

**CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS DIDÁCTICOS DE CONTROLES DEL  
LABORATORIO MAQUINAS DOS (2)**

**HÉCTOR DE JESÚS CHAVARRIAGA VELÁSQUEZ  
FABIÁN DE JESÚS FERNÁNDEZ CHAVERRA  
JOAN ANDRÉS GÓMEZ CARDONA**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

**CONSTRUCCIÓN DE TABLEROS DIDÁCTICOS DE CONTROLES DEL  
LABORATORIO MAQUINAS DOS (2)**

**HÉCTOR DE JESÚS CHAVARRIAGA VELÁSQUEZ  
FABIÁN DE JESÚS FERNÁNDEZ CHAVERRA  
JOAN ANDRÉS GÓMEZ CARDONA**

**Trabajo de grado para optar el título de  
Tecnólogo Electricista**

**Asesor  
Jortín de Jesús Vargas Ortega  
Ingeniero Electricista**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2013**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Medellín, 29 de Noviembre de 2013

## DEDICATORIA

Nos gustaría dedicar este trabajo de grados a muchas personas especiales que nos han brindado su amor, amistad, apoyo, ánimo y compañía en las diferentes etapas de nuestras vidas. Algunas están aquí con nosotros, y en nuestro recuerdo y corazón quedarán para siempre aquellas que han partido a un mundo mejor. Sin importar donde estén o si alguna vez llegan a leer estas líneas, quiero darles las gracias por formar parte de nuestras vidas, por todo lo que nos han brindado y por todas sus bendiciones.

A los seres que más amamos, por llenar de alegría nuestras vidas, por su apoyo incondicional.

Al más especial de todos, a ti Dios, porque todos los días nos llenas de bendiciones e hiciste posible que este esfuerzo se hiciera una realidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de grados se ha podido realizar, gracias a la colaboración y ayuda de personas que laboran en el área que hemos abordado. A ellos, mil gracias.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, la confianza y paciencia que nos brindaron a lo largo de esta carrera, en especial en los últimos meses de arduos trabajos.

Un agradecimiento a los profesores, que interactuaron durante nuestro proceso, por su entrega, experiencias y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

Un especial agradecimiento al profesor Jortín Vargas y a la profesora Leticia, por aceptar ser los tutores de este trabajo y brindarnos su apoyo y paciencia a lo largo del desarrollo del mismo.

A nuestros compañeros de clases, por ser personas tan especial y paciente.  
Mil y Mil Gracias a todos ustedes y que Dios los bendiga.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVO GENERAL	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1 ELEMENTOS DE MANIOBRA	18
4.1.1 Pulsador	18
4.1.2 El interruptor	19
4.2 CONTACTOR	19
4.2.1 Ventajas del contactor	21
4.2.2 Partes del contactor	21
4.2.2.1 Carcasa	21
4.2.2.2 Electroimán	21
4.2.2.3 Bobina	21
4.2.2.4 Núcleo	21
4.2.2.5 Espira de sombra	22
4.2.2.6 Armadura	22
4.2.2.7 Contactos	22
4.2.2.8 Contactos principales	22
4.2.2.9 Contactos auxiliares	22
4.2.2.10 Resorte	23
4.2.3 Bobina del contactor excitada	25
4.3 BLOQUES DE CONTACTOS	27
4.3.1 Puesta en marcha	27
4.3.2 Cámara de contactos NC y NA	27
4.4 TEMPORIZADORES	28
4.4.1 Clasificación de los temporizadores.	29
4.4.1.1 Temporizador al trabajo	29
4.4.1.2 Temporizador al reposo	29
4.5 CARRIL DIN	30
4.5.1 Referencias del carril DIN	30

5. METODOLOGÍA	32
5.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICO	32
5.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO (DESCRIPTIVO)	32
6. RESULTADOS	33
6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TABLEROS DIDÁCTICOS DE CONTROLES	33
6.1.1 Estructura metálica	34
6.1.2 Pantalla de acrílico	35
6.1.3 Riel Omega	36
6.1.4 Borneras hembras	37
6.1.5 Canastillas	38
6.1.6 Pilotos	38
6.1.7 Cableado	38
6.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS	39
6.3 CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS DE CONTROLES ELÉCTRICOS	41
7. CONCLUSIONES	43
8. RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	46
CIBERGRAFÍA	47

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Clasificación de los contactores según el tipo de carga.	26



## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Pulsador (botón)	18
Figura 2. Interruptor cuádruple con los contactos abiertos y cerrados	19
Figura 3. Simbología del contactor	20
Figura 4. Despiece del contactor	24
Figura 5. Bobina del contactor excitada.	25
Figura 6. Placa de características del contactor	26
Figura 7. Acoplamiento bloque auxiliar	27
Figura 8. Cámara de un contacto	28
Figura 9. Cámara de cuatro contactos	28
Figura 10. Temporizador con retardo a la conexión (TON, Time ON Delay)	29
Figura 11. Temporizador con retardo a la desactivación (TOF, Time OFF Delay)	29
Figura 12. Riel din y sus medidas	31
Figura 13. Medidas de la estructura metálica	35
Figura 14. Pantalla de acrílico	36
Figura 15. Distribución de acrílicos	36
Figura 16. Riel omega	37
Figura 17. Distribución de borneras	37
Figura 18. Vista del cableado	38
Figura 19. Distribución de los elementos	39
Figura 20. Vista delantera y trasera del tablero	39

Figura 21. Vista de la ubicación de los elementos	40
Figura 22. Elementos que conforman el tablero	40
Figura 23. Vista lateral	41
Figura 24. Conexión en las borneras de los Contactores y temporizadores	42
Figura 25. Conexión a las borneras del contacto auxiliar	42

## GLOSARIO

**AUTOMATISMO:** dispositivo que sustituye las operaciones secuenciales realizadas manualmente por un operario, por otras acciones automáticas, para garantizar el correcto funcionamiento de una maquina.

**CÍCLICO:** repetición automática de un ciclo (ciclo continuo).

**CICLO:** ejecución de todas las etapas de una secuencia (ciclo único).  
Elementos de maniobra.

**CICLO FORZADO:** desarrollo de un ciclo sin posibilidad de ser interrumpido en forma normal.

**CIRCUITO DE MANDO:** en el circuito de mando se representa la lógica cableada del automatismo mediante cables conductores y en él se incluirán los equipos que por un lado reciben la información de los distintos elementos de captación.

**CIRCUITO DE POTENCIA:** los circuitos de potencia son aquellos elementos que hacen de alguna manera el trabajo duro, puesto que son los encargados de ejecutar las órdenes dictaminadas por el circuito de mando.

**ELEMENTOS DE MANIOBRA:** son dispositivos que permiten establecer, conducir e interrumpir la corriente para la cual han sido diseñados.

**ELEMENTOS DE PROTECCIÓN:** son dispositivos que permiten detectar condiciones anormales definidas (sobrecargas, cortocircuito, etc.) e interrumpir la línea que alimenta la anomalía u ordenar su interrupción a través del elemento de maniobra al que está acoplado.

**ELEMENTOS FINALES DE CONTROL:** es el instrumento que recibe las señales del sistema tomadas por el controlador y las ejecuta directamente sobre la variable controlada.

**ETAPA:** desarrollo parcial de un proceso o una secuencia.

**FUSIBLES:** elemento de protección cuya capacidad de ruptura deberá ser igual o mayor a la calculada para su punto de utilización, a la tensión de servicio.

**ÍNDICE:** número que se usa con la marca para la plena identificación de un aparato, símbolo o trazo.

**INTERRUPTOR AUTOMÁTICO:** elemento de maniobra y protección cuya capacidad de ruptura a la tensión de servicio, deberá ser igual o mayor a la corriente de cortocircuito en su punto de utilización. Su diseño deberá cumplir con las condiciones.

**INTERRUPTORES:** elementos mono, bi, tri y treta polares, que tendrán un diseño tal que la velocidad de apertura de sus polos, no depende de la velocidad de accionamiento del operador.

**MARCA:** letra o letras que se usan para identificar aparatos, símbolos o trazos.

**PROCESO:** desarrollo de una serie de acciones encaminadas a obtener un determinado resultado o producto.

**SECUENCIA:** sucesión ordenada de varias acciones que tienen relación de dependencia entre si y constituyen un conjunto.

**SÍMBOLO:** representación de una maquina o parte de ella, de un aparato (de maniobra, mando o de señalización) o parte de él, o de un instrumento de medición.

**TRAZO:** línea que representa un conductor o la unión mecánica de varios aparatos o elementos.

## RESUMEN

La construcción de los módulos de controles eléctricos está basada en las experiencias obtenidas en las prácticas de laboratorio tanto de controles como de máquinas, y realizando un estudio se optó por su construcción utilizando diversos elementos que serán de gran utilidad en las practicas al igual que su denominación, para que sirven cada uno de estos elementos y materiales con los que se fabricaron los módulos.

El nombre de este trabajo fue dado por el equipo que formulo el anteproyecto como construcción de “tableros didácticos de controles”.

Con el asesor destinado para ello se dio el diseño y la distribución que se dio a cada componente dando forma y pensando una forma adecuada de que el estudiante pueda hacer uso de ellos, se utilizaron elementos como contactores, pilotos, temporizadores off delay, temporizadores ondelay, finales de carrera, y los pulsadores stop start, así como también cables de diferentes calibres para la potencia como para la parte de controles.

En la pantalla de la parte inferior se colocaron las borneras de dos colores para diferenciar la parte de potencia de la parte de controles asiendo más fácil la práctica para los estudiantes de las asignaturas de controles como la de máquinas.

Para la mayor comprensión del trabajo realizado se nombran cada uno de sus componentes y sus partes como también se presenta un paso a paso de la construcción de los módulos a los que hemos hecho referencia.

En la parte central del tablero se deja un espacio libre para lo que lo tenga destinado la universidad y así queda distribuido el modulo didáctico de controles como lo expresamos a lo largo de este documento

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de saber el origen de la problemática que atraviesa en la actualidad el instituto universitario pascual bravo, y ver la necesidad de tener elementos para las prácticas en el laboratorio de máquinas dos (2), fue la causa principal que nos motivó a escoger como tema de Trabajo especial de Grado: “La construcción de los módulos de controles”. Ya que los que están para las prácticas están en mal estado, puesto que algunos de los elementos que los conforman están dañados y no funcionan algunos de sus componentes al igual que el cableado.

Este trabajo es vital para el fortalecimiento de las prácticas en los laboratorios que deben realizar los estudiantes, así como el de la universidad en el desarrollo de sus profesionales.

Para el desarrollo de la Universidad, los estudiantes quisimos evaluar los resultados en las prácticas que se desarrollan en el laboratorio desde el punto de vista de controles eléctricos, empleando para ello los conocimientos adquiridos desde las diferentes asignaturas.

El direccionamiento del trabajo de grado se plantea debido a las dificultades obtenidas en la realización de las prácticas en el laboratorio y nos motiva a realizar el “Diagnóstico del estado actual de los tableros didácticos de controles de la universidad “, el cual se convierte en el objetivo general de este trabajo. También se definen los objetivos específicos que sirven de orientación para el desarrollo del tema.

Se le da respuesta a los objetivos específicos respectivamente, mediante: La definición de los componentes del equipamiento de un tablero de Controles Eléctricos.

La descripción de los elementos, por orden de importancia, que conforman los tableros didácticos en el instituto universitario Pascual bravo.

Se hace una breve reseña histórica de la evolución de los controles eléctricos y como han contribuido con la humanidad.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Necesidad de diagnosticar y evaluar el estado actual de los tableros didácticos de controles, ubicados en los laboratorio de la institución universitaria pascual bravo, es la problemática que se desea abordar en este trabajo, lo cual busca satisfacer una necesidad que surge en el sector del laboratorio de máquinas dos (2), ya que las dificultades que se presentan en el momento de hacer las prácticas requeridas en las asignaturas de controles y máquinas, son debido al funcionamiento critico de los elementos que los conforman, obstaculizando la educación superior que es la máxima instancia de formación para los profesionales del futuro, por lo que se hace necesario contar con métodos modernos e innovadores.

El método de formar profesionales integrales, permite al estudiante ir a la vanguardia, en las técnicas y tecnologías que actualmente se manejen, y así adquirir conocimiento tanto en lo teórico, como en lo práctico.

Bajo este concepto surge la necesidad de formar un grupo de trabajo que mediante el desarrollo de un proyecto, intentan construir una herramienta de apoyo docente, llamado “tablero didáctico de control eléctrico”, para Simulaciones de prácticas de Laboratorio de controles y maquinas

El propósito de este proyecto consiste en la construcción de tableros de controles, que permitan su empleo en apropiadas condiciones de seguridad.

A demás, una vez elaborado el Sistema Eléctrico, se podrán diseñar y/o modificar experiencias de manera que permita utilizar esta nueva herramienta, y así contribuir con el mejoramiento de la formación.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El proyecto tiene como finalidad suplir las necesidades existentes en el laboratorio de máquinas dos (2), entre las cuales podemos mencionar la falta de los tableros de controles ya que los existentes están en un lamentable estado de deterioro no cumpliendo para los trabajos requeridos en la asignatura de controles como en la de máquinas, ya que deberían estar en óptimas condiciones de uso, y así tener la posibilidad de mejorar las prácticas de tal manera que se puedan realizar sin contratiempos, logrando una verdadera interacción entre la teoría y la práctica, y contribuir al mejoramiento del aprendizaje de los estudiantes y una mayor efectividad docente.

Este es un tema que además es importante para ampliar el campo de Conocimiento del área donde se capacitan actualmente los integrantes de este trabajo de grados lo cual los motivo a realizar el diagnóstico y destinar gran parte de su tiempo para ello

El trabajo seleccionado tiene vinculación con la fabricación de los tableros didácticos de controles eléctricos determinados por instituto universitario pascual Bravo para la graduación de la tecnología eléctrica específicamente se refiere al “proyecto de construcción de los tableros didácticos” que es la esencia del objetivo general del presente trabajo de grados.



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Fabricar una herramienta didáctica “construyendo los tableros de controles” del laboratorio maquinas dos (2) de la institución universitaria pascual Bravo.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Describir los elementos, por orden de importancia, en los tableros.
- Identificar los componentes con su respectiva nomenclatura que se deberán manejar como sistema estándar de los tableros descritos en el proyecto.
- Acondicionar los tableros para mejorar su estética.

## 4. MARCO TEÓRICO

En el proyecto de los tableros didácticos utilizaremos por su carácter elemental e introductorio y después de presentar un panorama global podemos ubicar correctamente aquellos elementos eléctricos que tienen mayor uso.

### 4.1 ELEMENTOS DE MANIOBRA

Son todos aquellos aparatos que permiten o interrumpen el paso de la corriente de la red a determinada carga los cuales se presentan en dos modalidades:

- **Elementos con poder de corte:** son todos aquellos elementos que pueden maniobrarse bajo carga.
- **Elementos sin poder de corte:** todos los que pueden ser maniobrados sin ningún tipo de carga.

Ellos actúan accionados por el operario para establecer el dialogo hombre maquina con los elementos de la etapa de tratamiento en un automatismo.

La apertura o cierre de sus contactos se realiza por ruptura lenta donde la velocidad de desplazamiento del contacto es igual a la velocidad del órgano de mando.

**4.1.1 Pulsador.** Aparato con bajo poder de corte, diferenciados de los interruptores porque actúan cerrando o abriendo el circuito.

**Figura 1.** Pulsador (botón)



**Fuente:** Tomado de <http://mejoreslinks.masdelaweb.com/pulsadores-de-marcha-y-paro/>

Estos dispositivos son utilizados para activar alguna función. Son de diversa forma y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos o electrónicos.

El botón pulsador consta de; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón, y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre él.

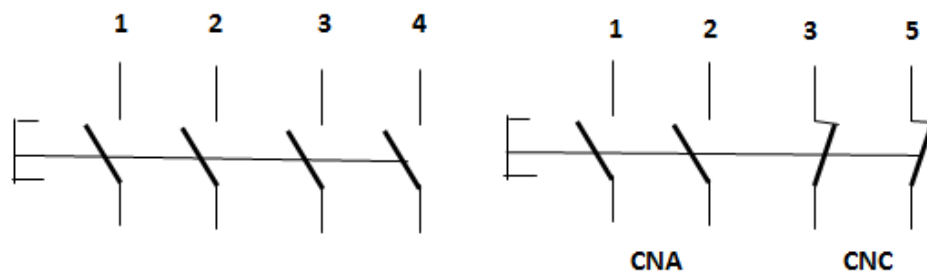
**4.1.2 El interruptor.** La función del interruptor es dejar o no dejar pasar la corriente por el conductor evitando que el circuito reciba tensión.

Podemos decir, que el interruptor es la herramienta que gobierna el paso de la corriente eléctrica del circuito.

El interruptor en vez de abrir o cerrar una línea, lo hace con cuatro a la vez, lo cual puede ser ideal para poner en marcha líneas eléctricas de motores, este interruptor contiene dos contactos cerrados y dos contactos abiertos cuando es activado dos circuitos se cerraran mientras que los otros dos se abrirán desconectando los receptores que tuvieran conectados.

Con este aparato podemos realizar circuitos eléctricos combinacionales.

**Figura 2.** Interruptor cuádruple con los contactos abiertos y cerrados



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

## 4.2 CONTACTOR

Si el receptor que tiene que gobernar el relé tiene un consumo elevado, este tiene que tener unas características especiales para soportar los altos valores del receptor (intensidad, potencia, tensión...), en este caso ya no hablamos de relé; nos referimos al contactor.

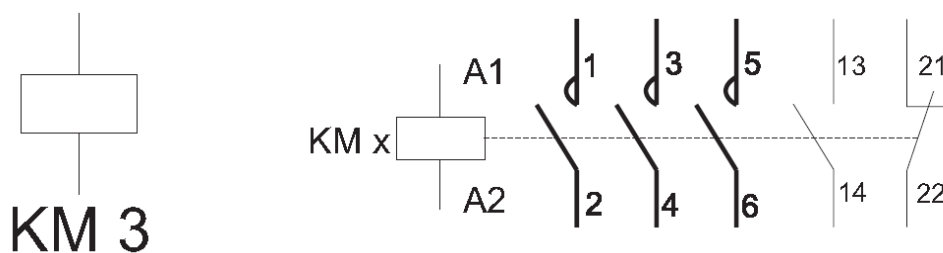
Un contactor es de constitución parecida a la del relé pero tiene la capacidad de soportar grandes cargas en sus contactos principales, aunque la tensión de alimentación de su bobina sea pequeña.

Principalmente consta de 10 bornes de conexión (esto variara según modelo y marca):

- 2 para la alimentación de la bobina.
- 2 para un contacto abierto o cerrado usado en el circuito de control (contacto auxiliar). Este contacto se puede suplementar con bloques específicos de contactos que se asocian físicamente al contactor; pueden ser nc- nc; nc- no; no nc; no-no, etc.
- 6 para la conmutación de las líneas de potencia (contactos principales).

La representación del contactor es una bobina (mando electromagnético) con las siglas km N°, donde “m” indica principal y “N°”, el numero que conlleva dentro del esquema, por ejemplo km 3 indica que es un contactor principal numero 3 (se entiende que en el esquema habrá otros Contactores km 1 y km 2). La numeración de sus contactos es diferenciada en dos aspectos; los que son utilizados para señales de mando (tipo relé) se numeran como se indico anteriormente, y los contactos que representan “la potencia” o alimentación de receptores se numeran del 1 al 6 según el esquema. Donde se aprecia claramente cuáles son los contactos de potencia y cuales los de mando. Note el grosor de las líneas de potencia.

**Figura 3.** Simbología del contactor.



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

#### 4.2.1 Ventajas del contactor.

- Interrumpir las corrientes monofásicas o polifásicas elevadas
- Funcionar tanto en servicio intermitente como en continuo.
- Controlar a distancia de forma manual o automática, utilizando hilos de sección pequeña o acortando significativamente los cables de potencia.
- Aumentar los puestos de control y situarlos cerca del operario.
- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.

Un contactor es de constitución parecida a la del relé pero tiene la capacidad de soportar grandes cargas en sus contactos principales, aunque la tensión de alimentación de su bobina sea pequeña.

Principalmente consta de 10 bornes de conexión los cuales varían según el modelo y la marca

Los Contactores se clasifican según el tipo de carga

#### 4.2.2 Partes del contactor.

**4.2.2.1 Carcasa.** Soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores. Además de ser una presentación visual del contactor.

**4.2.2.2 Electroimán.** Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina; su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

**4.2.2.3 Bobina.** Arrollamiento de alambre de cobre, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito solo se tiene la resistencia del conductor. Se hace referencia a las bobinas de la siguiente forma: A1 y A2.

**4.2.2.4 Núcleo.** Parte metálica, de material ferro magnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina, para atraer con mayor eficiencia la armadura.

**4.2.2.5 Espira de sombra.** Forma parte del circuito magnético, situado en el núcleo de la bobina, y su misión es crear un flujo magnético auxiliar desfasado  $120^\circ$  con respecto al flujo principal, capaz de mantener la armadura atraída por el núcleo evitando así ruidos y vibraciones.

**4.2.2.6 Armadura.** Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen de forma muy rápida, alrededor de unos 10 milisegundos.

**4.2.2.7 Contactos.** Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos: Dos partes fijas ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas.

**4.2.2.8 Contactos principales.** Su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga. Simbología: se referencian con una sola cifra del 1 al 6.

**4.2.2.9 Contactos auxiliares.** Son contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los Contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:

- **Instantáneos:** actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito.
- **Temporizados:** actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se des energiza la bobina (temporizados a la desconexión).
- **De apertura lenta:** el desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.

- **De apertura positiva:** los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

En su simbología aparecen con dos cifras donde la unidad indica:

1 y 2, contacto normalmente cerrados, NC.

3 y 4, contacto normalmente abiertos, NA.

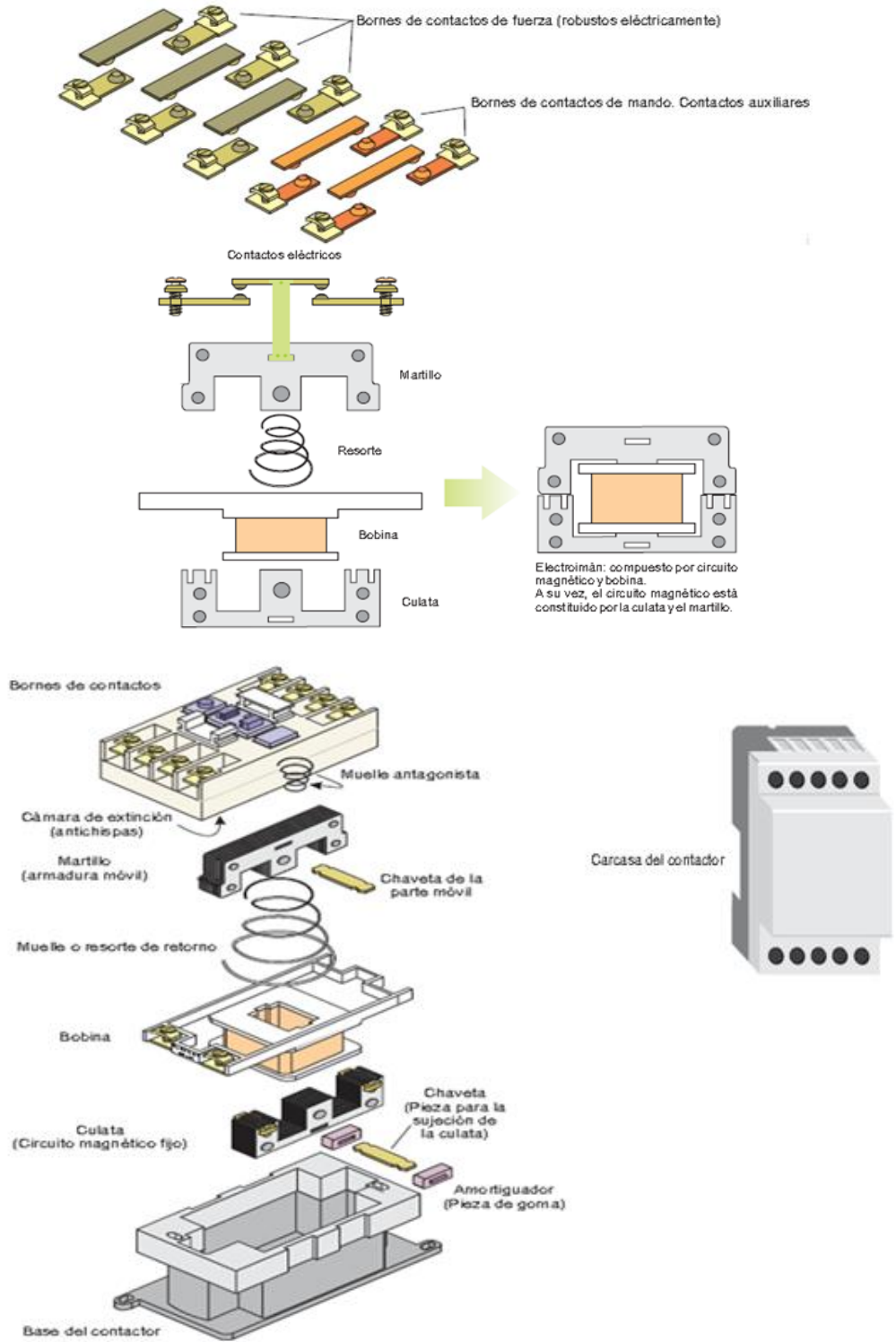
5 y 6, contacto NC de apertura temporizada o de protección.

7 y 8, contacto NA de cierre temporizado o de protección.

Por su parte, la cifra de las decenas indica el número de orden de cada contacto en el contactor. En un lado se indica a qué contactor pertenece.

**4.2.2.10 Resorte.** Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez que cesa el campo magnético de la bobina.

**Figura 4. Despiece del contactor**

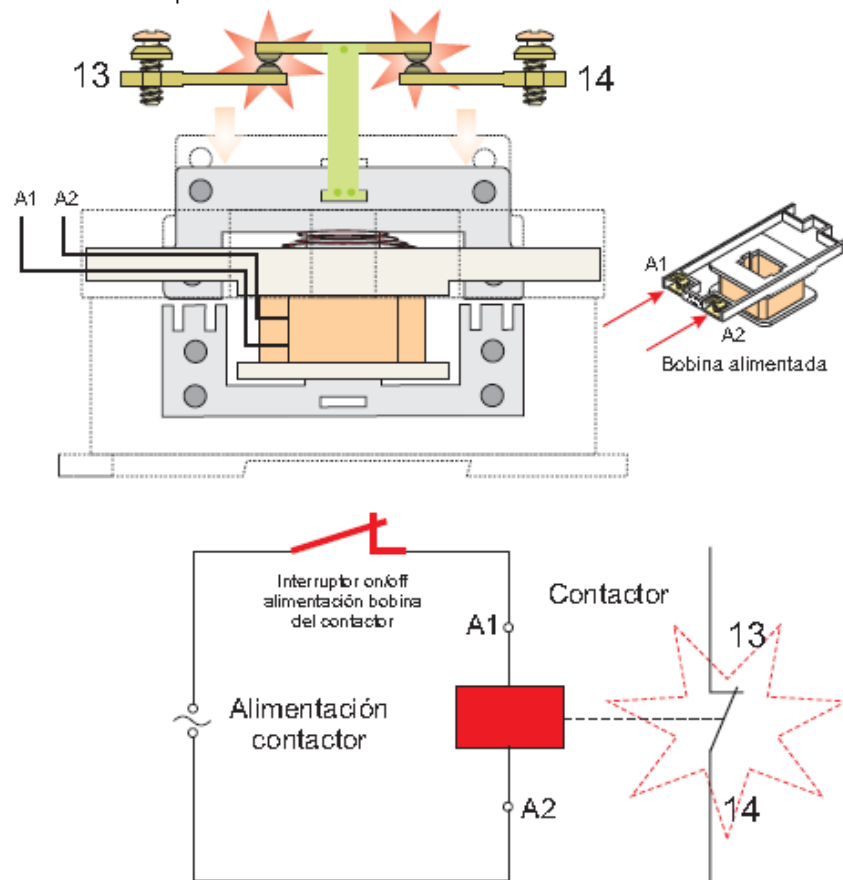


**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>



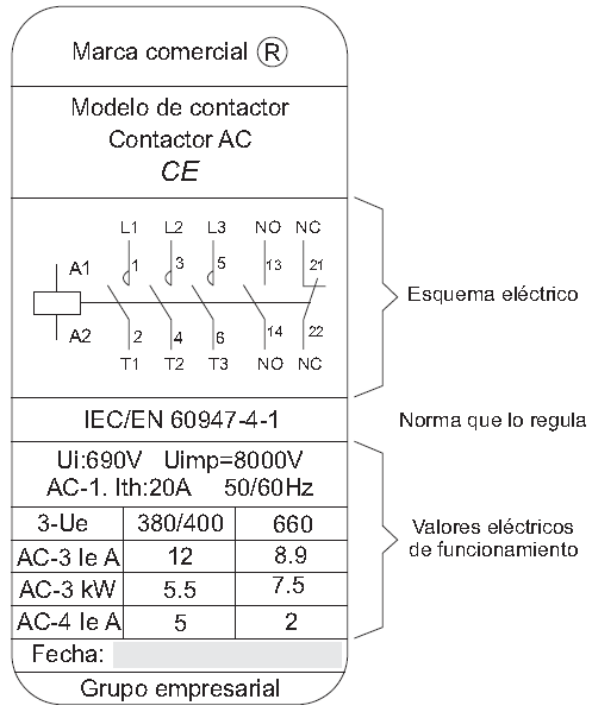
**4.2.3 Bobina del contactor excitada.** El campo magnético creado por la bobina del contactor al ser alimentado con corriente eléctrica, conseguirá desplazar el conjunto formado por el martillo y el conjunto de contactos eléctricos asociados, realizado la conexión (o desconexión) de los mismos.

**Figura 5.** Bobina del contactor excitada.



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

**Figura 6.** Placa de características del contactor



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

**Tabla 1.** Clasificación de los contactores según el tipo de carga.

Clasificación de los contactores según el tipo de carga	
Corriente alterna	Aplicaciones
AC - 1	Cargas no inductivas o débilmente inductivas, calefacción eléctrica. $\text{Cos}\phi \geq 0.90$
AC - 2	Motores de anillos: arranque, inversión de marcha, centrifugadoras. $\text{Cos}\phi \geq 0.60$
AC - 3	Motores de rotor en cortocircuito: arranque, desconexión a motor lanzado. Compresores, ventiladores. $\text{Cos}\phi \geq 0.30$
AC - 4	Motores de rotor en cortocircuito: arranque, marcha a impulsos, inversión de marcha. Servivo intermitente: grúas, ascensores... $\text{Cos}\phi \geq 0.30$
Corriente continua	Aplicaciones
DC - 1	Cargas no inductivas o débilmente inductivas.
DC - 2	Motores shunt: arranque, desconexión a motor lanzado.
DC - 3	Motores shunt: arranque, inversión de marcha, marcha a impulsos.
DC - 4	Motores serie: arranque, desconexión a motor lanzado.
DC - 5	Motores serie: arranque inversión de marcha, marcha a impulsos.

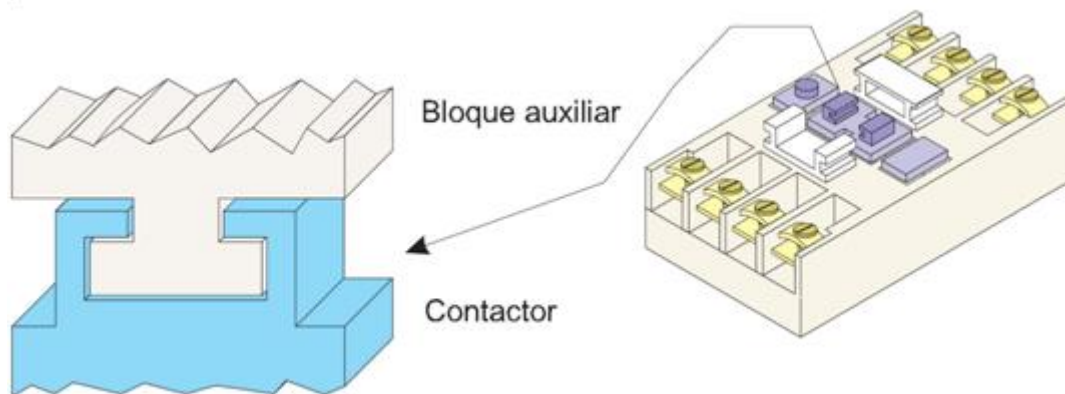
**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

### 4.3 BLOQUES DE CONTACTOS

Para aumentar la capacidad del contactor, se pueden asociar bloques de contactos, o cámaras de contactos auxiliares, que incrementan así la capacidad al acrecentar el número de contactos a manejar, incluidos temporizadores (cámara de contactos temporizados).

El procedimiento de unión o anclaje entre el contactor y el bloque auxiliar suele realizarse a través de unas pequeñas guías, que permiten el acoplamiento.

**Figura 7.** Acoplamiento bloque auxiliar



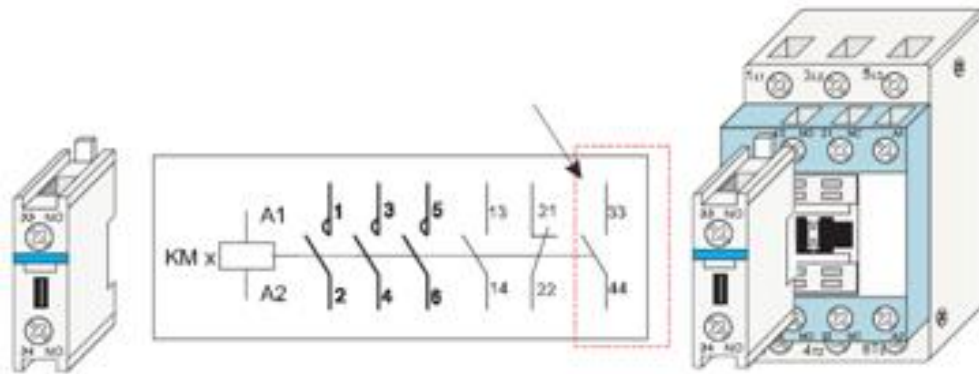
**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

**4.3.1 Puesta en marcha.** Cuando la bobina del contactor es excitada, y el martillo (armadura móvil), se desplaza a causa del campo magnético hacia abajo, además de conmutar los contactos propios del contactor, desplaza también la parte superior del contactor

Normalmente de material plástico- en la cual van adosados los bloques de contactos auxiliares, haciendo que estos exciten un mecanismo para la conexión o desconexión retardada como es el caso de los bloques temporizadores.

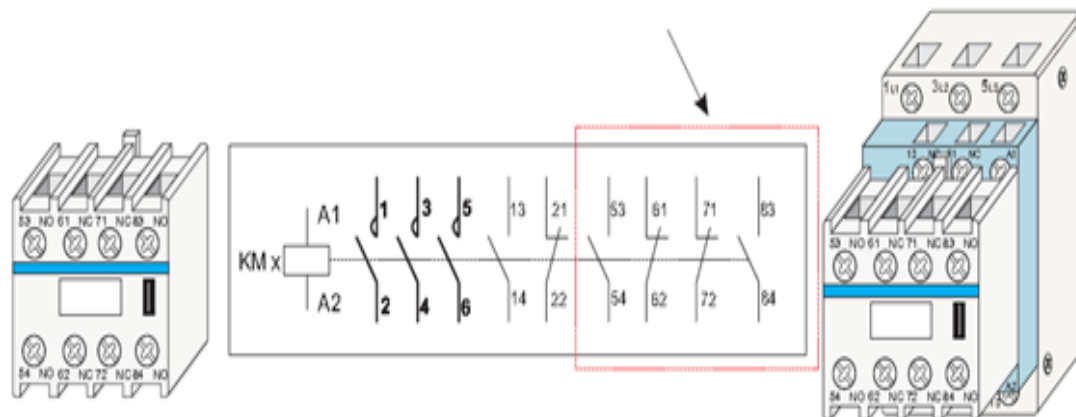
**4.3.2 Cámara de contactos NC y NA.** Lo habitual es encontrar de uno, dos y cuatro contactos.

**Figura 8.** Cámara de un contacto.



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

**Figura 9.** Cámara de cuatro contactos.



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

#### 4.4 TEMPORIZADORES

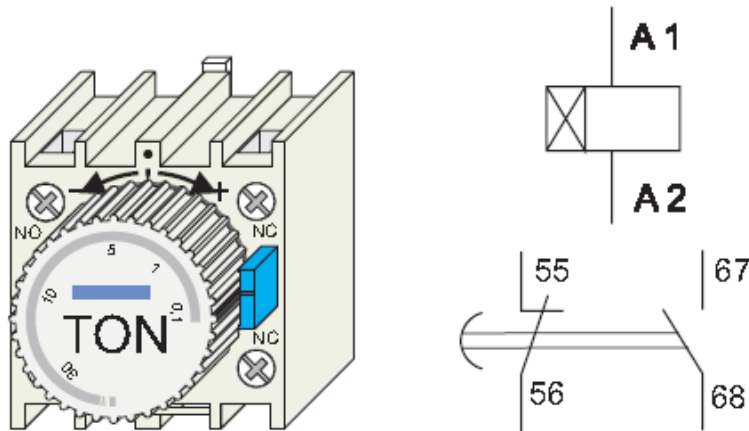
Son aparatos en los cuales se abren o cierran determinados contactos llamados temporizados, al cabo de un tiempo, debidamente preestablecido, de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación.

Se emplean especialmente en la etapa de tratamiento normalmente, las cámaras temporizadas utilizan como elemento principal un fuelle de goma y un resorte antagonista dentro de él. Un tornillo solidario al conjunto fuelle o cámara, servirá para la regulación del tiempo.

#### 4.4.1 Clasificación de los temporizadores.

**4.4.1.1 Temporizador al trabajo.** Es aquel cuyos contactos temporizados actúan después de cierto tiempo de energizado.

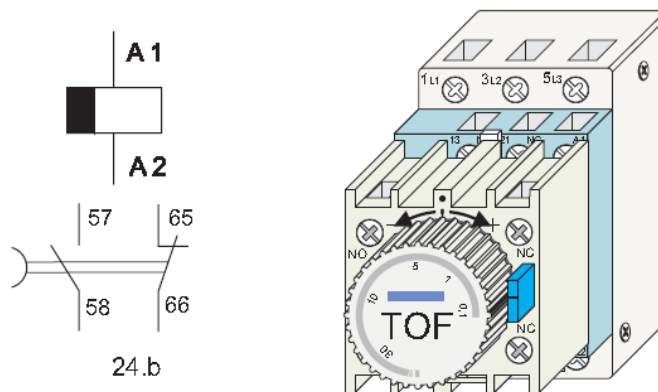
**Figura 10.** Temporizador con retardo a la conexión (TON, Time ON Delay).



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

**4.4.1.2 Temporizador al reposo.** Aquel que los contactos temporizados actúan como tales, después de cierto tiempo de haber sido desenergizado.

**Figura 11.** Temporizador con retardo a la desactivación (TOF, Time OFF Delay).



**Fuente:** Tomado de <http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>

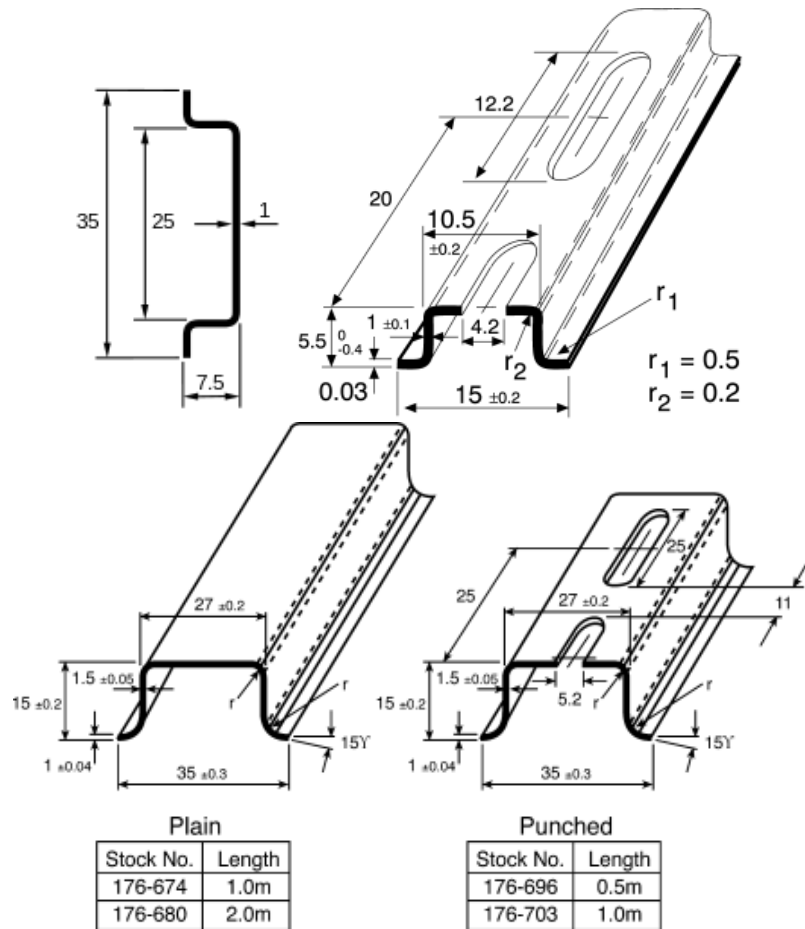
Existen temporizadores con bobina propia y otros en los cuales el elemento motor es la armadura de un contactor (principal o auxiliar), al cual se le adiciona mecánicamente un bloque temporizado (como si fuera un bloque de contactos auxiliares), que lleva únicamente el fuelle, el diafragma y los contactos.

## **4.5 CARRIL DIN**

Un carril Din Rail Din es una barra de metal normalizada con una sección transversal en forma de sombrero. Muy usado para el montaje de elementos eléctricos de protección y mando tanto en aplicaciones industriales como en viviendas, Según la norma IEC60715 sobre las Dimensiones de dispositivos de distribución y de conmutación de baja tensión y sistemas de control. Montajes normalizados sobre carril para soporte mecánico.

**4.5.1 Referencias del carril DIN.** Según el comité Europeo de normalización EN 50022 nos brinda las especificaciones para dispositivos de distribución y de conmutación de baja tensión y sistemas de control para uso industrial. Carriles de montaje. Carril DIN 35 mm para montaje de equipos. ( Norma alemana DIN 46277, Norma British stand Ards institución BS 5584)

**Figura 12.** Riel din y sus medidas



**Fuente:** Tomado de [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LfZMeKhdI0J:radiuspares-fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html%3Fid%3DMaintenance2011%26file%3Dproducts\\_6+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co.](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LfZMeKhdI0J:radiuspares-fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html%3Fid%3DMaintenance2011%26file%3Dproducts_6+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co.)

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICO**

El tipo de investigación a realizarse en el proyecto es de tipo documental puesto que la consulta se basa en la utilización de diferentes tipos de fuentes como son: en bibliografías, documentos, revistas, Internet, etc. Y serán de gran ayuda para la elaboración del proyecto.

La obtención de la documentación se llevara a cabo haciendo un rastreo de la siguiente información.

- Revisar información sobre los dispositivos de control más utilizados en la asignatura de control.
- Revisar información sobre los materiales utilizados en la construcción de módulos didácticos de control.
- Revisar información de los pasos para plasmar el trabajo escrito del proyecto.

### **5.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE CAMPO (DESCRIPTIVO)**

- Describir los módulos actuales para la construcción de los nuevos módulos.
- Diseñar los módulos teniendo en cuenta las prácticas más usuales en las aulas de clase.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TABLEROS DIDÁCTICOS DE CONTROLES

A raíz de todo lo mencionado anteriormente se fabricara unos tableros didácticos que pueden ser utilizados para simular o poner en marcha algunas cargas debido a que en la institución no podemos poner en práctica cada uno de los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas de las materias estudiadas a lo largo de la carrera.

#### Listado de los componentes que conforman la pantalla superior en su orden:

- 8 PILOTOS LED

Color: verde

Referencia: EBCHQ 17516

Voltaje: 220 Vol. AC

- 6 CONTACTORES

Marca: Schneider Electric

Referencia: LC1D09M7, TeSys-32860

Voltaje: 220V

Frecuencia: 50/60 Hz

4Kw/440V, 6HP/480 9A1316

Con sus nomenclaturas definidas en sus contactos y parte de potencia así:

Entrada de potencia :  $1^{L1}, 3^{L2}, 5^{L3}$ , Salida de la potencia  $2_{T1}, 4_{T2}, 6_{T3}$   
Control 13 y 14 NO, 21y22 NC, A1 y A2 Bobina a 220 Vol

- 6 TEMPORIZADORES: los cuales tres de ellos serán ondelay y los tres restantes serán off delay

Marca: Schneider Electric

Bloque de contactos temporizados

TeSys-038618

De 0.1 – 30 s

2c 1309 A LADR2

Sus contactos están definidos de la siguiente manera 57 y 58 NO, 65 y 66 NC

- 2 CONTACTORES AUXILIARES

Marca: SIEMENS

Referencia: 3RH1 122-1AN20

AC – 15: 6 A 220 / 230 V

22 E 2NO + 2NC

220V 50/60 Hz

Sus contactos están definidos de la siguiente manera:

13,14,43,44 NO, 21,22,31,32 NC y A1, A2 bobina

- 3 STOP, START

Marca: CHINT NP2

Be101 IEC60947-5-1

AC 15, U. e. 240 V I.e. 3 A

Sus contactos están definidos de la siguiente manera 1,2 NC y 3,4 NO

- 2 FINALES DE CARRERA: distribuidos de las siguientes referencias

1 final de carrera 22290 y otro 22300 de marca EBCHQ

15 A 125 or 480 VAC 1/8 HP125VAC, ¼ HP 250 VAC

½ A125 VDC, ¼ A 250 VDC

- Cable vehicular N° 14 para la potencia
- Cable vehicular N° 18 para la parte de controles

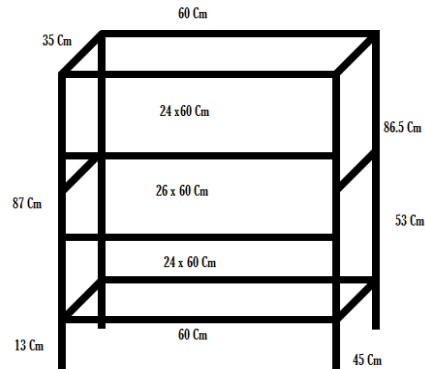
**6.1.1 Estructura metálica.** Destinada para dar soporte a los elementos que utilizaremos, la cual tendrá una altura de 86.5 cm de alto en la parte trasera y 87 cm en la parte delantera, con un ancho de 60cm, con 15cm de pata y dos líneas horizontales de 24cm de abertura.

La estructura será diseñada con tubería cuadrada de 25 mm de lado y empanada con soldadura eléctrica formando entre travesaño y travesaño un ángulo recto en la parte trasera y en la parte delantera tendrá un ángulo de aproximadamente 120 ° formando así una pequeña inclinación.

Sus patas tendrán una separación de 45 y 60 cm respectivamente por lo que no tendrá que estar sostenida de ninguna estructura sino que se sostendrá por sí misma.

También será pintada con una base de anticorrosivo y luego una pintura negra para dar contraste con las estructuras ya existentes.

**Figura 13.** Medidas de la estructura metálica.

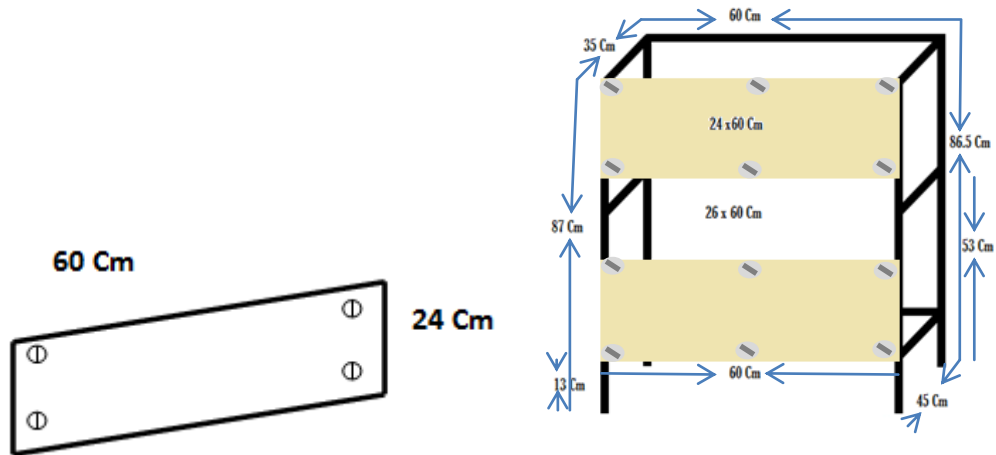


**Fuente:** Realizado por los autores.

**6.1.2 Pantalla de acrílico.** Cada tablero consta de dos (2) pantallas de acrílico con las siguientes características, 24 cm de alto por 60 cm de ancho y 5 mm de espesor el cual soportara el peso de todos los elementos que se pretenden utilizar, a la vez de dar una presentación más acorde al tablero. se ubicaran en la parte superior soportando los Contactores, los auxiliares y los temporizadores y sobre estos las luces pilotos que nos indicaran cuál de estos están energizados, también se ubicaran dos finales de carrera al igual que los stop start.

En la pantalla de la parte inferior encontraremos las borneras las cuales estarán distribuidas en dos colores los que se distribuirán las rojas en la parte de potencia y las negras en la parte de controles estos permitirán la interconexión de los elementos que conforman el tablero.

**Figura 14.** Pantalla de acrílico.

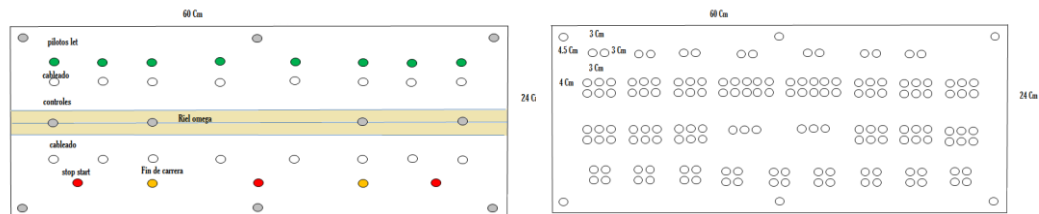


**Fuente:** Realizado por los autores.

Así está la distribución de las pantallas de acrílico que conforman los módulos de controles, la pantalla superior tendrán 29 perforaciones las cuales están destinadas para los pilotos, para pasar los cables de los controles, los auxiliares, los temporizadores, también para los stop start, y los finales de carrera, en el centro tendremos 4 perforaciones para el empotramiento del riel omega.

La segunda pantalla tendrá 154 perforaciones distribuidas equitativamente las cuales están dispuestas para las borneras que serán conectadas con cada uno de los cables que salen de los componentes dispuestos en la pantalla superior

**Figura 15.** Distribución de acrílicos

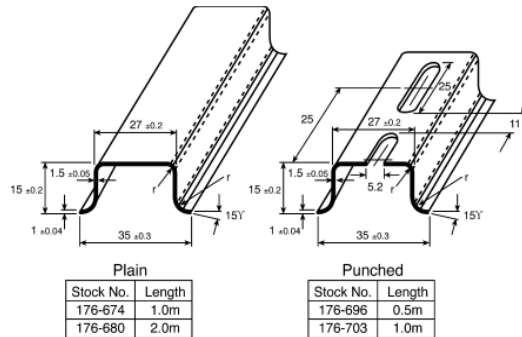


**Fuente:** Grupo de trabajo de grados

**6.1.3 Riel Omega.** El riel omega es un elemento utilizado para organizar los diferentes elementos que contendrán los tableros en construcción como son los Contactores, los temporizadores y sirve de organizador tiene unas medidas

estándares las cuales utilizaremos para el proyecto estará sujetado con tornillos y tuercas que traspasaran el acrílico que se utiliza como pantalla.

**Figura 16.** Riel omega



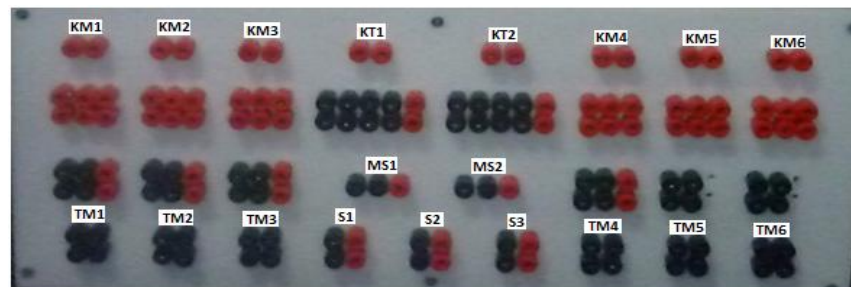
**Fuente:** Tomado de

[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LfZMeKhdI0J:radiuspares-fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html%3Fid%3DMaintenance2011%26file%3Dproducts\\_6+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LfZMeKhdI0J:radiuspares-fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html%3Fid%3DMaintenance2011%26file%3Dproducts_6+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co).

**6.1.4 Borneras hembras.** Son los elementos utilizados para la salida de los Contactores, evitando así empalmes en las diferentes conexiones y poderlas hacer con mayor facilidad y rapidez en los laboratorios de las diferentes asignaturas.

Los bornes estarán ubicados en la parte inferior de los tableros parte baja de los botones pulsadores (Stop, Start).

**Figura 17.** Distribución de borneras.



**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández

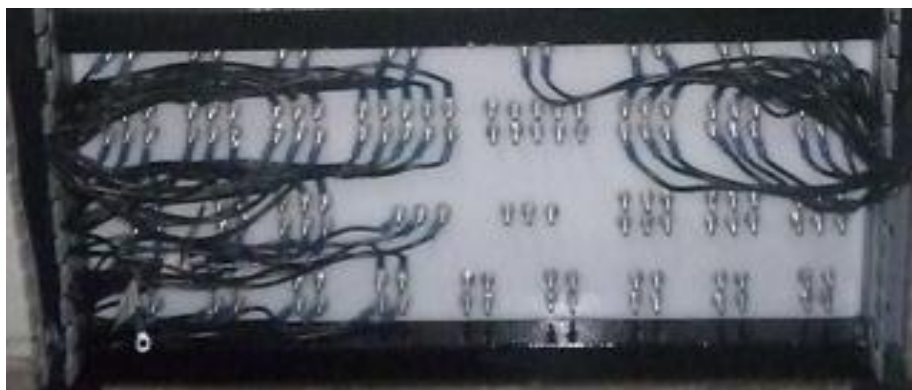
**6.1.5 Canastillas.** Soporte utilizado para organización de los cables que se distribuyen en el tablero para dar presentación y orden a la estructura del tablero que se está implementando

**6.1.6 Pilotos.** Nos da la señal de que elemento del tablero está energizado en el momento y así evitar accidentes en las diferentes prácticas, e indicarnos que debemos des energizar en caso de una maniobra.

**6.1.7 Cableado.** Basado en los estándares de calibres de AWG según la cual se especifica la capacidad que tienen los diferentes conductores de conducir la corriente, se llegó a la siguiente escogencia:

- Para las conexiones de los tableros se empleó cable calibre 16, puesto que se trata de conexiones de control y por tanto manejan cantidades pequeñas de corriente (siempre menores a 6 Amperios).
- Para las demás conexiones de Control se empleó cable calibre 16 por motivos similares a los anteriores.
- Para las conexiones de Potencia se empleó cable calibre 12, con el cual se garantiza la conducción de hasta 20 amperios; más de los demandados por los motores del laboratorio, viéndose así satisfechos los requerimientos de corriente.

**Figura 18.** Vista del cableado



**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández.

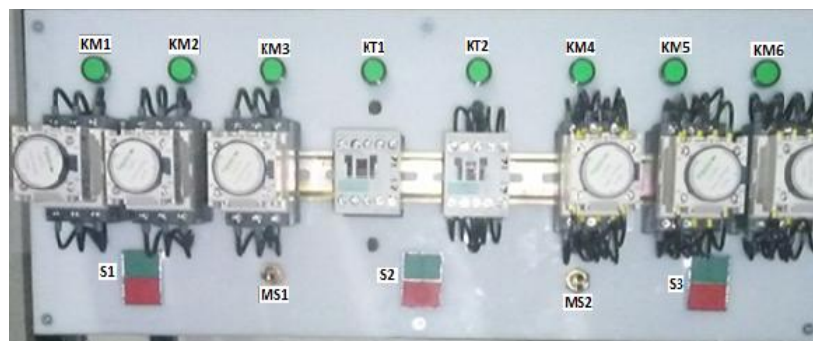
## 6.2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS

Se observan parámetros de estética, funcionalidad y seguridad.

Los pilotos, contactos, temporizadores y auxiliares son ubicados en la parte superior y el centro del tablero queda libre, la parte inferior se utilizara con las borneras. Se buscó lograr con esta ubicación el acceso fácil a dichos elementos.

Estos elementos presentan la mayor interacción con el estudiante, y por tanto están ubicados todos de forma secuencial y alejados de cualquier otro elemento que pueda presentar obstáculos para su debida maniobra.

**Figura 19.** Distribución de los elementos



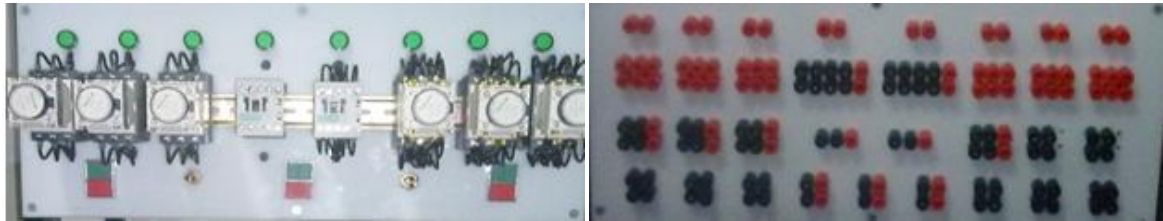
**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández.

**Figura 20.** Vista delantera y trasera del tablero



**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández.

**Figura 21.** Vista de la ubicación de los elementos



**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández

**Figura 22.** Elementos que conforman el tablero.



**ELEMENTOS QUE CONFORMAN LOS TABLEROS DIDACTICOS DE CONTROLES**  
EN LA PANTALLA SUPERIOR DE 60 x 24 x 0.5 Cm DE ACRILICO BLANCO SOPORTADO CON 6  
TORNILLOS TIPO SOMBILLA DE RANURA  
1 RIEL OMEGA PARA SOPORTAR LOS CONTACTORES  
8 PILOTOS LET DE COLOR VERDE  
6 CONTACTORES SCHNEIDER ELECTRIC DE 4 KW/400 V 6 HP / 480 V 9 A DE COLOR BLANCO  
6 BLOQUES DE CONTACTOS TEMPORIZADOS SCHNEIDER ELECTRIC DE 0.1 A 30 S LOS CUALES  
ESTAN REPARTIDOS EN 3 ON DELAY Y 3 OFF DELAY  
2 CONTACTORES AUXILIARES AC DE 6 A 220/230 V 22E 2NO + 2NC 220 V 50/60 HZ  
3 STOP, START  
2 FINALES DE CARRERA  
CABLE N° 14 PARA LA POTENCIA Y N° 18 PARA LOS CONTROLES ORGANIZADOS EN  
CANASTILLA PLASTICA  
EN LA PANTALLA INFERIOR DE LAS MISMAS DIMENSIONES DE LA SUPERIOR CON 76 BORNES  
ROJOS PARA LA POTENCIA Y BOBINAS DE LOS CONTACTORES Y LOS PILOTOS Y 68 BORNES  
NEGROS PARA LOS CONTACTOS PARA UN TOTAL DE 144 BORNES  
UNA ESTRUCTURA METALICA QUE SOPORTA LAS DOS PANTALLAS

**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández



**Figura 23.** Vista lateral

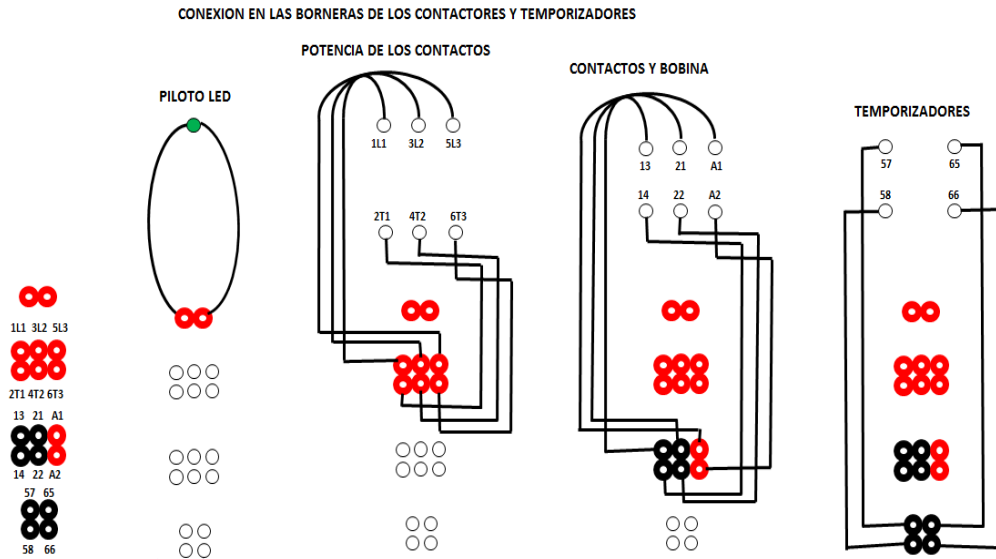


**Fuente:** Fotografía tomada por Fabián Fernández

### **6.3 CONEXIÓN DE LOS MÓDULOS DE CONTROLES ELÉCTRICOS**

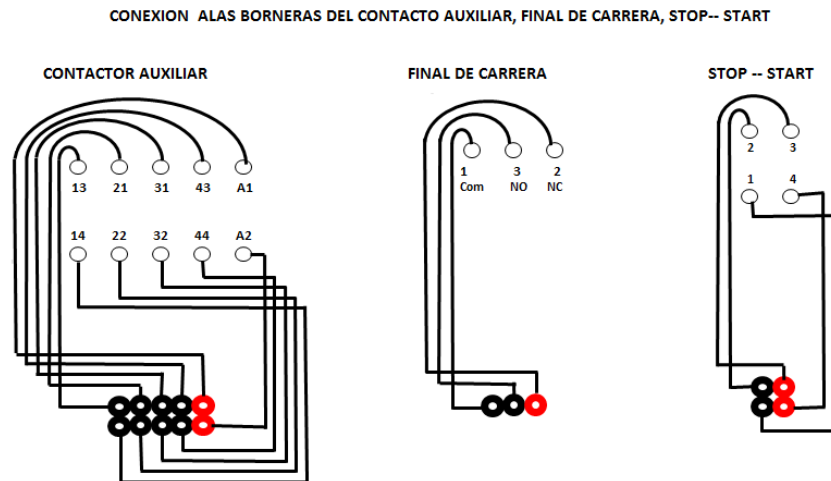
Conexión de los elementos de los controles utilizados en los módulos que se fabricaron en este trabajo especial de grados y hacemos la representación de uno a uno de todos los elementos con su respectiva nomenclatura ya que es muy importante que se tenga este diagrama para futuras reparaciones o mantenimientos.

**Figura 24.** Conexión en las borneras de los Contactores y temporizadores.



**Fuente:** Realizado por los autores.

**Figura 25.** Conexión a las borneras del contacto auxiliar



**Fuente:** Realizado por los autores.

## 7. CONCLUSIONES

- El diseño, la implementación y la posterior verificación de los cinco tableros didácticos de control fueron realizados teniendo como base los preceptos adquiridos a través del pregrado. Materias tales como Máquinas Eléctricas, Laboratorio de Máquinas Eléctricas, Control Industrial, Laboratorio de control Industrial, entre otras, aportaron los elementos necesarios para realizar el cableado de los tableros. Esto supone una adquisición de elementos importantes y valerosos a lo largo de la carrera de tecnología eléctrica.
- Los tableros realizados presentan todas las condiciones funcionales, estéticas y la robustez que demanda cualquier trabajo para los Laboratorios de tecnología Eléctrica de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Elementos de la mejor calidad conforman dichos tableros; Contactores y Relés, Pulsadores Telemecanique, entre otros, fueron proporcionados por los estudiantes mencionados al inicio de dicho proyecto.
- Las pruebas realizadas a los cinco módulos fueron de entera satisfacción, facilidad en las conexiones posteriores, facilidad en el desplazamiento, funcionamiento normal de todos los elementos eléctricos y compatibilidad con los elementos ya existentes en el Laboratorio proporcionan dicha conformidad. Se constituyen entonces en un esfuerzo importante en aras de reforzar el área de control y el conocimiento básico de todos sus elementos implícitos.
- Las prácticas planteadas en la guía constituyen una fácil y adecuada instrucción para los estudiantes, presentando una escala ascendente en cuanto a complejidad se refiere; niveles bajos (conocimiento y manejo de elementos de control), niveles medios (manejo de Contactores, arranque y frenado de motores) y niveles avanzados (utilización de sensores), posibilitan el rápido aprendizaje. La conjunción del montaje físico con las prácticas esbozadas en este proyecto configuran la posibilidad de constituir unos módulos exclusivos para control. Mediante el uso de los tableros, la elaboración de las prácticas propuestas y a través del trabajo dirigido se permitirá al estudiante la comprensión y entendimiento que necesita para afianzar sus conocimientos en estas aplicaciones tan importantes hoy en día en el ámbito del control industrial.
- La construcción de los tableros además de complementar la infraestructura establecida en los laboratorios de tecnología eléctrica, le posibilita al estudiante aplicar los conocimientos y capacidades adquiridas en diversas materias de la tecnología, conjugándolas y elaborando procesos de pensamiento estructurado cuando los ejercicios de aplicación sean realizados, entrenando y afianzando así sus competencias a la hora de enfrentarse al mundo laboral.

- Mediante el desarrollo de este proyecto se ayuda a la docencia contribuyendo en forma directa, brindando herramientas de conocimiento y aplicación, que incrementan notoriamente la calidad de la formación profesional en la facultad. Los módulos de control utilizan tecnología que está a la vanguardia del mundo industrial y sus necesidades, lo cual es de gran importancia para la formación y preparación de los tecnólogos de hoy.
- En el centro de la parte frontal del tablero se deja un espacio libre para una futura expansión u otro posible proyecto.
- En la parte superior queda un espacio que se puede utilizar como entrepaño u organizador para ser utilizado con elementos que se puedan utilizar en las prácticas de laboratorio

## 8. RECOMENDACIONES

- El uso y manejo de este banco de pruebas es de mucha responsabilidad, por el mismo hecho de que se maneja corriente eléctrica, lo que podría causar un accidente en caso de no seguir las recomendaciones.
- Utilizar puntos comunes para evitar el cableado en exceso con el objeto de evitar accidentes así como también confusión.
- Realizar las conexiones con el módulo de alimentación desactivado, activar una vez de estar seguro de que las instalaciones están correctas.
- Al concluir la práctica cerciorarse que el banco este des energizado y cada elemento utilizado este en su sitio.
- La parte roja de control se coloca arandela negra para diferenciar de la parte de potencia.
- Marcar en bajo relieve los elementos del tablero.

## **BIBLIOGRAFÍA**

FLOWER LEIVA, Luis. Controles y Automatismos Eléctricos Teoría y Práctica. Quinta Edición. Santa Fe de Bogotá – Colombia: Schneider, 1996.

ROBLEDO VÉLEZ, Jorge Armando. Prontuario Básico de Electricidad. Medellín: España Electrónica, 1995.

## CIBERGRAFÍA

AULAELECTRICA.ES, El Contactor [en línea]. [Consultado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.el.contactor.pdf>>

CENTRO NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN DOCENTE. Sistemas de Control. Antología y Manual de Prácticas [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<<http://www.cnad.edu.mx/sitio/matdidac/md/control/sistemas.pdf>>

Clases de Temporizadores [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<<http://danivegaa.blogspot.com/2011/05/clases-de-temporizadores.html>>

Foro de automatización. Dispositivos y controles eléctricos [en línea]. [Citado el 4 de septiembre del 2010]. Disponible en Internet:  
<<http://www.angelfire.com/electronic2/jhueso/dispositivos.html>>

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CANCÚN. Resumen Unidad 1: Fundamentos de controles eléctricos [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<<http://www.monografias.com/trabajos-pdf4/fundamentos-controles-electricos/fundamentos-controles-electricos.pdf>>

Pulsadores de Marcha y Paro [en línea]. [Consultado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<<http://mejoreslinks.masdelaweb.com/pulsadores-de-marcha-y-paro/>>

RAIL DIN [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<[http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LfZMeKhdl0J:radiuspa-res-fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html%3Fid%3DMaintenance2011%26file%3Dproducts\\_6+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:8LfZMeKhdl0J:radiuspa-res-fr.rs-online.com/web/generalDisplay.html%3Fid%3DMaintenance2011%26file%3Dproducts_6+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co)>

SANTAFECIUDAD. Elementos de maniobra y protección [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet:  
<[http://santafeciudad.gov.ar/media/files/digesto/digesto\\_tomo\\_1\\_485.pdf](http://santafeciudad.gov.ar/media/files/digesto/digesto_tomo_1_485.pdf)>

SAPIENS. Líneas eléctricas. Protección contra cargas, cortocircuitos, relés, puesta tierra [en línea]. [Citado el 02 de Septiembre de 2010]. Disponible en Internet:  
<<http://www.sapiens.itgo.com>>

SCHNEIDER ELECTRIC. Esquemas eléctricos básicos [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet: <[http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08_1907.pdf)>

VENTURA NAVA, Isaías Cecilio. Sistema de control de motores eléctricos industriales [en línea]. [Citado en Noviembre de 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/tindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>>