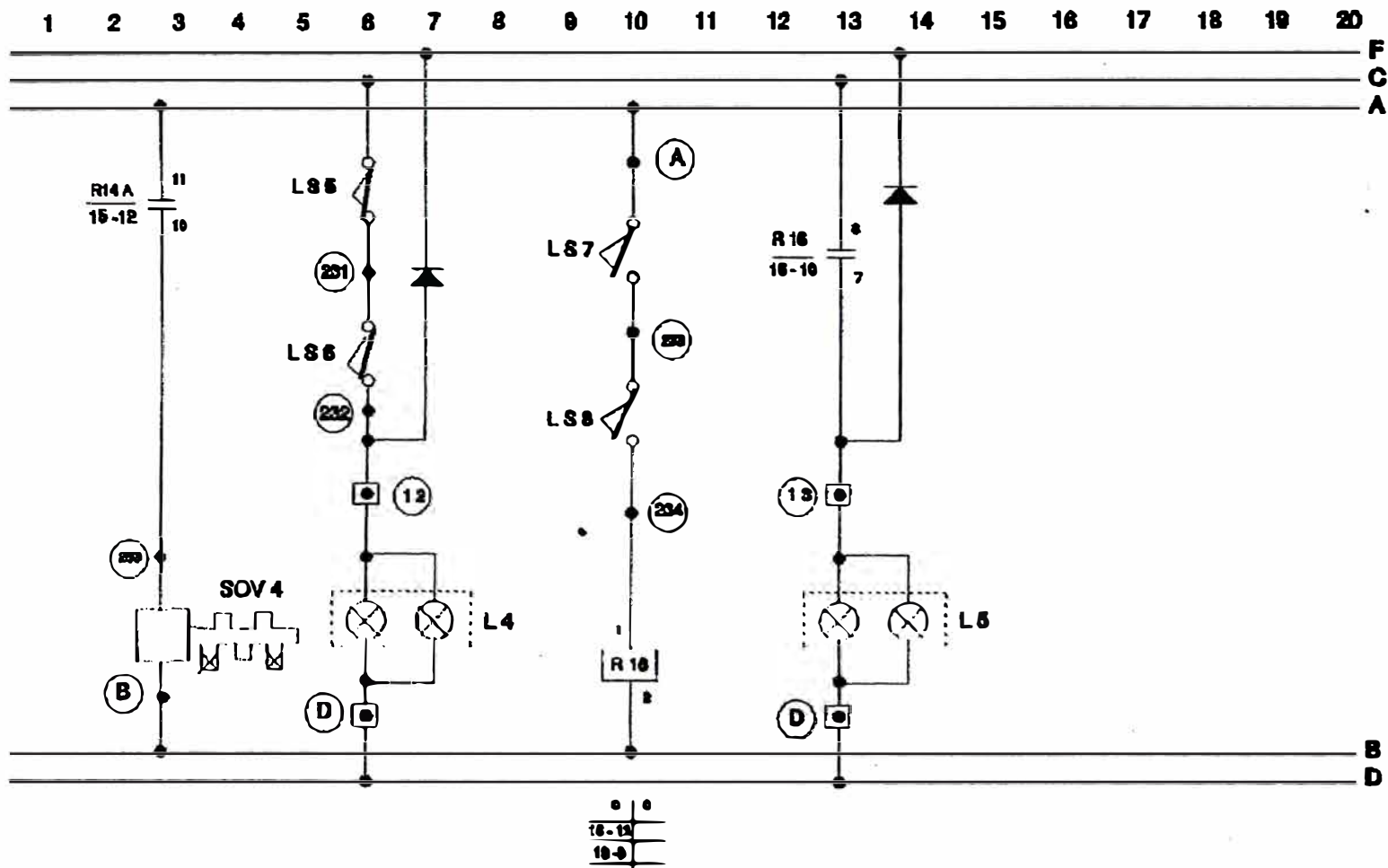
PLANO: 14



229, 230, 231 AL ARRANCADOR MOTOR VENTILADOR EN  
 A, 236 AL ARRANCADOR MOTOR VENTILADOR EN  
 229, 230 AL ARRANCADOR MOTOR VENTILADOR EN

MOTOR VENTILADOR "ER"

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA		
DISEÑO: J. Mora REVISIÓN: J. Mora FECHA: ENE - 2010	<b>DIAGRAMA CIRCUITO DE          INTERLOCKS Y ALARMAS          GAS INERTE</b>	PLANO: 15



VENTILADOR "ER" VALVULAS DE AISLAMIENTO

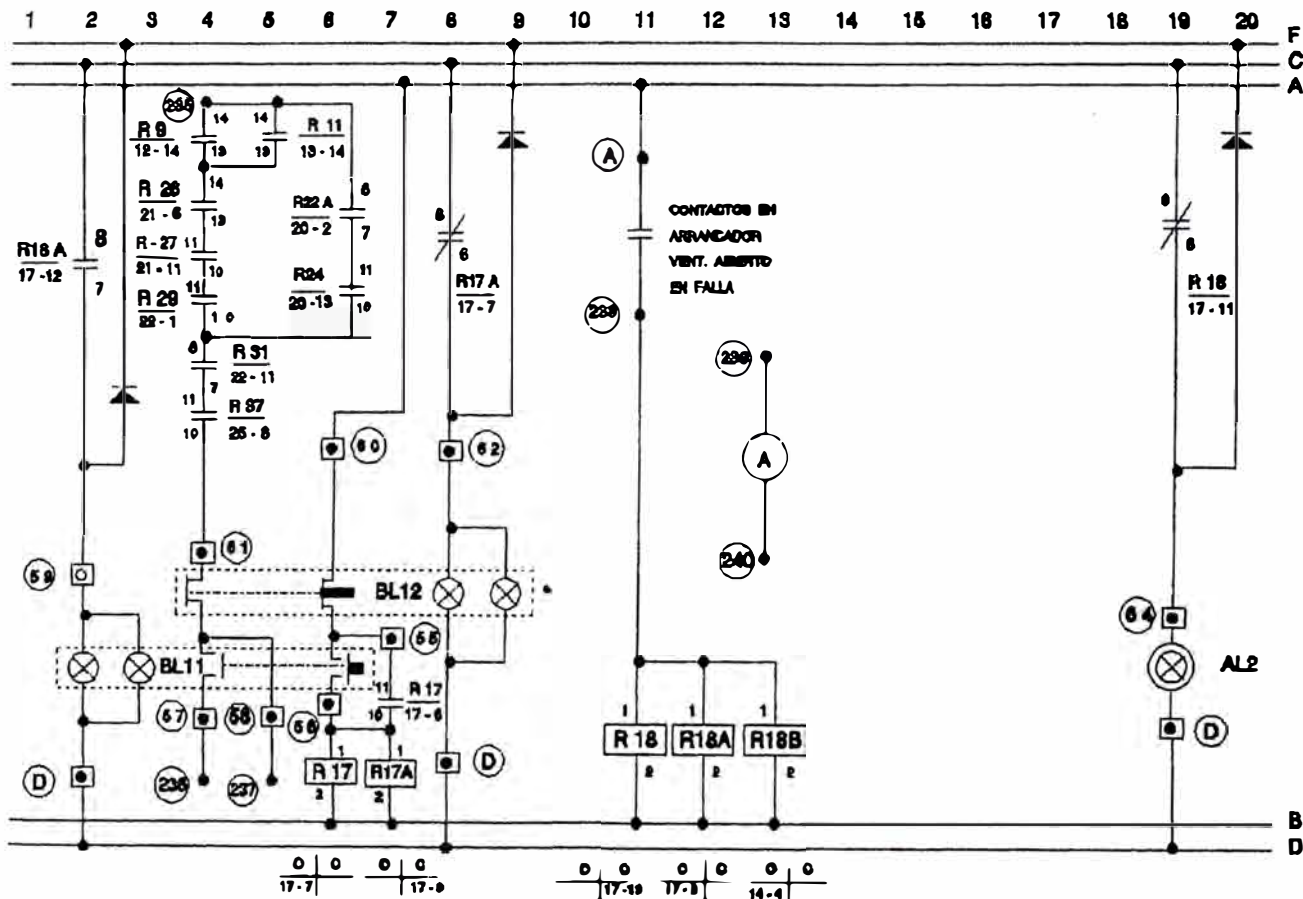


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
 INTERLOCKS Y ALARMAS  
 GAS INERTE

PLANO: 16



236, 238, 237 AL ARRANCADOR MOTOR VENTILADOR BR  
 A, 238 AL ARRANCADOR MOTOR VENTILADOR BR  
 239, 240 AL ARRANCADOR MOTOR VENTILADOR BR

**MOTOR VENTILADOR "BR"**

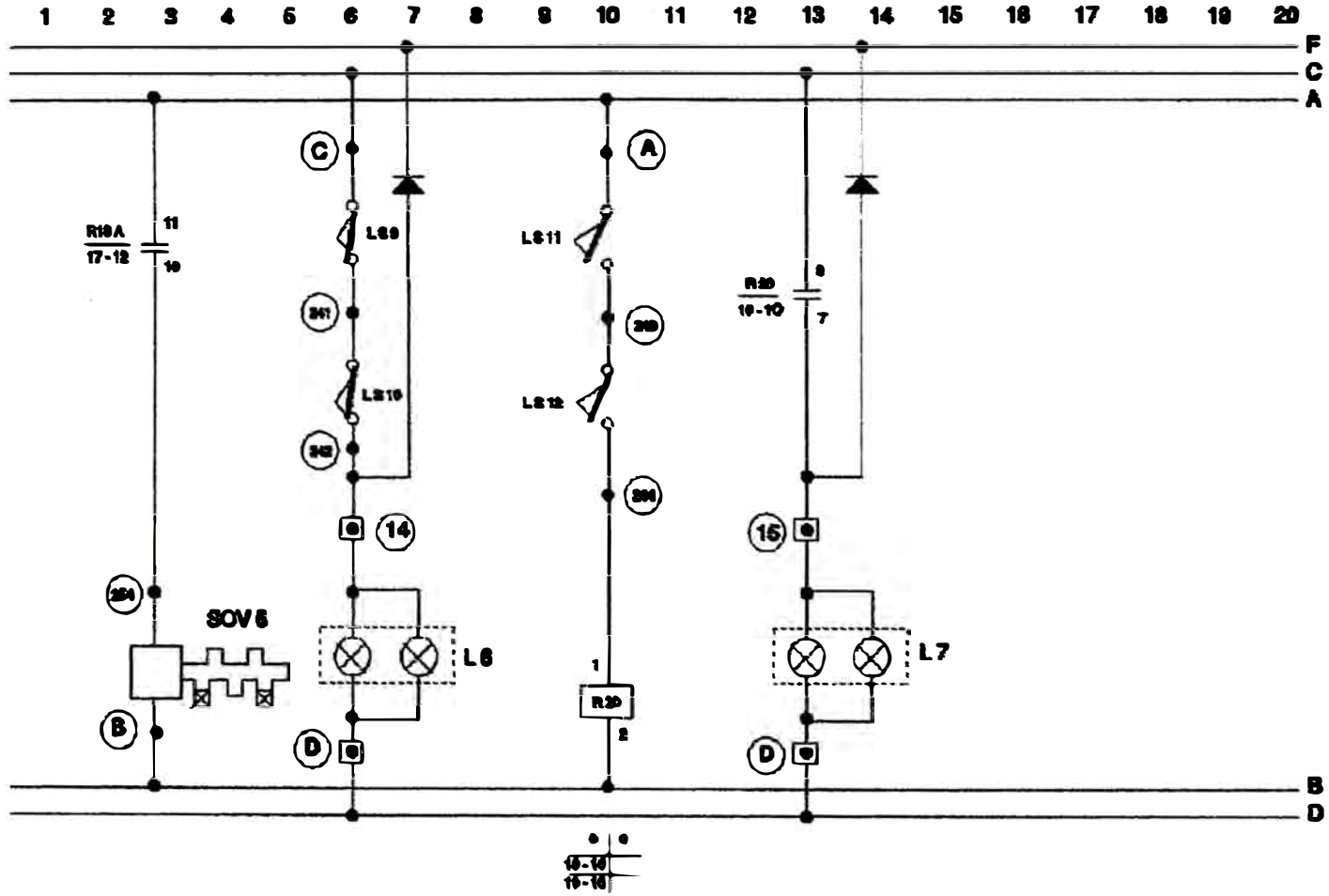


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA


DISEÑO: J. Mora  
 REVISIÓN: J. Mora  
 FECHA: ENE - 2010

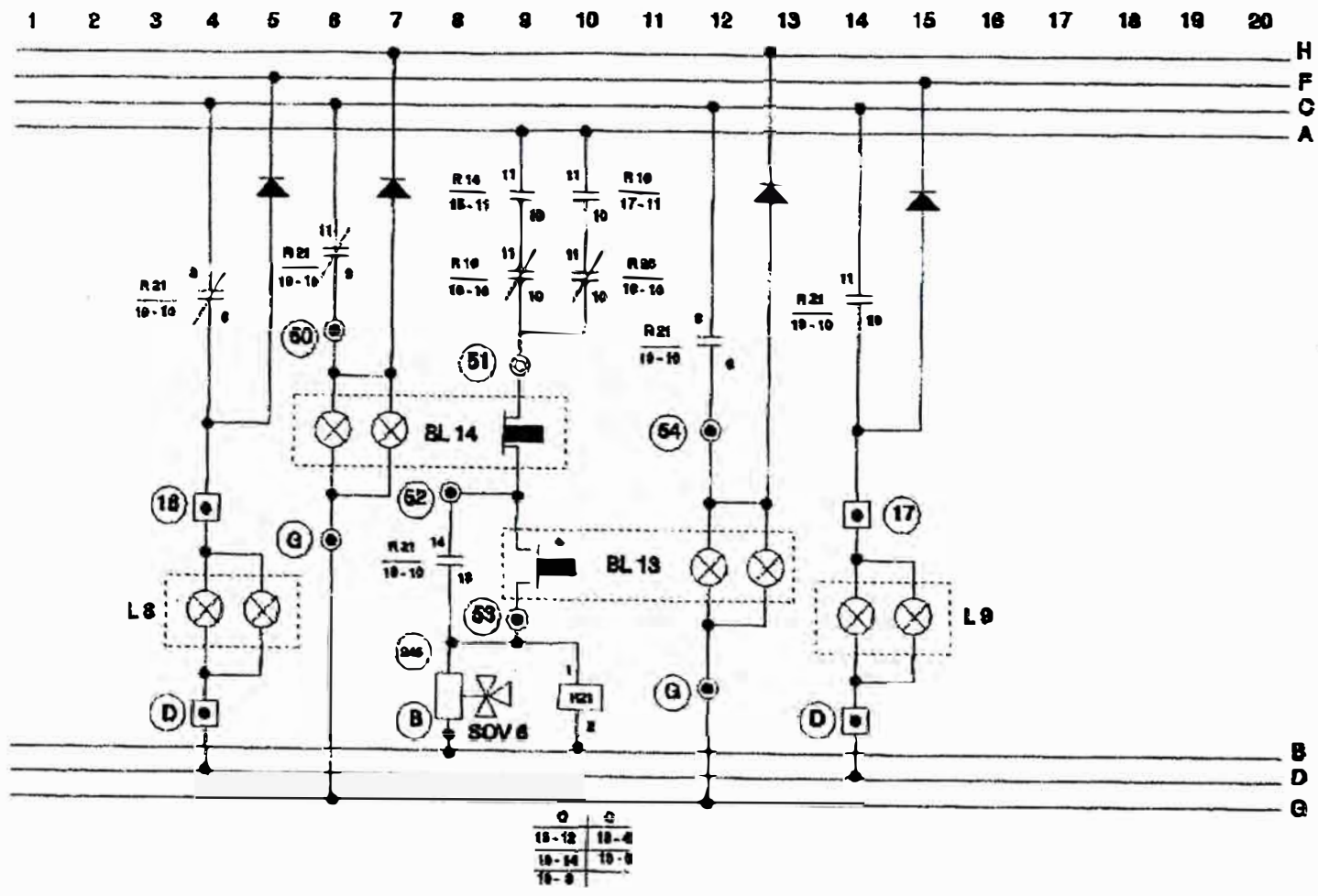
**DIAGRAMA CIRCUITO DE  
 INTERLOCKS Y ALARMAS  
 GAS INERTE**

PLANO: 17




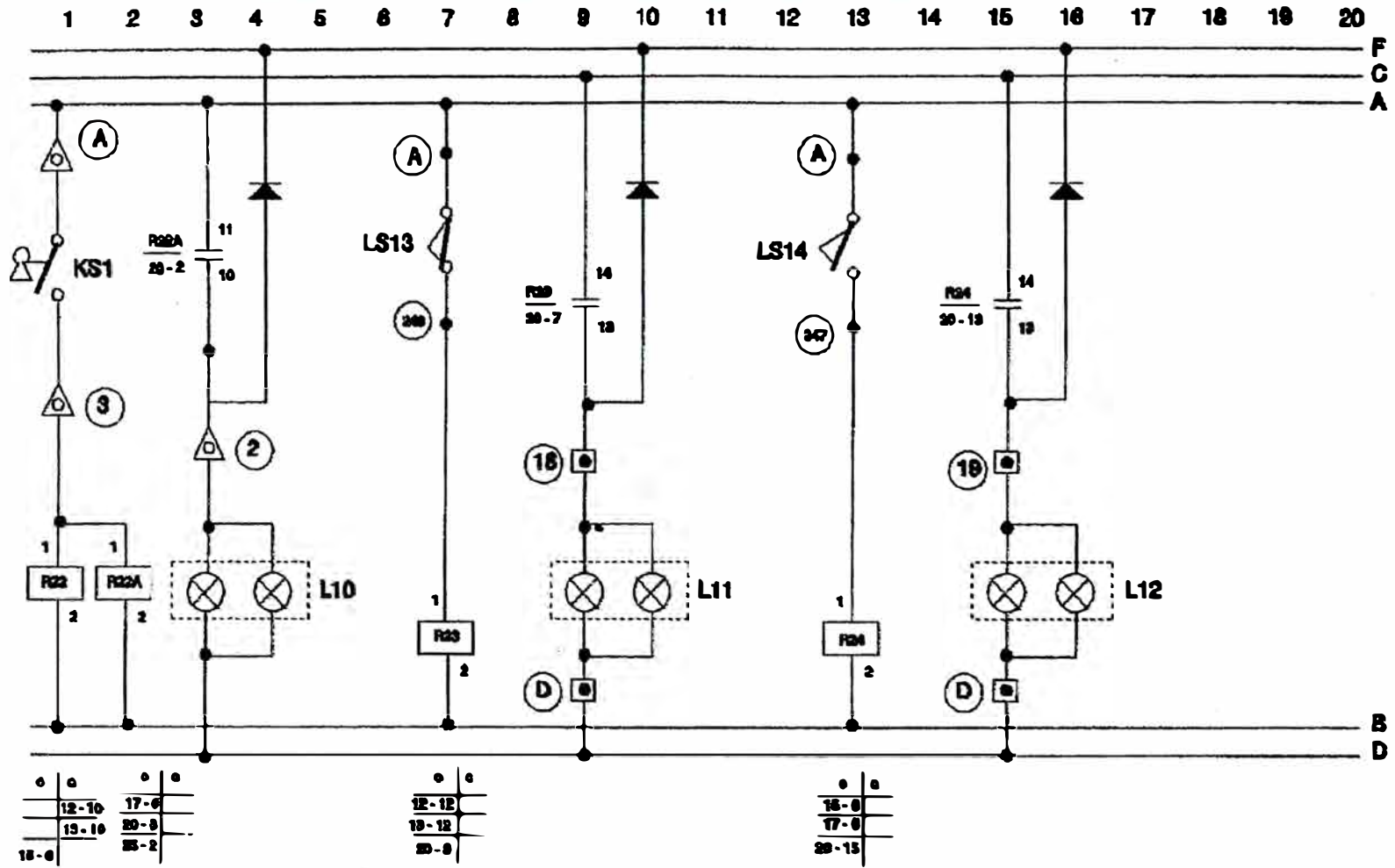
VENTILADOR "BR" VALVULA DE AISLAMIENTO

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>		
DISEÑO: J. Mera	<p>DIAGRAMA CIRCUITO DE INTERLOCKS Y ALARMAS GAS INERTE</p>	<p>PLANO: 18</p>
REVISIÓN: J. Mera		
FECHA: ENE - 2010		



SISTEMA DE DESCARGA / RECIRCULACION

 <p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA</p>		
DISEÑO: J. Mora REVISIÓN: J. Mora FECHA: ENE - 2010	<b>DIAGRAMA CIRCUITO DE INTERLOCKS Y ALARMAS GAS INERTE</b>	PLANO: 19



SELECCION DE AIRE FRESCO



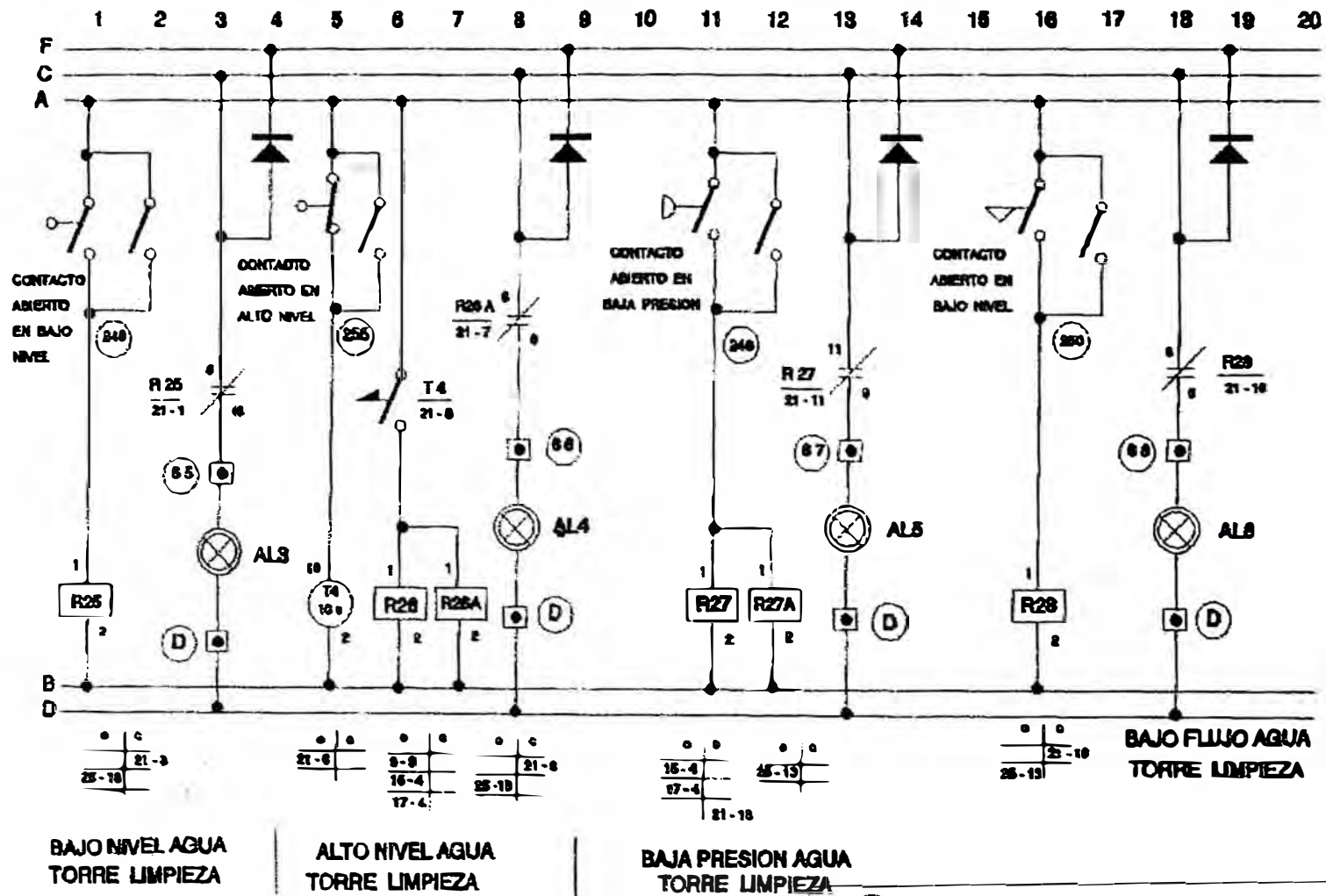
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 20





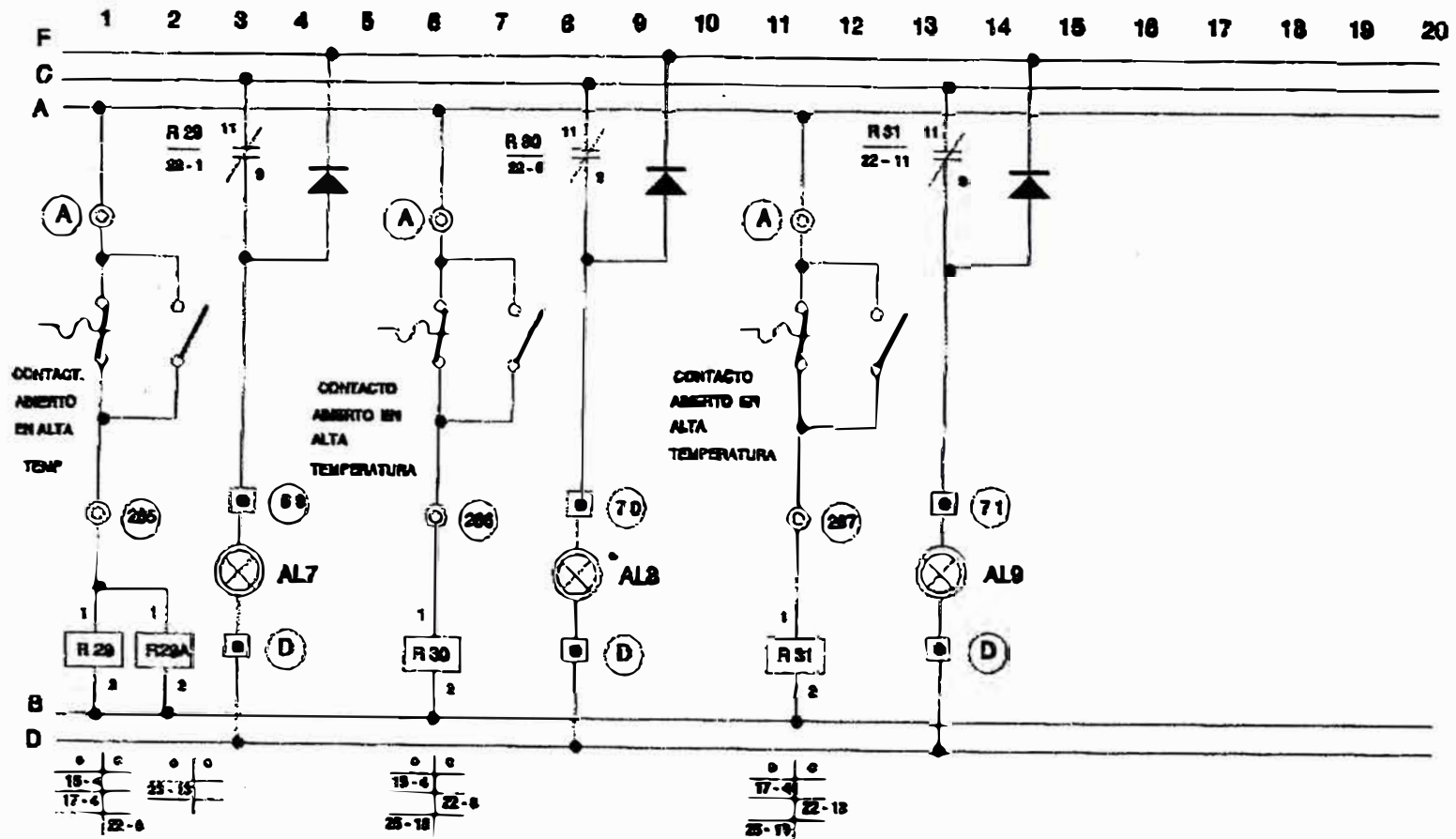
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIARÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 21





ALTA TEMPERATURA DE GAS  
DESPUES DE TORRE DE LAVADO

ALTA TEMPERATURA DE  
GAS - VENTILADOR "E" R "

ALTA TEMPERATURA DE  
GAS - VENTILADOR "BR" "

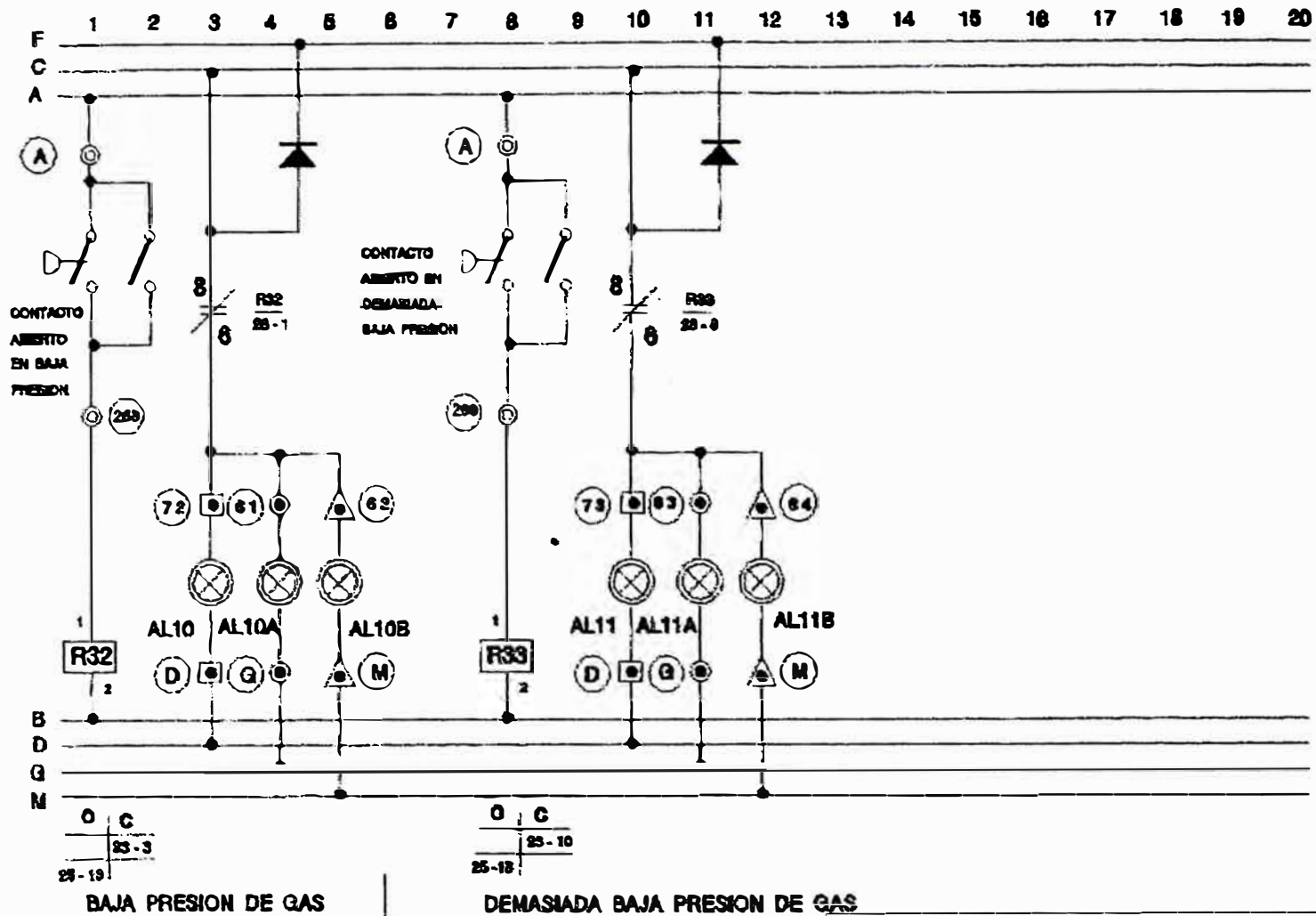


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
REVISIÓN: J. Mera  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 22



BAJA PRESION DE GAS

DEMASIADA BAJA PRESION DE GAS

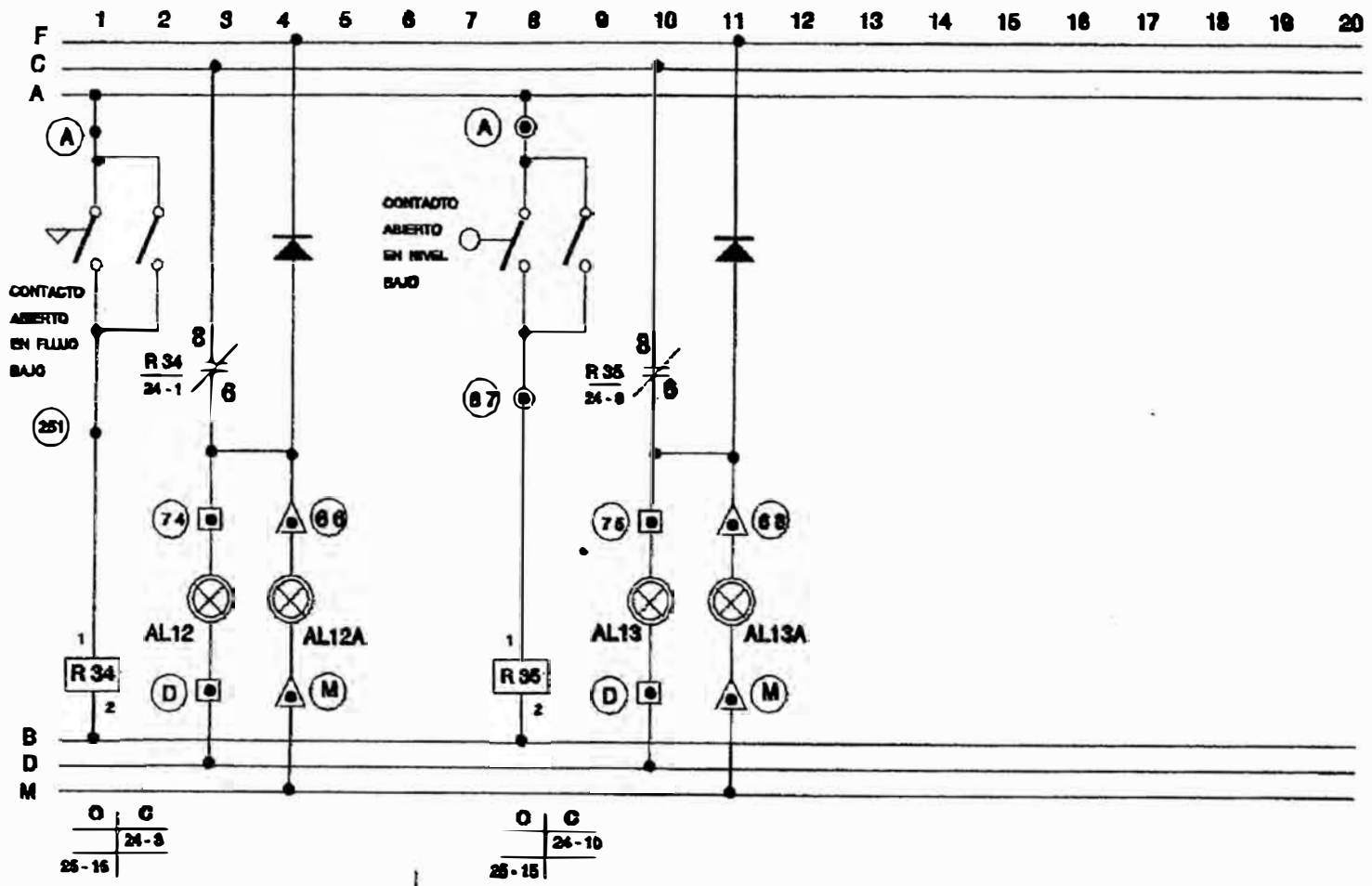


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 23



FLUJO DE AGUA SELLO CTA BAJO

NIVEL AGUA SELLO DE CTA BAJO

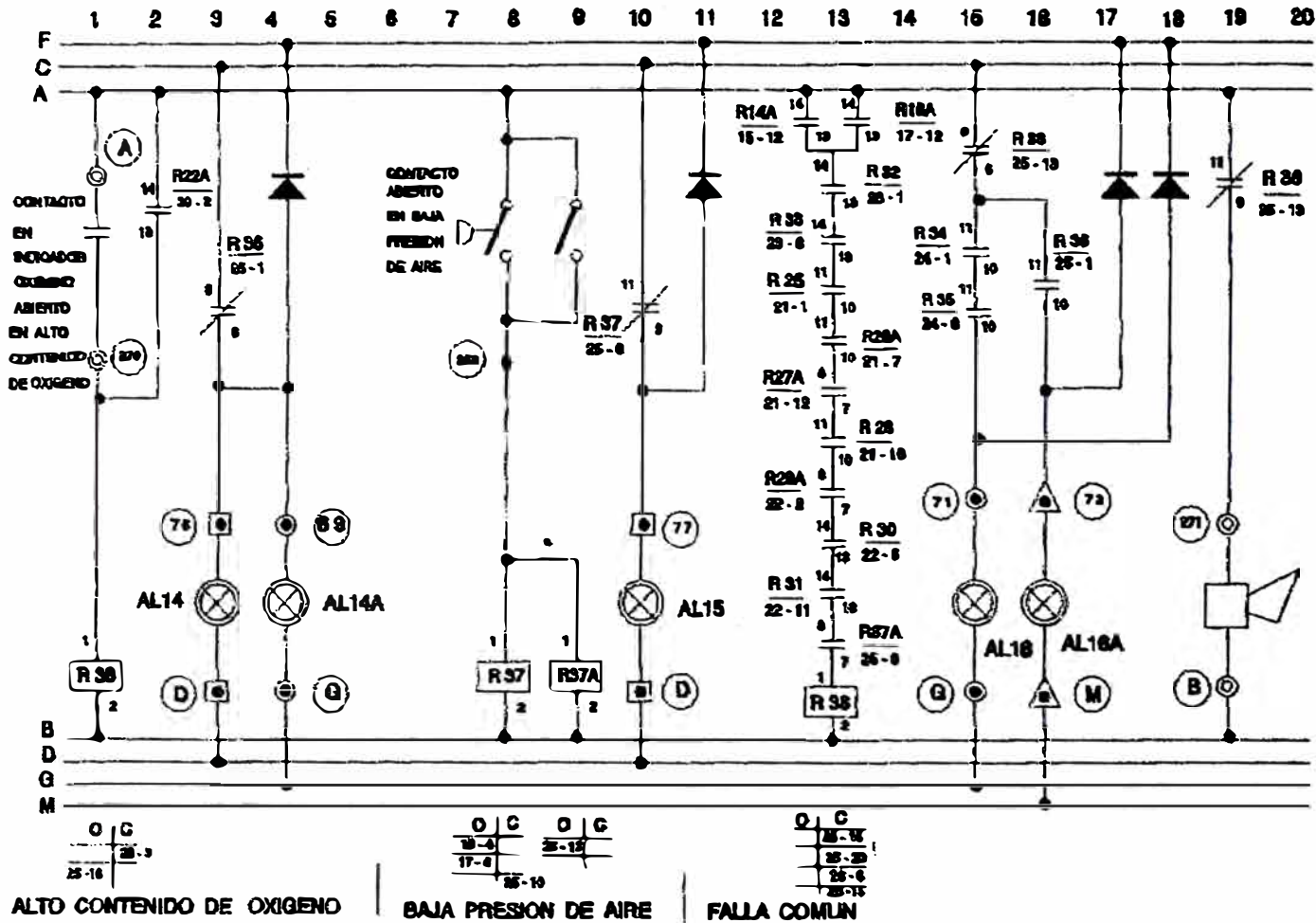


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE

PLANO: 24

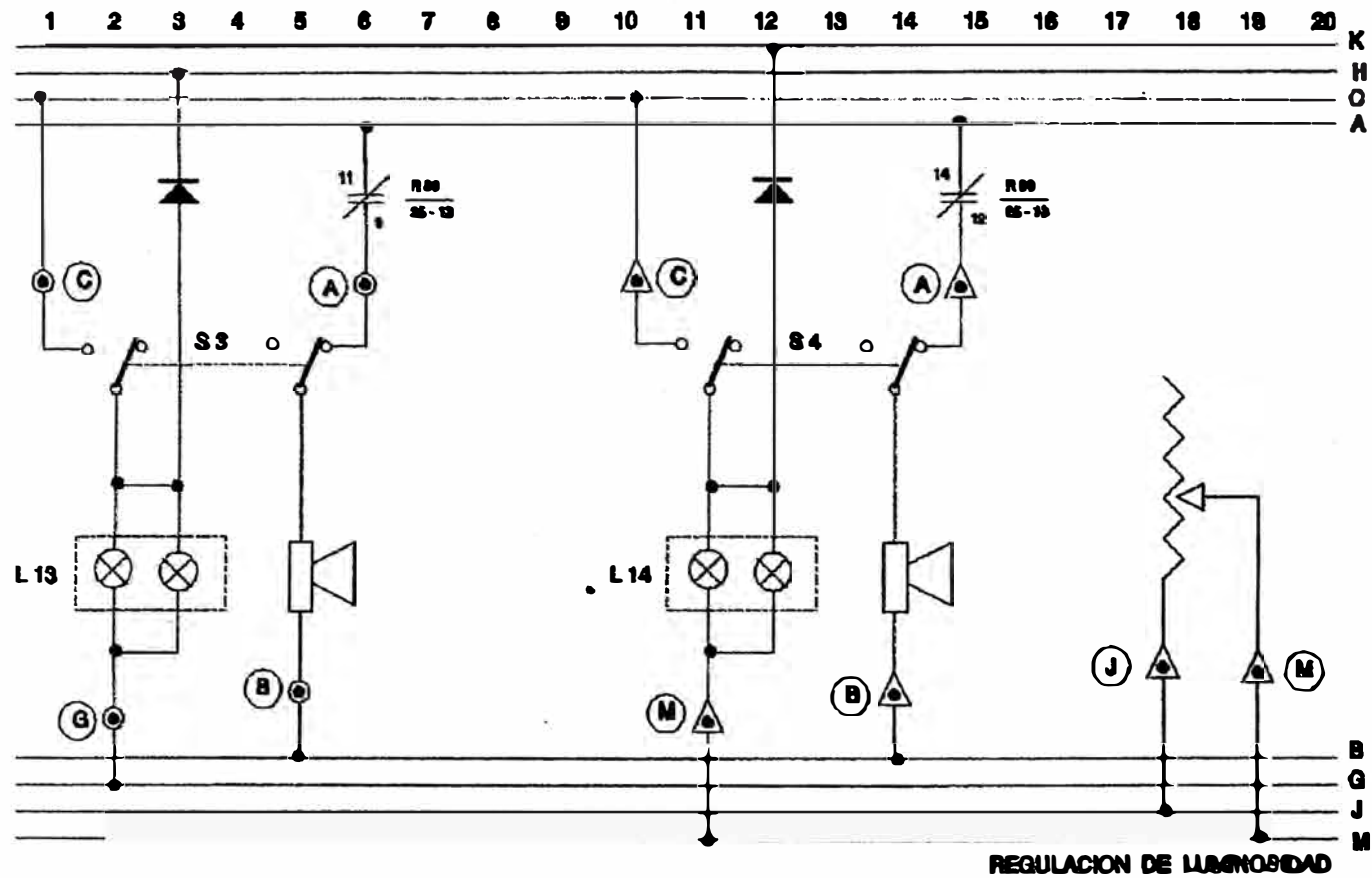


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
 REVISION: J. Mera  
 FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
 INTERLOCKS Y ALARMAS  
 GAS INERTE

PLANO: 25



ALARMA AUDIBLE  
 CANCELACION ALARMA AUDIBLE  
 ( Panel Cto. Control Carga )

ALARMA AUDIBLE  
 CANCELACION ALARMA AUDIBLE  
 ( Panel Consola Gobierno )

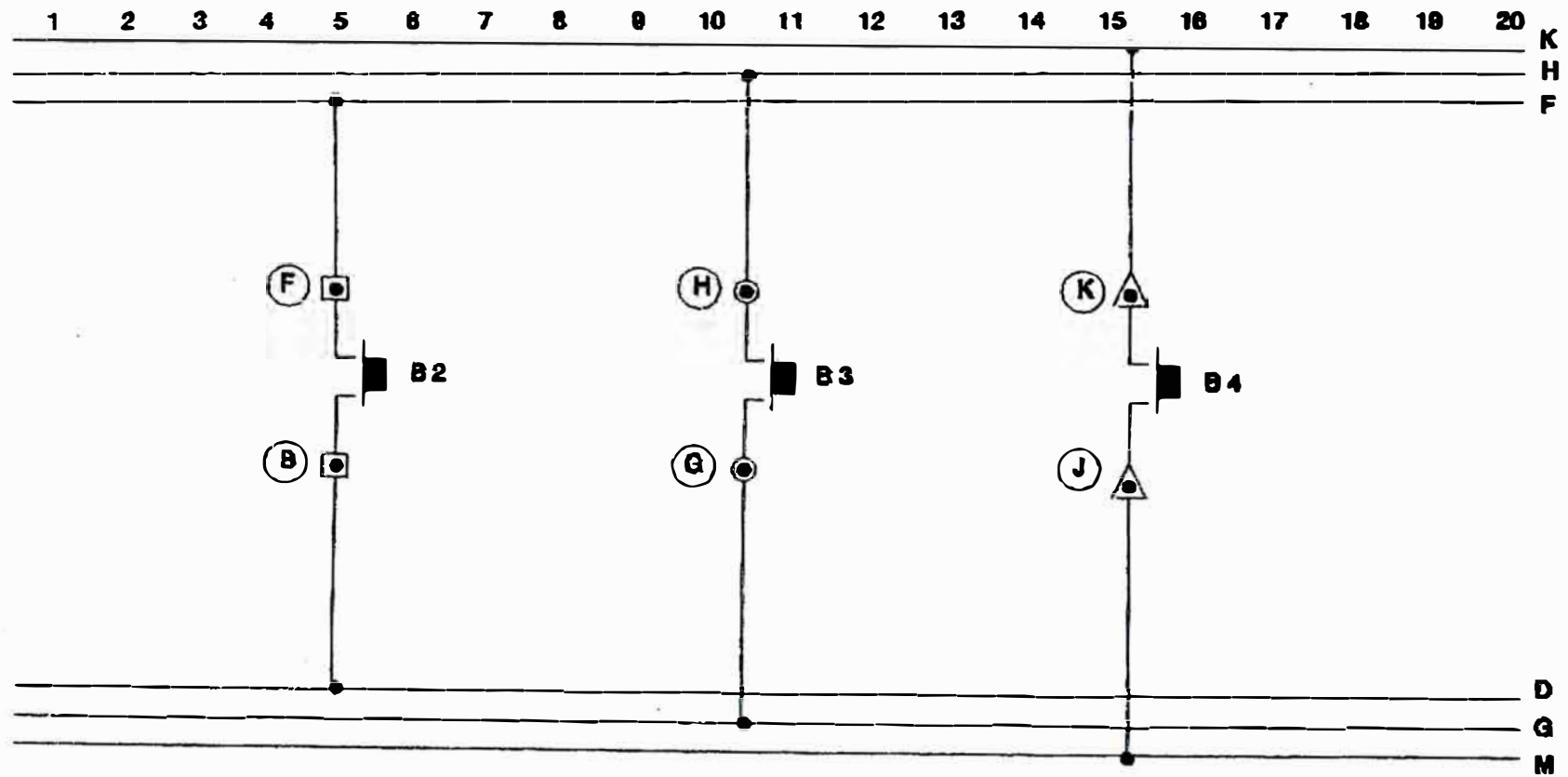


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO: J. Mera  
 REVISION: J. Mera  
 FECHA: ENE - 2010

DIAGRAMA CIRCUITO DE  
 INTERLOCKS Y ALARMAS  
 GAS INERTE

PLANO: 26



**PRUEBA DE LAMPARAS  
CONSOLA SALA DE MAQUINAS**

**PRUEBA DE LAMPARAS  
PANEL DE CARGA**

**PRUEBA DE LAMPARAS  
CONSOLA DE PUENTE**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

DISEÑO: J. Mora  
REVISIÓN: J. Mora  
FECHA: ENE - 2010

**DIAGRAMA CIRCUITO DE  
INTERLOCKS Y ALARMAS  
GAS INERTE**

PLANO: 27

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Curso Modelo 1.02 con Naves Tanqueras Petroleras de la Organización Marítima Internacional (OMI) 2004
2. Manual de Lavado con Crudo y Gas Inerte de L. China y Hernández Edición española 1994
3. Manual de Lucha Contra Incendio de Marí Sagarra, Ricard, España Edición 2003
4. SOLAS, Seguridad Convenio Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, Organización Marítima Internacional (OMI). Edición consolidada 2009
5. Tank Hand Book OMI Edición 2003
6. Manual del S7 200 Microwin 32 versión 4.0