



**UNIVERSIDAD TECNICA DE MANABI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**

**TESIS DE GRADO**  
**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE**  
**INGENIERO MECANICO**

**TEMA:**

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE  
MEDIANTE LA IMPLEMENTACION DE CAJAS DE CONTROL  
ELECTRICO PARA LA SEMIAUTOMATIZACION DEL CALDERO DEL  
LABORATORIO DE CENTRALES TERMICAS DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA MECÁNICA”.**

**AUTORES:**

**BARRETO ALAVA JHONNY SANTIAGO**  
**ZAMBRANO SOLORZANO GABRIEL EUGENIO**

**DIRECTOR:**

**ING. ANGEL ARTEAGA LINZAN**

**PORTOVIEJO – MANABÍ – ECUADOR**

**2013**

## **TEMA**

MEJORAMIENTO DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAJAS DE CONTROLES ELÉCTRICOS PARA LA SEMIAUTOMATIZACION DEL CALDERO DEL LABORATORIO DE CENTRALES TÉRMICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico con amor y cariño.

A ti Dios que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa.

Con mucho cariño a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor.

A mis hermanos Jamil y Fernanda gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.

A ti abuelo “TATA” que se desde el cielo me seguirás guiando por un buen camino.

**JHONNY BARRETO A.**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### **A mi madre Norma.**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### **A mi padre Franklin.**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### **A mis hermanos José y Carlos.**

Por sus consejos y por el apoyo incondicional para alcanzar un sueño anhelado.

**Gabriel Zambrano**

## **AGRADECIMIENTO**

Esta tesis es el resultado del esfuerzo conjunto de todos los que formamos el grupo de trabajo. Por esto agradezco a nuestro director de tesis Ing. Ángel Arteaga Linzan y a los miembros del tribunal por el apoyo, confianza y la capacidad para guiar nuestras ideas en el desarrollo de este proyecto.

Le agradecemos también a esta prestigiosa universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, siendo un pilar fundamental en nuestra formación como personas de bien.

**LOS AUTORES**

## **CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Ángel Arteaga Linzan catedrático de la Facultad De Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Manabí en mi calidad de director de tesis del periodo 2052.

Certifico:

Que los señores egresados: Gabriel Eugenio Zambrano Solórzano y Barreto Alava Jhonny Santiago han desarrollado y culminado su tesis titulada “**MEJORAMIENTO DEL PROCESO ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAJAS DE CONTROLES ELÉCTRICOS PARA LA SEMIAUTOMATIZACION DEL CALDERO DEL LABORATORIO DE CENTRALES TÉRMICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**” bajo mi dirección, habiendo dado cumplidas todas las disposiciones reglamentarias establecidas, para el efecto y constancia del mismo firmo el documento.

---

**Ing. Ángel Arteaga Linzan**

**DIRECTOR DE TESIS**

**CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN DE TESIS**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI FACULTAD DE CIENCIAS**

**MATEMATICASN FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TEMA:**

**“MEJORAMIENTO DEL PROCESO ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAJAS DE CONTROLES ELÉCTRICOS PARA LA SEMIAUTOMATIZACION DEL CALDERO DEL LABORATORIO DE CENTRALES TÉRMICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA”**

**TESIS DE GRADO**

Sometida a consideración de tribunal de revisión y sustentación y legalizada por el honorable consejo directivo de la facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, como requisito previo a la obtención del título de

**“INGENIERO MECANICO”**

Aprobado por:

---

Ing. Ángel Arteaga Linzan

DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Efrén Pico Gómez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. Pablo Linzan Mora

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

---

Ing. Manuel Córdova Guaigua

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

## DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DEL AUTOR

Los autores de la presente tesis, declara que todas las investigaciones, información, ideas, procedimientos, conclusiones, recomendaciones y desarrollo de la actual tesis de grado titulada **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAJAS DE CONTROLES ELÉCTRICOS PARA LA SEMIAUTOMATIZACION DEL CALDERO DEL LABORATORIO DE CENTRALES TÉRMICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA”** es el resultado de un gran esfuerzo y dedicación y ha sido realizada en su totalidad por los autores y es responsabilidad única y exclusiva de los mismos.

---

Gabriel Eugenio Zambrano Solórzano

AUTOR

---

Jhonny Santiago Barreto Alava

AUTOR

<b>TEMA.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>IV</b>
<b>CERTIFICACION DEL DIRECTOR DE TESIS.....</b>	<b>V</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN DE TESIS .....</b>	<b>VI</b>
<b>DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DEL AUTOR .....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>SUMARY .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. LOCALIZACIÓN FÍSICA.....</b>	<b>1</b>
1.1. MACRO LOCALIZACIÓN .....	1
1.2. MICRO LOCALIZACIÓN.....	2
<b>2. FUNDAMENTACIÓN.....</b>	<b>3</b>
2.1. DIAGNOSTICO DE LA COMUNIDAD.....	3
2.2. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS .....	5
2.3. PRIORIZACIÓN DE PROBLEMA.....	5
<b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
<b>5. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>8</b>
5.1. CENTRAL TERMICA .....	8
5.1.1. FUNCIONAMIENTO .....	9
5.1.2. PARTES.....	10
5.1.2.1. Caldera .....	10
5.1.2.2. Turbina a vapor.....	12
5.1.2.3. Generador.....	13
5.1.2.4. Condensador.....	15
5.1.2.5. Torres de Enfriamiento .....	17
5.2 CICLO RANKINE .....	18
<b>6. DEFINICION DEL CONTROL ELECTRICO.....</b>	<b>21</b>
6.1. ELEMENTOS DE MANIOBRAS .....	21

6.1.1. ELEMENTOS DE MANIOBRAS MANUALES.....	22
6.1.2. ELEMENTOS DE MANIOBRAS AUTOMATICOS .....	22
6.1.3. APARATOS DE PROTECCIÓN .....	23
6.2. CONTROLES ELECTRICOS INDUSTRIALES.....	23
6.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	24
6.3. APLICACIÓN DE LOS CONTROLES ELECTRICOS.....	25
6.3.1. Conexión serie.....	25
6.3.2. Conexión paralelo.....	25
6.3.3. Conexión serie-paralelo .....	25
<b>7. CAJAS DE CONTROL ELÉCTRICO .....</b>	<b>26</b>
7.1. TIPOS DE TABLEROS ELÉCTRICOS.....	27
7.2. APLICACIONES DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS SEGÚN EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	28
<b>8. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS QUE CONFORMAN UNA CAJA DE CONTROL .....</b>	<b>29</b>
8.1. RELES TÉRMICOS.....	30
8.1.1. RELÉS TÉRMICOS BIMETÁLICOS .....	32
8.1.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELES TÉRMICOS TRIPOLARES .....	33
8.1.3. CLASES DE DISPARO .....	34
8.1.4. DESIGNACIÓN DE CLASE DE RELÉ DE SOBRECARGA.....	35
8.1.5. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE ELEMENTO TÉRMICO ....	35
8.2. BREAKER O DISYUNTOR.....	36
8.2.1. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS .....	38
8.2.2. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE UN BREAKER.....	40
8.3. CONTACTOR .....	41
8.3.1. CLASIFICACIÓN.....	42
8.3.2. PARTES FUNDAMENTALES DEL CONTACTOR.....	43
8.3.2.1. CARCAZA.....	44
8.3.2.2. CIRCUITO ELECTROMAGNETICO.....	44
8.3.2.3. BOBINA .....	44
8.3.2.4. NÚCLEO .....	44
8.3.2.5. ARMADURA.....	45

8.3.2.6. CONTACTOS.....	45
8.3.2.6.1. CONTACTOS PRINCIPALES.....	45
8.3.2.6.2. CONTACTOS AUXILIARES.....	46
8.3.2.6.3. CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS (NA).....	46
8.3.2.6.4. CONTACTOS NORMALMENTE CERRADOS (NC).....	46
8.3.2. VENTAJAS DE LOS CONTACTORES.....	47
8.3.3. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE UN CONTACTOR.....	48
8.4. CONDUCTORES ELECTRICOS.....	51
8.4.1. PARTES.....	53
8.4.2. CLASIFICACIÓN.....	53
8.4.3. SELECCIÓN DEL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO ..	55
8.5. BORNERAS.....	58
<b>9. CALCULOS DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS.....</b>	<b>60</b>
9.1. RELES TERMICOS.....	60
9.2. CONTACTORES.....	62
9.3. BREAKER.....	64
9.4. CONDUCTORES ELECTRICOS.....	66
<b>10. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS SELECCIONADOS.....</b>	<b>69</b>
10.1. RELÉ TÉRMICO LRD.....	69
10.2. BREAKER C60N.....	72
10.4. CARACTERÍSTICAS DE CABLES.....	76
10.4.1. PHELPS DODGE SUPERFLEX 6 AWG 1000 V.....	76
10.4.2. PHELPS DODGE THHN/THWN 8 AWG 600V.....	79
10.4.3. CABLE DE CONTROL GPT 16 AWG 300V.....	80
<b>11. BENEFICIARIOS.....</b>	<b>81</b>
11.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS.....	81
11.2. BENEFICIARIOS INDIRECTOS.....	81
<b>12. METODOLOGIA.....</b>	<b>82</b>
<b>13. RECURSOS.....</b>	<b>89</b>
13.1. HUMANOS.....	89
13.2. MATERIALES.....	89

13.3. ECONOMICOS.....	90
<b>14. EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>91</b>
<b>15. RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>97</b>
15.1. RESULTADOS PARA LA FACULTAD .....	97
15.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
<b>15.2.1 CONCLUSIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>15.2.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>16. SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD .....</b>	<b>99</b>
16.1. SUSTENTABILIDAD.....	99
16.2. SOSTENIBILIDAD .....	99
<b>17. PRESUPUESTO .....</b>	<b>100</b>
<b>18. CRONOGRAMA VALORADO .....</b>	<b>101</b>
<b>19. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>102</b>
19.1. Referencia Bibliográfica .....	103
<b>ANEXOS</b>	

## **RESUMEN**

El presente proyecto se fundamenta en las nuevas exigencias que tiene el sistema de educación superior hacia la universidad Ecuatoriana, y en la importancia que tiene para la misma, seguir en el sendero de la formación de profesionales altamente calificados, donde la implementación de cajas de control eléctrico para la central térmica a vapor de la universidad técnica de Manabí, complementa lo antes expuesto.

Por lo tanto, la realización del mencionado proyecto desde el punto de vista pedagógico, representa una gran oportunidad de crear competencias profesionales a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la universidad técnica de Manabí, y nuevas herramientas de enseñanza a los docentes, a través de la implantación de nuevas tecnologías en los laboratorios de la carrera en mención.

Los avances de la tecnología, influyo decisivamente en la decisión de la innovación del sistema de control eléctrico que poseía la central térmica a vapor de la carrera de Ingeniería Mecánica, implementándose cajas de control que permitirán optimizar su funcionamiento, alargar la vida útil de los motores eléctricos que influyen en sus diversos procesos y realizar maniobras de conexión y desconexión de circuitos de una manera rápida, segura y automática.

## SUMMARY

This project is based on the new requirements that have the higher education system to the Ecuadorian university, and the importance to it, continue on the path of training of highly qualified professionals, where the implementation of control boxes electric power plant for steam technical University of Manabí, complements the above.

Therefore, the realization of this project from the pedagogical point of view represents a great opportunity to build skills to students of Mechanical Engineering degree from the Technical University of Manabí, and new teaching tools for teachers, to through the implementation of new technologies in the laboratories of the race in question.

Advances in technology, decisively influenced the decision of innovation electrical control system possessing the power plant steam the Engineering Mechanics, implementing control boxes that will optimize performance, longer engine life electrical affecting its various processes and perform connection and disconnection maneuvers circuit quickly, safely and automatically.



## 1.2. MICRO LOCALIZACIÓN

El mencionado proyecto se lleva a cabo en las instalaciones de la universidad técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química, carrera de Ingeniería Mecánica, Laboratorio de Centrales Térmicas, ubicado en la avenida Urbina y calle Che Guevara, según las siguientes coordenadas vía satélite -  $1.024841^{\circ}$ ;  $-80.271134^{\circ}$ , como se muestra en la figura.



## **2. FUNDAMENTACIÓN**

El desarrollo continuo que se establece en la educación superior estimuló la necesidad de que la Universidad Técnica de Manabí cuente con mejores laboratorios en cada una de sus carreras, haciendo partícipe de estos avances a la carrera de ingeniería mecánica por contar con las herramientas necesarias para el mejoramiento de la calidad de educación.

La carrera de ingeniería mecánica, con alto prestigio académico por la eficiencia, transparencia y organización de las actividades que en ella se desarrollan, se esfuerza por formar profesionales altamente calificados, implementando opciones de cambio que nos permitan seguir en el camino de la excelencia profesional.

De esta manera los que conformamos este proyecto nos unimos al desarrollo de la carrera con la implementación de cajas de control eléctrico para la central térmica a vapor logrando así optimizar los procesos que intervienen en el funcionamiento de la misma y beneficiando de manera significativa a los docentes y estudiantes en el proceso de enseñanza – aprendizaje.

### **2.1. DIAGNOSTICO DE LA COMUNIDAD**

La Universidad Técnica de Manabí fue creada mediante decreto ejecutivo público en el registro oficial N° 85, de octubre 29 de 1952.

En el interior del campus universitario se encuentran sus amplios y funcionales edificios académicos y administrativos. Dentro del campo académico se encuentra la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas que fue creado por el honorable Consejo Universitario el 13 de octubre de 1958 y que inicia con sus labores el 6 de febrero de 1959 con las escuelas de ingeniería mecánica y eléctrica, en 1970 se crean las carreras de Ingeniería Civil e Industrial y desde el 2004 aporta a la colectividad con la carrera de Ingeniería Química.

La Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas fue la primera en disponer de un edificio funcional, además cuenta con talleres y laboratorios entre los cuales se pueden nombrar a los laboratorios de: Ensayos no Destructivos, Suelos y rocas,

Hidráulica, Diseño Mecánico, Química, Física, Informática, Laboratorio de Inyección Electrónica, Electrónica, Máquinas Eléctricas, Maquinas Térmicas, Laboratorio de Centrales Térmicas y Refrigeración. Entre los talleres están el de Máquinas Herramientas, Soldaduras, Máquinas Eléctricas, entre otros. Últimamente se han incorporado una planta industrial piloto y el laboratorio de Operaciones Unitarias.

Las carreras técnicas que dispone nuestra Facultad implican un desarrollo significativo de la investigación, fomentando el uso de equipos y herramientas de estudio como computador, proyector, laboratorios, entre otros, elevando mediante aquello el aspecto intelectual y profesional del estudiante.

El mantenimiento discontinuo de muchos equipos hacen posible su acelerado deterioro y a consecuencia de ello los laboratorios dejan de prestar sus servicios, reduciendo el índice de frecuencia con el que los estudiantes realizan sus prácticas.

La Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas cuenta con una de las más modernas bibliotecas de la universidad, que recientemente fue inaugurada y está ubicada en el primer piso alto de esta facultad, en ella podemos encontrar computadoras con servicio de internet y una gama de libros actualizados para las carreras de Ing. Mecánica e Ing. Eléctrica, los cuales han favorecido notablemente el desarrollo investigativo del estudiante, pero a su vez, estos no son suficientes para la demanda de estudiantes que hacen uso de ellos.

La idea de implementar equipos para el laboratorio de centrales térmicas nace en base a la necesidad ya que la carrera de ingeniería mecánica se enfatiza en continuar actualizando sus laboratorios, pues la formación de futuros profesionales depende de equipos que permitan realizar prácticas de alto nivel, razones por la que se justifica la realización de dicho proyecto.

## **2.2. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS**

Luego del diagnóstico realizado, se visualizó los problemas que han venido aquejando y por ende afectando el desarrollo de diversas actividades:

- Baja ejecución de acciones de mantenimiento en equipos.
- Déficit de aulas acondicionadas de acuerdo a las técnicas pedagógicas y didácticas de actualidad.
- Reducida cantidad de libros y equipos informáticos.
- Déficit de implementación de equipos de control para el laboratorio de centrales térmicas.

## **2.3. PRIORIZACIÓN DE PROBLEMA**

Luego de analizar los principales problemas que afectan el desarrollo profesional de la comunidad estudiantil y la importancia que tienen cada una de ellas, se asimila claramente que uno de los de mayor importancia es, “Déficit de implementación de equipos de control para el laboratorio de centrales térmicas”, con la participación de todos los involucrados se tiene una clara tendencia que lo más prioritario es la automatización de los equipos componentes de la central térmica de la carrera de Ingeniería Mecánica, para lo cual se realizara el **“MEJORAMIENTO DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE CAJAS DE CONTROL ELÉCTRICO PARA LA SEMIAUTOMATIZACION DEL CALDERO DEL LABORATORIO DE CENTRALES TÉRMICAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA”**, lo cual permitirá optimizar la enseñanza teórica - práctica de las asignaturas que utilizan las mencionadas instalaciones.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Ante los nuevos retos a los que se están enfrentando las Instituciones de Educación superior por la demanda cada vez mayor de profesionales altamente capacitados que respondan a las expectativas del sector externo, se hace necesario buscar mecanismos apropiados para la implementación de nuevas tecnologías y equipos cada vez más sofisticados que contribuyan con la obtención de nuevos conocimientos y con la aplicación de nuevas técnicas para el desarrollo profesional.

Debido al mejoramiento continuo que esta logrando esta institución y a la confianza que muchos estudiantes depositan en ella para adquirir grandes conocimientos, esta debe contar con equipos altamente sofisticados y con tecnología de punta, ya que la formación de nuevos profesionales en la carrera de Ingeniería Mecánica demanda habilidades y destrezas que le permitan competir en los nuevos y amplios campos de la ciencia y tecnología. Por las razones antes expuestas quienes conformamos este proyecto de tesis vamos a implementar sistemas de control y automatismo para la central térmica que cuenta con generadores de vapor, condensadores enfriados por agua, torre de enfriamiento, bombas de agua que prestan sus servicios en el Laboratorio de Centrales Térmicas de la carrera de Ingeniería Mecánica, equipos que ayudaran a realizar prácticas estudiantiles en áreas como la transferencia de calor, termodinámica, calderas, centrales térmicas, maquinas térmicas, etc.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

“Mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje mediante la implementación de cajas de Control eléctrico para la semiautomatización del caldero del Laboratorio de Centrales Térmicas de la carrera de ingeniería mecánica”.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar y evaluar el Laboratorio de Centrales Térmicas.
- Seleccionar e implementar sistemas de control tales como relés térmicos, contactores, arrancadores de la marca Schneider de acuerdo a las características correctas para la aplicación y puesta en funcionamiento del Laboratorio de Centrales Térmicas.
- Pruebas para una óptima operación de los equipos componentes de la central térmica.
- Conclusiones y recomendaciones.

## **5. MARCO REFERENCIAL**

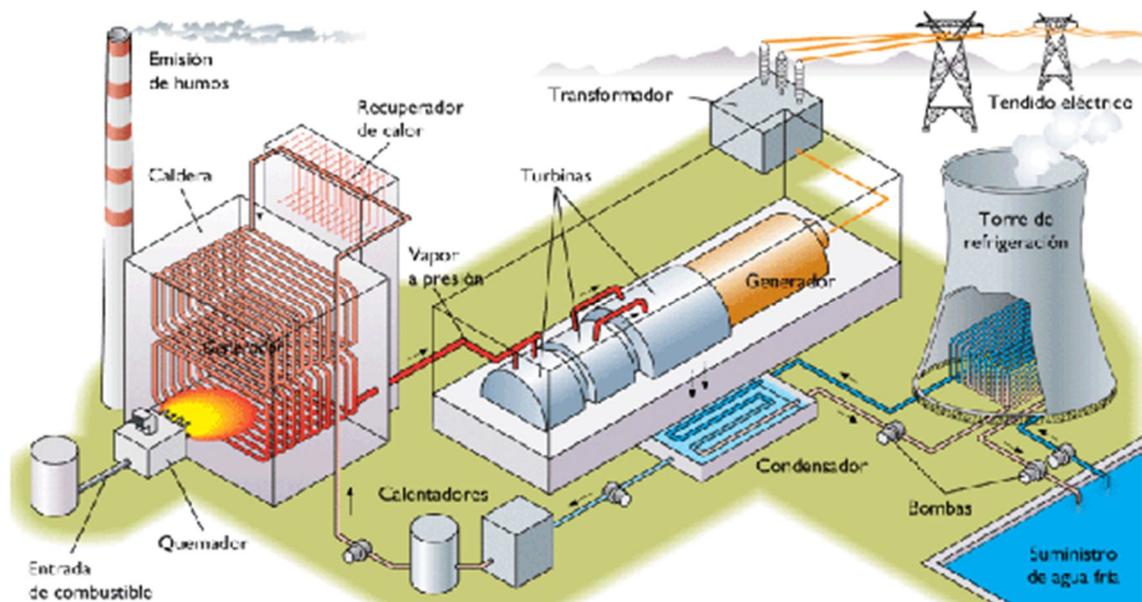
Las técnicas de investigación, las técnicas de toma de decisiones son competencias que al final de la carrera el alumno al final de la carrera tendrá como valor agregado, pero este proceso lleva una metodología, una parte es la teoría que se imparte en el aula y otra es la práctica que se ejecuta en los laboratorios con equipos altamente tecnológicos que contribuyan con la formación de los estudiantes. La formación profesional del alumno desde el punto de vista pedagógico, es de suma importancia ya que las nuevas técnicas didácticas, estrategias grupales así como la capacitación permanente del docente, son elementos claves para que se cumpla con los objetivos establecidos.

Siendo esto un referente de que la viabilidad del proyecto desde el punto de vista pedagógico, es una gran oportunidad de crear competencias profesionales y nuevas formas de enseñanza a través de la implantación de nuevas tecnologías en los laboratorios ya que estos benefician al desarrollo de la educación.

Es necesario comprender que el éxito de un egresado depende en gran parte de la capacidad creativa e innovadora que tenga y se pueda ofrecer al sector productivo. Las Instituciones de Educación Superior no pueden educar sólo para el presente, sino que deben mirar hacia el futuro. Las Universidades tienen la responsabilidad de fortalecer el desarrollo económico del país y la región, y esto nos exige alcanzar altos niveles de competitividad internacional.

### **5.1. CENTRAL TERMICA**

Una central térmica transforma la energía Química de un combustible (gas, carbón, fuel) en energía eléctrica. También se pueden considerar centrales térmicas aquellas que funcionan con energía nuclear. Es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el generador y por tanto para obtener la energía eléctrica, se obtiene a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera. Esta central térmica sigue un ciclo de producción de vapor destinado al accionamiento de las turbinas que mueven el rotor del alternador. <sup>1</sup>



**Central térmica a vapor** (disponible en

[http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200709/24/fisicayquimica/20070924klpcnafyq\\_73.Ees.SCO.png](http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/cienciasnaturales/media/200709/24/fisicayquimica/20070924klpcnafyq_73.Ees.SCO.png). Consultado el 18/10/2012).

### 5.1.1. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento podría describirse del siguiente modo:

- El combustible almacenado en depósitos situados en las inmediaciones de la central, entra en la caldera para ser quemado. Durante su combustión se produce calor que permite la evaporación del agua presente en las numerosas tuberías que se encuentran alrededor de la caldera. El vapor de agua adquiere mucha presión, por lo cual se utiliza para mover una turbina conectada al generador. Al girar la turbina se produce la electricidad, que viaja del generador hasta los transformadores, que elevan la tensión para transportar esta energía por la red eléctrica hasta los centros de consumo. Por otro lado está funcionando el sistema de refrigeración que permite empezar de nuevo el ciclo, es decir, condensa el vapor de agua para que pueda volver a ser utilizado.

El agua es condensada en una parte de la central que se mantiene a baja temperatura gracias a un sistema cerrado de tuberías que lo refrigeran, el condensador.



**Funcionamiento de una central térmica a vapor** (Disponible en <http://www.jenijos.com/CENTRALESTERMICAS/funcionamientomodif.gif>. Consultado el 18/10/2012)

Las tuberías contienen agua fría que reduce la temperatura del agua usada para mover la turbina, permitiendo su condensación. Cuando el agua del sistema de refrigeración se calienta, se dirige hacia las torres de refrigeración, donde se vuelve a enfriar en contacto con aire frío. Y así se realiza continuamente el mismo ciclo.<sup>2</sup>

### **5.1.2. PARTES**

Las principales partes de una central de este tipo se podría decir que son:

#### **5.1.2.1. Caldera**

En este espacio el agua se transforma en vapor, cambiando su estado. Esta acción se produce gracias a la combustión del gas natural o cualquier otro combustible fósil que pueda utilizar la central, con la que se generan gases a muy alta temperatura que al entrar en contacto con el agua líquida la convierten en vapor.

El agua que se transforma en vapor circula por unas cañerías llamadas serpentines, donde se produce el intercambio de calor entre los gases de la combustión y el agua.<sup>3</sup>



**Caldera tipo horizontal**

(disponible en <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRgavOQSwoAEd4RNnssRsow-PyGwVVfBMFbx2ZS31pv2yLSpKdl>. Consultado el 20/10/2012)

El caldero existente en la central térmica de la carrera de ingeniería mecánica es de tipo vertical, con una potencia de 15 hp de la FULTON BOILER de Inglaterra y diseñado para una producción de vapor de 525 Lbs/h a una presión de trabajo máxima de 125 PSI.



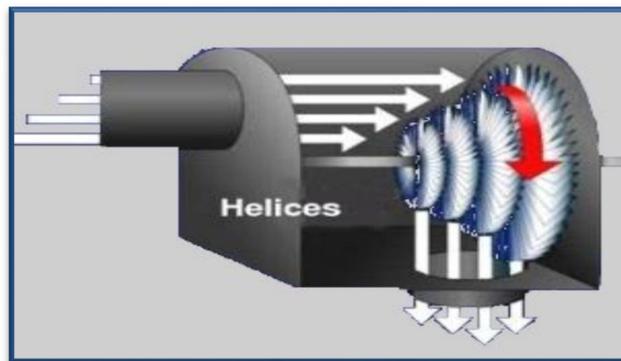
**Caldera tipo vertical**

(Disponible en <http://imcalderas.com/catalogo/img/p/13-56-large.jpg> Consultado el 20/10/2012)

### 5.1.2.2. Turbina a vapor

Máquina que recoge el vapor de agua y que, gracias a un complejo sistema de presiones y temperaturas, consigue que se mueva el eje que la atraviesa. Esta turbina normalmente tiene varios cuerpos, de alta, media y baja presión, para aprovechar al máximo el vapor de agua. El eje que atraviesa los diferentes cuerpos está conectado con el generador.<sup>3</sup>

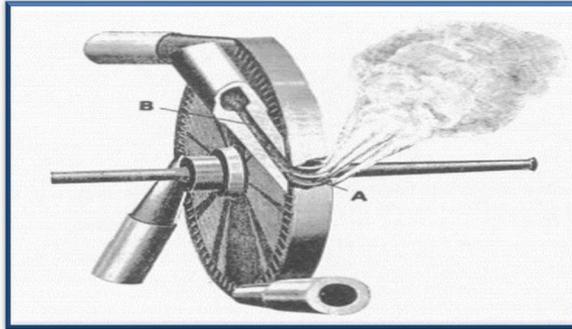
La turbina a vapor del Laboratorio de centrales térmicas es de tipo Laval y esta equipada con controles manuales de las toberas, pudiendo ser operada con una, dos o tres de ellas, cuando sale el escape al condensador y con una o dos se hace hacia la atmosfera.



**Turbina a vapor** (Disponible en

<http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQHUYtTAfoGjwX1NQOTRumze5xKsQFKliAxtG1Y5ckDFRnBnDhxGg>. Consultado el 20/10/2012)

Sus requerimientos de diseño son de 150 a 180 kg de vapor por hora a una presión de  $6.9 \text{ kg/cm}^2$ . El eje de la turbina está conectado a un reductor en razón de la considerable velocidad adquirida por la expansión del vapor, obteniendo velocidades que llegan hasta 30000 revoluciones por minuto, debido a que no puede manejar directamente estas velocidades, se ha asociado a ella un reductor formado por un engranaje de ruedas helicoidales con ángulo de inclinación de diente a  $45^\circ$ .



**Funcionamiento de turbina a vapor** (Disponible en <http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTOwrBrcTCe3mFcJbw2iWdOhDWikZHK7b2er9WSM5380x5jA4RHvw>. Consultado el 20/10/2012)

En este caso, el cambio de entalpía tiene lugar en la tobera, acompañado de una caída de presión estática y aumento de velocidad absoluta. En la rueda móvil la presión y la densidad permanecen constantes, y la velocidad absoluta disminuye. El cambio en dirección y magnitud de la velocidad absoluta causa la aparición de una fuerza en la paleta móvil, que origina el torque y la potencia entregada por la turbina. Esta energía se transmite al generador produciendo corriente alterna.

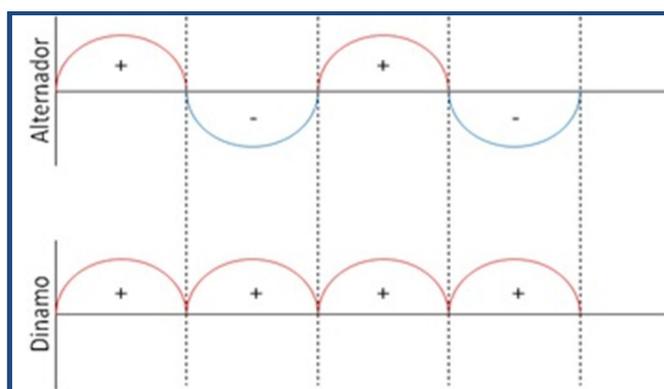
### 5.1.2.3. Generador

Un generador es una máquina que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de los dos elementos principales que lo componen: la parte móvil llamada rotor y la parte estática, el estator.

Cuando un generador está en funcionamiento, uno de los dos genera un flujo magnético (actúa como inductor) para que el otro lo transforme en electricidad (actúa como inducido).<sup>4</sup>

Los generadores se diferencian según el tipo de corriente que producen. Así, tenemos:

- **Los alternadores.** Generan electricidad en corriente alterna. El elemento inductor es el rotor y el inducido el estator.
- **Las dinamos.** Generan electricidad en corriente continua. El elemento inductor es el estator y el inducido el rotor.



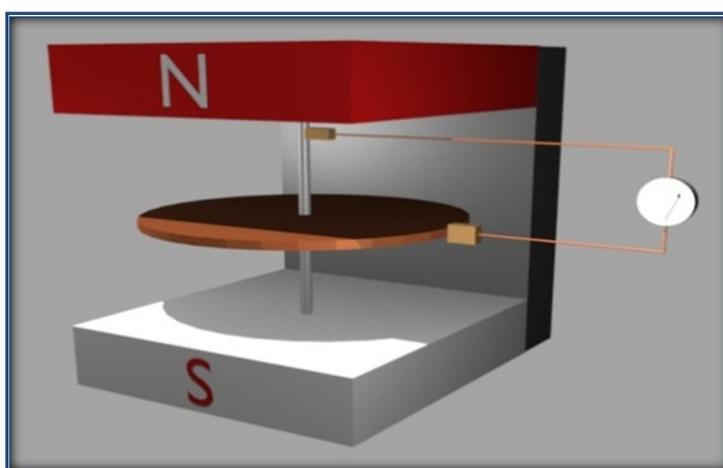
**Alternador (c.a.) y Dinamo (c.c.)** (Disponible en:

[http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/imagenes/corriente-alterna-continua.jpg](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/imagenes/corriente-alterna-continua.jpg).

Consultado el 22/10/2012).

El principio de funcionamiento de los generadores está basado en la Ley de Faraday. Esta ley nos dice que el voltaje inducido en un circuito es directamente proporcional al cambio del flujo magnético en un conductor o espira. Esto quiere decir que si tenemos un campo magnético generando un flujo magnético, necesitamos una espira por donde circule una corriente para conseguir que se genere la f.e.m. (fuerza electromotriz).

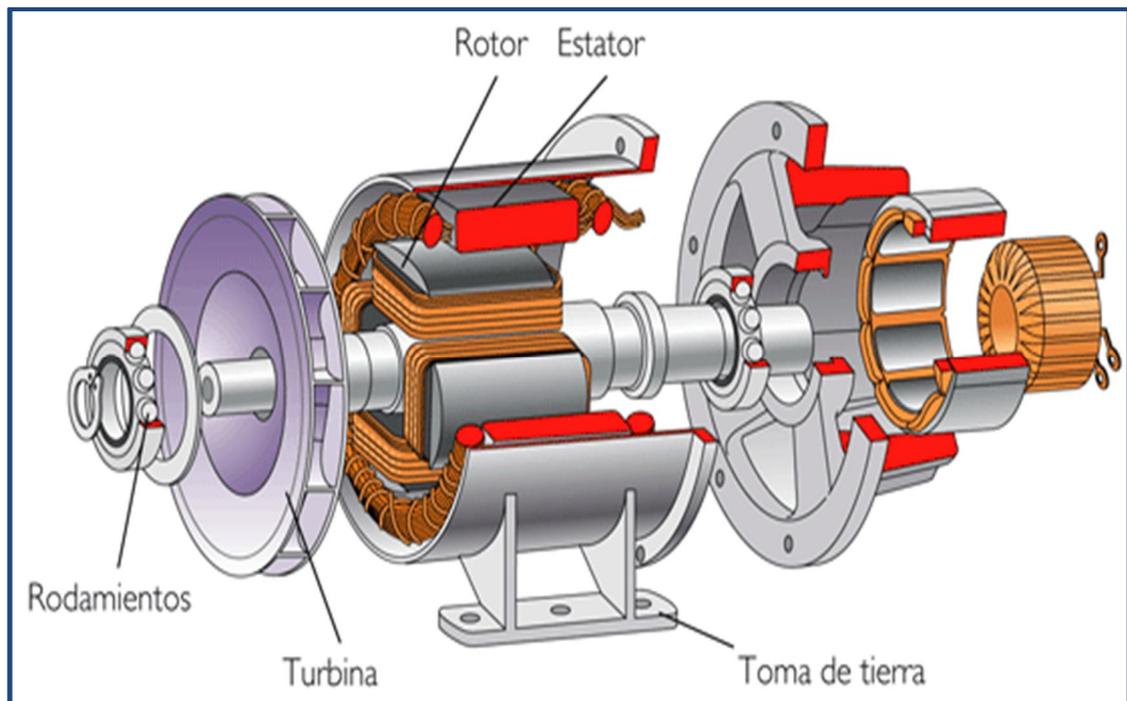
Este descubrimiento, realizado en el año 1830 por Michael Faraday, permitió un año después la creación del disco de Faraday. El disco de Faraday consiste en un imán en forma de U, con un disco de cobre en medio, que está girando.<sup>4</sup>



**El disco de Faraday** (Disponible en:

[http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/imagenes/Disco\\_de\\_Faraday.jpg](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/imagenes/Disco_de_Faraday.jpg). Consultado el

22/10/2012)



**Esquema de funcionamiento de un generador eléctrico** (Disponible en:

[http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/ingenieria/media/200708/22/tecnologia/20070822klpingtcn\\_60.Ees.SCO.png](http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/ingenieria/media/200708/22/tecnologia/20070822klpingtcn_60.Ees.SCO.png). Consultado el 23/10/2012)

#### **5.1.2.4. Condensador**

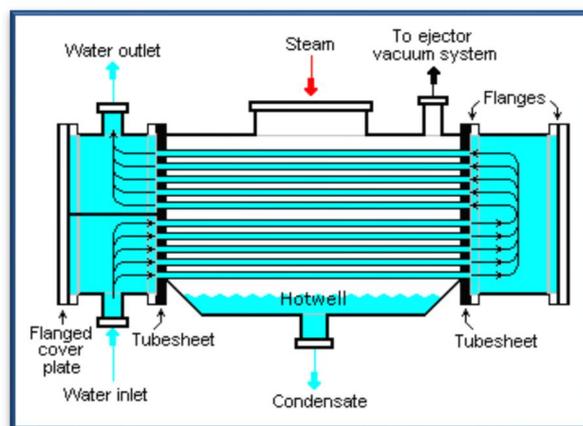
Es un recinto cerrado en el cual el vapor sale de la turbina y se fuerza para ceder su calor latente de la vaporización. Convierte el vapor usado nuevamente en agua para regresarla a la caldera de vapor como agua de alimentación. Esto baja el costo operacional de la planta permitiendo reutilizar el agua de alimentación. Además, aumenta la eficiencia del ciclo permitiendo que este opere con los gradientes más grandes posibles de temperatura y presión entre la fuente de calor (caldera) y el sumidero de calor (condensador). Condensando el vapor del extractor de la turbina, la presión del extractor es reducida arriba de la presión atmosférica hasta debajo de la presión atmosférica, incrementando la caída de presión del vapor entre la entrada y la salida de la turbina de vapor. Esta reducción de la presión en el extractor de la turbina, genera más calor por unidad de masa de vapor entregado a la turbina, por conversión de poder mecánico. <sup>5</sup>



**Condensador de vapor** (Disponible en:[http://www.aulatecnologia.com/BACHILLERATO/1\\_bg/APUNTES/CENTRALES/TERMICAS/jpg/condensadores.jpg](http://www.aulatecnologia.com/BACHILLERATO/1_bg/APUNTES/CENTRALES/TERMICAS/jpg/condensadores.jpg). consultado el 23/10/2012)

El condensador del laboratorio de centrales térmicas es de tipo tubular de vacío, en el cual el condensado y el aire son extraídos por una bomba alternativa accionada por un motor eléctrico. Este condensador ha sido diseñado como para trabajar en conjunto con la turbina.

La superficie de enfriamiento esta comprendida por los tubos que están ubicados en el interior del condensador ,fijando cada uno de sus extremos a cabezales o cajas de agua permitiendo así un cierre hermético y obligando a circular el agua de refrigeración por los diferentes pasos de los tubos a través de deflectores.



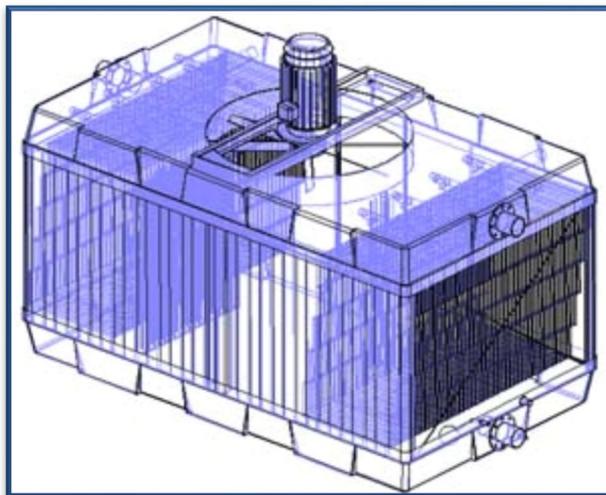
**Condensador de vapor** (Disponible en: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Surface\\_Condenser.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Surface_Condenser.png). Consultado el 23/10/2012)

### 5.1.2.5. Torres de Enfriamiento

Se encargan de mantener baja la temperatura del condensador, garantizando el correcto funcionamiento de la central.

El agua que refrigera el condensador es enfriada en las torres de enfriamiento al entrar en contacto con el aire frío que circula a través de ellas. La capacidad de enfriamiento de la torre es directamente proporcional a la superficie de contacto aire-agua y al tiempo de contacto.

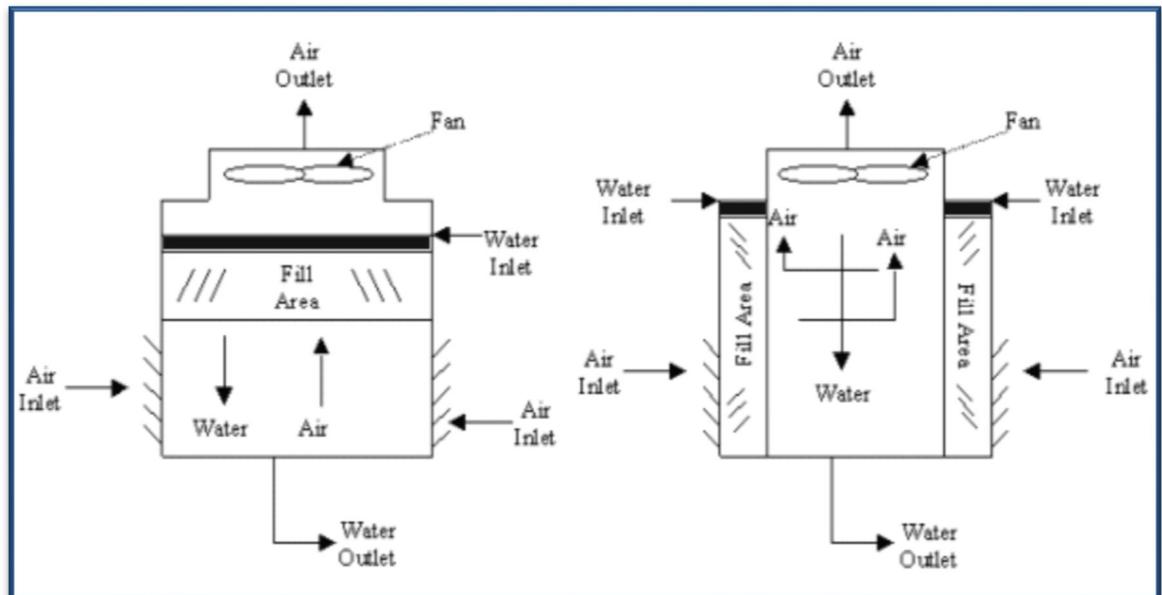
Las torres de enfriamiento tienen como finalidad enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de esta con el consiguiente intercambio de calor sensible y latente de una corriente de aire seco y frío que circula por el mismo aparato.<sup>6</sup>



**Torre de enfriamiento** (Disponible en: <http://www.hd.ind.br/fig/1800-ra.jpg>. Consultado el 25/10/2012)

La torre de enfriamiento que está ubicada en los exteriores del Laboratorio de centrales térmicas es de tiro inducido. La capacidad de esta torre de enfriamiento es de:

- |  |                |
|--|----------------|
| a) Calor a remover de condensador                    | 439267.5 Btu/h |
| b) Flujo de agua de enfriamiento                     | 40.9 Gal/min   |
| c) Temperatura del agua que proviene del condensador | 44°C           |
| d) Temperatura de agua de salida de la torre         | 32°C           |



**Torre de enfriamiento de tiro inducido** (Disponible en:

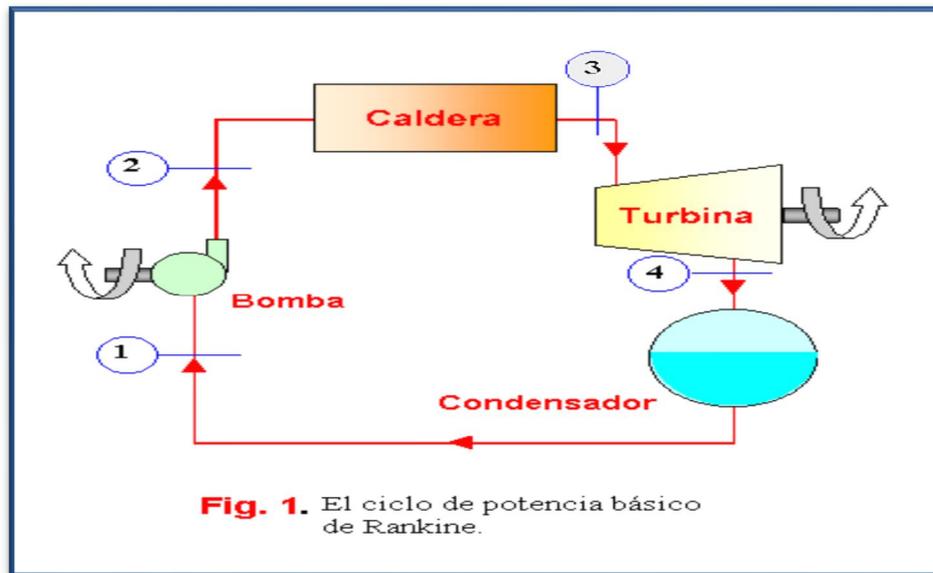
<http://gasslave.files.wordpress.com/2012/09/32.png>. Consultado el 25/10/2012)

## 5.2 CICLO RANKINE

El ciclo Rankine es un ciclo que opera con vapor, y es el que se utiliza en las centrales termoeléctricas. Consiste en calentar agua en una caldera hasta evaporarla y elevar la presión del vapor. Éste será llevado a una turbina donde produce energía cinética a costa de perder presión. Su camino continúa al seguir hacia un condensador donde lo que queda de vapor pasa a estado líquido para poder entrar a una bomba que le subirá la presión para nuevamente poder introducirlo a la caldera.<sup>7</sup>

Este ciclo no incluye ninguna irreversibilidad interna y está compuesto de los siguientes cuatro procesos: **1.** Compresión isentrópica en una bomba **2.** Adición de calor a presión constante en una caldera **3.** Expansión isentrópica en una turbina **4.** Rechazo de calor a presión constante en un condensador.

El agua entra a la bomba en el estado **1** como líquido saturado y se condensa isentrópicamente hasta la presión de operación de la caldera. La temperatura del agua aumenta un poco durante este proceso de compresión isentrópica debido a una ligera disminución en el volumen específico del agua.



**Ciclo de Rankine** (Disponible en:

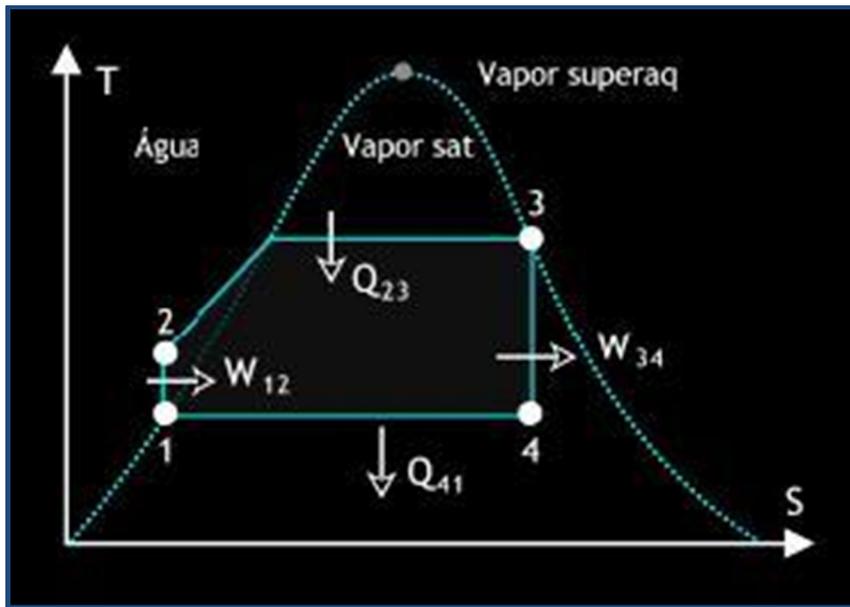
[http://4.bp.blogspot.com/\\_IG3WGG4BEds/SxP4uP2aO6I/AAAAAAAAAWA/d3gQeQT2gfi/s1600/Rankine.gif](http://4.bp.blogspot.com/_IG3WGG4BEds/SxP4uP2aO6I/AAAAAAAAAWA/d3gQeQT2gfi/s1600/Rankine.gif). Consultado el 25/10/2012)

El agua entra a la caldera como líquido comprimido en el estado **2** y Sale como vapor sobrecalentado en el estado **3**. La caldera es básicamente un gran intercambiador de calor donde el calor que se origina en los gases de combustión, reactores nucleares u otras fuentes, se transfiere al agua esencialmente a presión constante.

El vapor sobrecalentado en el estado **3** entra a la turbina donde se expande isentrópicamente y produce trabajo al hacer girar el eje conectado a un generador eléctrico.

La presión y la temperatura del vapor disminuyen durante este proceso hasta los valores en el estado **4**, donde el vapor entra al condensador.

El vapor se condensa a presión constante en el condensador, el cuál es básicamente un gran intercambiador de calor, rechazando el calor hacia un medio de enfriamiento como un lago, un río o la atmósfera. El vapor sale del condensador como líquido saturado y entra a la bomba, completando el ciclo.<sup>8</sup>



**Diagrama T-S del ciclo Rankine** (Disponible en:

<http://filipemortagua.com.sapo.pt/Imagens/rankine%203.JPG>. Consultado el 25/10/2012)

## **6. DEFINICION DEL CONTROL ELECTRICO**

Se considera un control eléctrico como un conjunto de elementos eléctricos o electrónicos que accionan contactos; todos interconectados eléctricamente a través de conductores, con el propósito de establecer una función de control sobre un equipo o conjunto de equipos. La función de control consiste en permitir o cerrar el paso de energía eléctrica al equipo o a parte de éste. Muy a menudo un sistema de control que actúe de la manera descrita anteriormente recibe el nombre de control: todo o nada, prendido o apagado, on – off, abierto o cerrado.

Los elementos que conforman un sistema de control eléctrico se pueden clasificar de acuerdo a la función que desempeñan. Se definen las siguientes funciones dentro del sistema de control eléctrico:

- Maniobras.
- Mando manual.
- Mando auxiliar o automático
- Señalización.
- Protección.<sup>9</sup>

### **6.1. ELEMENTOS DE MANIOBRAS**

En los circuitos de control eléctrico la función de maniobras consiste en energizar o desenergizar los equipos de potencia del sistema; tales como motores eléctricos, cargas de alumbrado, calentadores, etc.

Elementos de maniobras son todos aquellos aparatos que permiten el paso o la interrupción de la corriente de la red a una carga eléctrica.

Los elementos de maniobras pueden agruparse de la siguiente manera:

- Elementos de maniobras manuales.
- Elementos de maniobras automáticos.
- Aparatos de protección.<sup>9</sup>

### 6.1.1. ELEMENTOS DE MANIOBRAS MANUALES

Son aparatos que requieren la acción de un operador para ejecutar la operación energización o desenergización de una carga o equipo eléctrico. Estos dispositivos pueden tener poder de corte o no.

El poder de corte se refiere a la capacidad que posee el aparato para interrumpir una corriente o para conectar una carga. La capacidad de corte se expresa por lo general en amperios o Kilo-amperios.

Los principales elementos de maniobras manuales usados en controles eléctricos son los siguientes:

- Interruptores.
- Pulsadores.
- Seccionadores.<sup>9</sup>

### 6.1.2. ELEMENTOS DE MANIOBRAS AUTOMATICOS

Son dispositivos diseñados para abrir y/o cerrar circuitos en función de las magnitudes que alcanzan ciertas variables físicas tales como: corriente, voltaje, frecuencia, temperatura, presión, espacio, tiempo, etc.

Los más importantes son los interruptores automáticos o disyuntores; que son aparatos de conexión - desconexión de circuitos; capaces de establecer, soportar e interrumpir corrientes bajo condiciones normales del circuito, así como establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes de cortocircuito.

El disyuntor puede actuar por sobrecargas, cortocircuitos, sobrevoltaje o por bajos voltajes.

Al producirse cualquiera de estas anomalías desconectan automáticamente la fuente de alimentación del circuito. Para volver a recuperar el circuito se procede a una acción de rearme manual.

Las principales características de un interruptor automático son:

- **Capacidad de maniobra**, que es el número mínimo de maniobras que se puede realizar con dicho aparato.
- **Poder de corte**, lo cual indica la máxima corriente que puede interrumpir sin peligro que se dañe.<sup>9</sup>

### 6.1.3. APARATOS DE PROTECCIÓN

Son dispositivos destinados a interrumpir la alimentación del circuito cuando se presenta una irregularidad en su funcionamiento, particularmente sobrecargas y cortocircuitos.

Dentro de esta categoría se ubican dos elementos particulares:

- Fusibles.
- Aparatos de protección automáticos

- **FUSIBLES.** Son conductores calibrados para permitir el paso de una determinada magnitud de corriente, de manera tal que al producirse una sobrecorriente el conductor se fundirá y desconecta la fuente de alimentación de la carga.

En los circuitos de control eléctrico se usan comúnmente los fusibles como elementos de protección contra cortocircuitos y no contra sobrecargas.

- **ELEMENTOS DE PROTECCION AUTOMATICOS.** Son aparatos destinados a brindar protección contra sobrecargas y no contra cortocircuitos. Se usan en combinación con los contactores para despejar los problemas de sobrecarga en el circuito. Los más utilizados son los relés térmicos, termomagnéticos y electromagnéticos.<sup>9</sup>

## 6.2. CONTROLES ELECTRICOS INDUSTRIALES

En los comienzos de la industrialización las máquinas fueron gobernadas esencialmente a mano e impulsadas desde un eje común de transmisión o de línea. Dicho eje de transmisión era impulsado por un gran motor de uso continuo el cual accionaba mediante una correa tales máquinas en el momento que fuese necesario, una de las desventajas principales que este sistema de transmisión de potencia fue que no era conveniente para una producción de nivel elevada. El funcionamiento automático de una máquina se obtiene exclusivamente por la acción del motor y del control de la máquina. Este control algunas veces es totalmente eléctrico y otras veces suele combinarse al control mecánico, pero los principios básicos aplicados son los mismos.<sup>10</sup>

La palabra control significa gobierno, mando, regulación, es decir el poder de establecer acciones deseadas. En el caso del control de motores significa accionar estos en momentos y de forma determinada para ejecutar trabajos productivos, de la forma más lógica, ordenada y segura posible. Para controlar motores necesitamos una serie de aparatos e instrumentos que cableados de forma adecuada nos permitan arrancar, parar, invertir, variar su velocidad, etc., en una forma segura y eficiente. A este conjunto de elementos los conocemos como sistemas de control.<sup>11</sup>

Es bueno recordar que debe existir un proceso para la cual diseñamos y construimos el Sistema de Control, es decir la unidad de producción. El control debe adecuarse a la unidad de producción. Los elementos de potencia son los que regulan la energía entregada al proceso y ejercen fuerzas, potencias, empujes, etc., sobre la materia prima y así lograr el producto final. En nuestro caso estos elementos son los motores, pero pudieran ser otros elementos como resistencias, brazos neumáticos o hidráulicos, etc.<sup>11</sup>

Los elementos de control son los encargados lograr la interacción entre los elementos de potencia y el proceso en sí, de tal manera que este último se realice de manera lógica y ordenada.<sup>11</sup>

### **6.2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL**

De acuerdo a la manera de realizar las funciones de control, estos se pueden clasificar de la manera siguiente: Control manual, control semiautomático y control automático.

**6.2.1.1. Control manual:** En este todas las funciones de mando y regulación son tomadas por el operario del proceso. Este tipo de control fue el primero empleado en el inicio de la era industrial y en la actualidad queda restringido a pequeñas plantas procesadoras.<sup>11</sup>

**6.2.1.2. Control semiautomático:** En este tipo las funciones de mando son tomadas por el operario como por el propio circuito de control. El operario introduce una orden y el sistema decide si lo ejecuta o no de acuerdo a la situación del proceso. Este tipo de control es el más extendido en la actualidad en nuestro país a nivel de

empresas de producción de mediana complejidad. En este caso el operador toma las decisiones más importantes y las decisiones inherentes al proceso en si las toma el circuito de comando. Esta variedad de control es de mediana complejidad en cuanto a su mantenimiento y reparación y requiere de personal técnico calificado y versátil.<sup>11</sup>

**6.2.1.3. Control automático:** En este caso las funciones de mando son tomadas por un circuito de control, sin intervención de operadores humanos. A este nivel de control se ha llegado gracias a los avances tecnológicos en el área de la electrónica, instrumentación y la mecánica. En los países altamente industrializados este tipo de control se ha ido extendiendo y al menos en parte también a algunos países medianamente industrializados, como en Latino América. Esta modalidad de control es bastante eficiente y compleja y requiere de personal técnico altamente calificado.<sup>11</sup>

### **6.3. APLICACIÓN DE LOS CONTROLES ELECTRICOS**

Los controles eléctricos son usados industrialmente para máquinas o equipos, los cuales realizan un determinado trabajo. Un ejemplo es el de un final de carrera el cual desactiva o activa un circuito al accionarse mecánicamente una palanca que es la que provoca la apertura o cierre de los contactos.

Aplicaciones básicas para los controles eléctricos:

#### **6.3.1. Conexión serie**

Para que la bombilla encienda deben de estar los dos interruptores manuales cerrados (S1 y S2).

#### **6.3.2. Conexión paralelo**

Para que la bombilla encienda solo se necesita un solo interruptor cerrado (S1 ó S2).

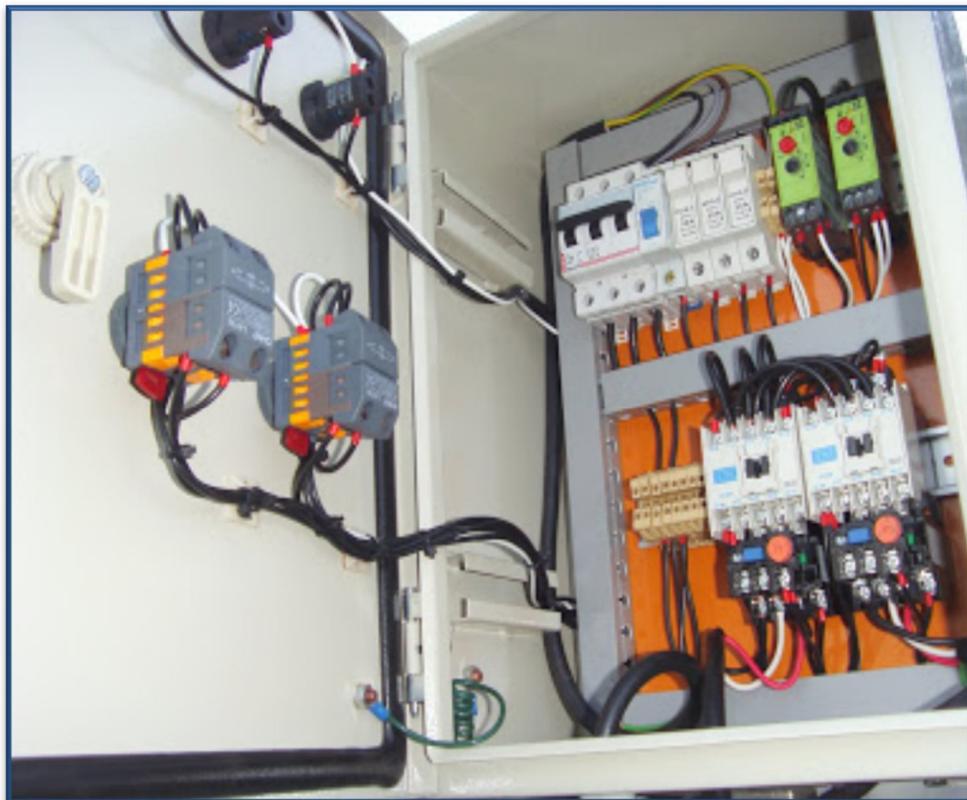
#### **6.3.3. Conexión serie-paralelo**

Para que la bombilla encienda se necesita obligatoriamente el cerrado y además uno de los dos contactos que están en paralelo cerrado, cualquiera de los dos S1 y (S2 ó S3).<sup>12</sup>

## 7. CAJAS DE CONTROL ELÉCTRICO

Una caja de control eléctrico es un tablero o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. Los equipos de protección y de control, así como los instrumentos de medición, se instalan por lo general en tableros eléctricos, teniendo una referencia de conexión estos pueden ser:

- Diagrama Unifilar
- Diagrama de Control
- Diagrama de interconexión <sup>13</sup>



**Caja de control eléctrico** (Disponible en:

[http://4.bp.blogspot.com/\\_2UFeK9qP4KM/TGwbZCuJTaI/AAAAAAAAADY/238FIh0Bw/S380/S73F1228.JPG](http://4.bp.blogspot.com/_2UFeK9qP4KM/TGwbZCuJTaI/AAAAAAAAADY/238FIh0Bw/S380/S73F1228.JPG). Consultada el 28/10/2012)

La tecnología relacionada con el control eléctrico se remonta a los inicios de la explotación comercial de la energía eléctrica. La necesidad de realizar maniobras de conexión y desconexión de circuitos, máquinas o cargas eléctricas en general, de una manera rápida y segura, conllevó al desarrollo de elementos o dispositivos de control, los cuales se combinan en circuitos básicos para producir una función de control.<sup>9</sup>

Una importante medida de seguridad para los tableros eléctricos es la instalación de interruptores de seguridad, estos deben ser distintos del interruptor explicado más arriba. Dichos interruptores de seguridad suelen ser de dos tipos: termomagnéticos, que se encarga de proteger tanto el tablero eléctrico como la instalación de variaciones en la corriente, y diferencial, que está dirigido a la protección de los usuarios.

## 7.1. TIPOS DE TABLEROS ELÉCTRICOS

Según su ubicación en la instalación eléctrica, los tableros eléctricos se clasifican en:

- **Tablero principal de distribución:** Este tablero está conectado a la línea eléctrica principal y de él se derivan los circuitos secundarios. Este tablero contiene el interruptor principal.
- **Tableros secundarios de distribución:** Son alimentados directamente por el tablero principal. Son auxiliares en la protección y operación de subalimentadores.
- **Tableros de paso:** Tienen la finalidad de proteger derivaciones que por su capacidad no pueden ser directamente conectadas alimentadores o subalimentadores. Para llevar a cabo esta protección cuentan con fusibles.
- **Tableros de comando:** Contienen dispositivos de seguridad y maniobra.

## 7.2. APLICACIONES DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS SEGÚN EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica tiene múltiples usos. Puede tener uso industrial, doméstico, también es posible utilizarla en grandes cantidades para alumbrado público, entre otros. Los tableros eléctricos tienen, según el uso de la energía eléctrica, las siguientes aplicaciones:

- Centro de Control de Motores
- Subestaciones
- Alumbrado
- Centros de carga o de uso residencial
- Tableros de distribución
- Celdas de sección  
amiento
- Centro de distribución de potencia
- Centro de fuerza



Figura 6 Gabinete metálico para fuerza motriz

Figura 7 Gabinete de tablero modular

## 8. DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS QUE CONFORMAN UNA CAJA DE CONTROL



**Tablero de control** (Disponible en: <http://ar.all.biz/img/ar/catalog/16641.jpeg>. Consultada el 30/10/2012)

Además de las acciones de maniobra que pueden englobarse en lo que se denominaría la operación normal de la instalación, existen otras acciones que son necesarias para proteger los elementos de la instalación o para proteger a las personas. De estas acciones se encargan los elementos eléctricos de protección.

## 8.1. RELES TÉRMICOS

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua.

Sus características más habituales son:

- Tripolares.
- Compensados (insensibles a los cambios de la temperatura ambiente).
- Sensibles a una pérdida de fase (por lo que evitan el funcionamiento monofásico del motor).
- Rearme automático o manual.



**Relé térmico.** Disponible en: <http://www.solec.ws/Rele/01136.jpg>. Consultado el 02/11/2012)

- Graduación en “amperios motor” (visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de característica del motor).

Este dispositivo de protección garantiza:

- optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- la continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.
- volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas.<sup>14</sup>

- **SENSIBLES A UNA PÉRDIDA DE FASE**

Este es un dispositivo que provoca el disparo del relé en caso de ausencia de corriente en una fase (funcionamiento monofásico). Lo componen dos regletas que se mueven solidariamente con las biláminas. La bilámina correspondiente a la fase no alimentada no se deforma y bloquea el movimiento de una de las dos regletas, provocando el disparo. Los receptores alimentados en corriente monofásica o continua se pueden proteger instalando en serie dos biláminas que permiten utilizar relés sensibles a una pérdida de fase. Para este tipo de aplicaciones, también existen relés no sensibles a una pérdida de fase.<sup>14</sup>

- **REARME AUTOMÁTICO O MANUAL**

El relé de protección se puede adaptar fácilmente a las diversas condiciones de explotación eligiendo el modo de rearme Manual o Auto (dispositivo de selección situado en la parte frontal del relé), que permite tres procedimientos de rearmado:

- Las máquinas simples que pueden funcionar sin control especial y consideradas no peligrosas (bombas, climatizadores, etc.) se pueden rearmar automáticamente cuando se enfrían las biláminas en un determinado lapso de tiempo.
- En los automatismos complejos, el rearmado requiere la presencia de un operario por motivos de índole técnica y de seguridad. También se recomienda este tipo de esquema para los equipos de difícil acceso.
- Por motivos de seguridad, las operaciones de rearme del relé en funcionamiento local y de arranque de la máquina debe realizarlas obligatoriamente el personal cualificado.<sup>14</sup>

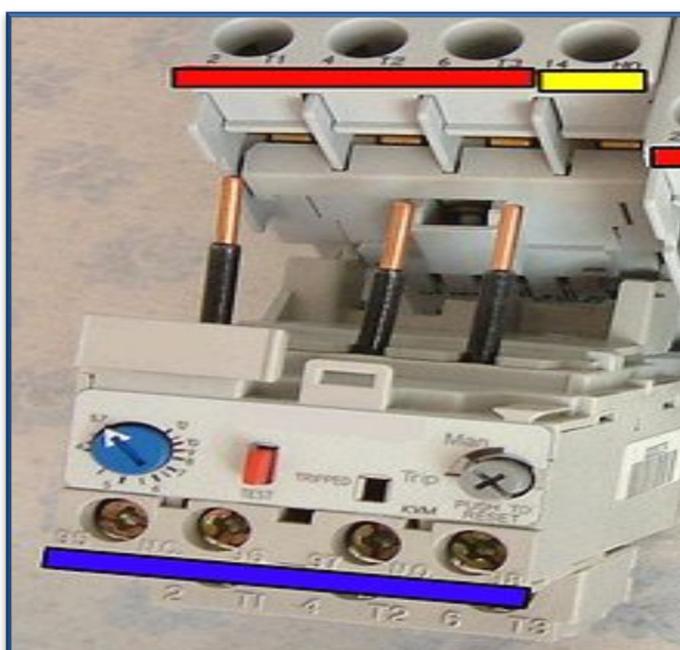
- **GRADUACIÓN EN “AMPERIOS MOTOR”**

Visualización directa en el relé de la corriente indicada en la placa de características del motor. Los relés se regulan con un pulsador que modifica el recorrido angular que efectúa el extremo de la bilámina de compensación para liberarse del dispositivo de sujeción que mantiene el relé en posición armada. La rueda graduada en amperios

permite regular el relé con mucha precisión. La corriente límite de disparo está comprendida entre 1,05 y 1,20 veces el valor indicado.<sup>15</sup>

### 8.1.1. RELÉS TÉRMICOS BIMETÁLICOS

Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo. Los bimetales están formados por la soldadura al vacío de dos láminas de materiales de muy diferente coeficiente de dilatación. Al pasar la corriente eléctrica, los bimetales se calientan y se curvan, con un grado de curvatura que depende del valor de la corriente y del tiempo. En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.<sup>16</sup>



**Relé térmico bimetalico.** Disponible

en:<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Motorschutzrelais.jpg/220px-Motorschutzrelais.jpg>

### 8.1.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RELES TÉRMICOS TRIPOLARES

Los relés térmicos tripolares poseen tres biláminas compuestas cada una por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento. Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las biláminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. La deformación de las biláminas provoca a su vez el movimiento giratorio de una leva o de un árbol unido al dispositivo de disparo.

Si la corriente absorbida por el receptor supera el valor de reglaje del relé, las biláminas se deformarán lo bastante como para que la pieza a la que están unidas las partes móviles de los contactos se libere del tope de sujeción. Este movimiento causa la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.<sup>15</sup>



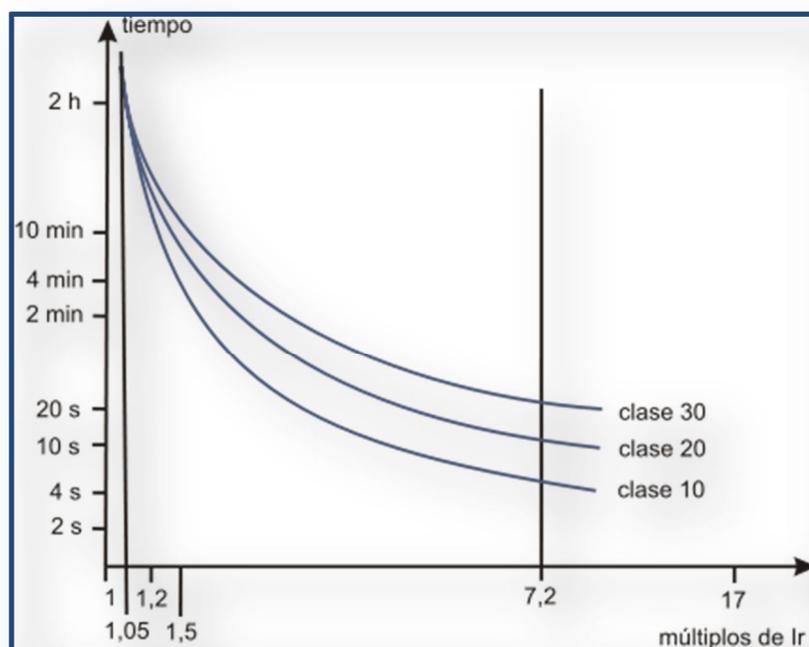
**Relé térmico Tripolar.** Disponible

en:<http://www.arqui.com/ayuda/Btwin/Ayuda/Insertar/img/ReleTermico.gif>. consultado el 02/11/2012)

### 8.1.3. CLASES DE DISPARO

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga. La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque. La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:

- Relés de clase 10: válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.<sup>15</sup>



#### Disparos de un Relé

**Térmico.** [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/89/Curvas\\_de\\_disparo.svg/220px-Curvas\\_de\\_disparo.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/89/Curvas_de_disparo.svg/220px-Curvas_de_disparo.svg.png). consultado el 02/11/2012)

#### **8.1.4. DESIGNACIÓN DE CLASE DE RELÉ DE SOBRECARGA**

Los Estándares industriales de los Estados Unidos (NEMA Parte ICS 2-222) designan un relé de sobrecarga por número de clase indicando el tiempo máximo en segundos al cual se disparará cuando tenga una corriente igual al 600 por ciento de su corriente nominal.

**-Un relé de sobrecarga Clase 10**, se disparará en 10 segundos o menos a una corriente igual al 600 por ciento de su capacidad nominal.

**-Un relé de sobrecarga Clase 20**, se disparará en 20 segundos o menos a una corriente igual al 600 por ciento de su capacidad nominal.

**-Un relé de sobrecarga de Clase 30**, se disparará en 30 segundos o menos a una corriente igual al 600 por ciento de su capacidad nominal.

Los relés de sobrecarga Clase 10 generalmente se usan con motores herméticos, bombas sumergibles o motores con capacidad de corto tiempo de rotor fijo. Los relés de sobrecarga Clase 30 deben usarse con motores que accionan cargas de alta inercia cuando se requiere tiempo de aceleración adicional y cuando el tiempo seguro de rotor fijo permitido del motor está dentro de los requisitos de rendimiento de la Clase 30.<sup>17</sup>

#### **8.1.5. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE ELEMENTO TÉRMICO**

Para determinar el valor del relé de sobrecarga se debe tener en cuenta el valor del factor de servicio de la maquina.

Si este es menor de 1.15 el valor de la corriente nominal de la maquina debe multiplicarse por 1.15%, y si este fuese mayor a 1.15 el valor de la corriente nominal se deberá multiplicar por 1.25%.

- **Ejemplo:** motor # 1

$$P = 15 \text{ KW} \quad (15 \text{ KW} \times 1000 = 15000 \text{ w})$$

$$V = 380 \text{ v}$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

$$\text{COS } \varphi = 0.85$$

$$\text{Fs. (factor de servicio)} = 1.15$$

$$I_n = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \text{COS}\varnothing}$$

$$I_n = \frac{15000}{380 * \sqrt{3} * 0.85} = 26.8 \text{ A}$$

Si no trae indicada la corriente nominal el motor, hay que calcularla.

$$P \text{ térmica} = I_n \times \text{Fs.}$$

$$P \text{ térmica} = 26.8 \times 1.15 = 30.84 \text{ A} \quad (\text{regulación del térmico}).$$

## 8.2. BREAKER O DISYUNTOR

Los interruptores automáticos o disyuntores, son aparatos de conexión - desconexión de circuitos; capaces de establecer, soportar e interrumpir corrientes bajo condiciones normales del circuito, así como establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes de cortocircuito. El disyuntor puede actuar por sobrecargas, cortocircuitos, sobre voltaje o por bajos voltajes.

Al producirse cualquiera de estas anomalías desconectan automáticamente la fuente de alimentación del circuito. Para volver a recuperar el circuito se procede a una acción de rearme manual. Uno de los interruptores automáticos más usado es el breaker, el cual protege los circuitos ramales y alimentadores de instalaciones eléctricas.<sup>9</sup>



**Breaker bipolar** (Disponible en:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Jtecul.jpg/220px-Jtecul.jpg>. Consultado el 04/11/2012).

Sus principales características técnicas son las siguientes:

- Tensión nominal.
- Número de polos.
- Corriente nominal.
- Capacidad de interrupción.
- Sistema constructivo.
- Variables físicas que lo accionan.<sup>9</sup>

Un disyuntor, es un dispositivo capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.<sup>18</sup>

### 8.2.1. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- Calibre o corriente nominal: Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo. Existen desde 5 A hasta 64 A.
- Tensión de trabajo: Tensión para la cual está diseñado el disyuntor. Existen monofásico (220 V) o trifásico (380 V).
- Poder de corte: Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.
- Poder de cierre: Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- Número de polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático. Existen de uno, dos, tres y cuatro polos.<sup>18</sup>



**Interruptor magneto térmico**

(Disponible en: <http://luipermom.files.wordpress.com/2010/08/mt.gif?w=869>. Consultada el 06/11/2012).

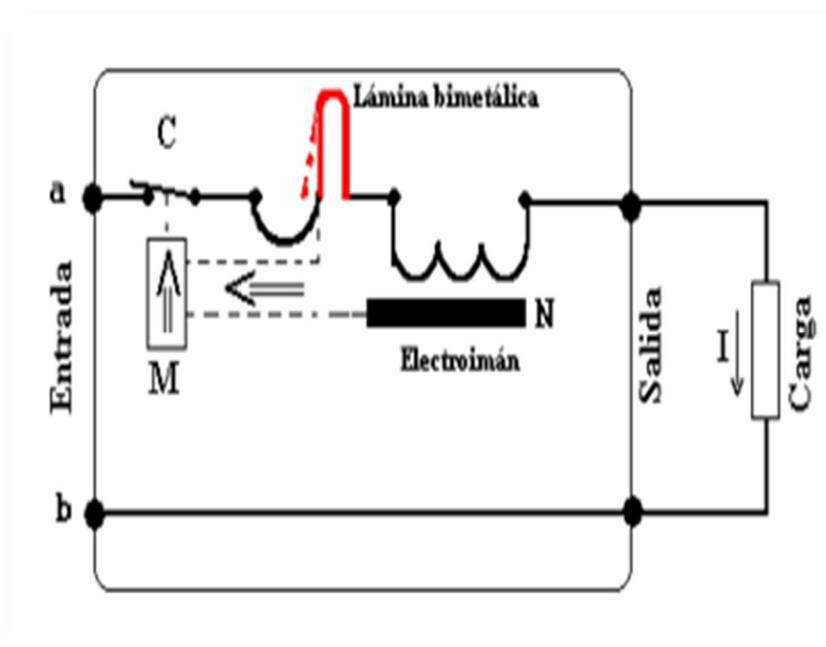
Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

Los tipos más habituales de disyuntores son:

- Disyuntor magneto-térmico.
- Disyuntor magnético.
- Disyuntor térmico.
- Interruptor diferencial o disyuntor por corriente diferencial.
- Guardamotor.<sup>18</sup>

**Dispositivo térmico** (presente en los breaker térmicos y magnetotérmicos)

Está compuesto por un bimetálico por el que circula la corriente que alimenta la carga. Cuando ésta es superior a la intensidad para la que está construido el aparato, se calienta, se va dilatando y provoca que el bimetálico se arquee, con lo que se consigue que el interruptor se abra automáticamente. Detecta las fallas por sobrecarga.<sup>18</sup>



**Diagrama de un interruptor magneto-térmico unipolar.**

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1c/Magnetotermico.PNG/400px-Magnetotermico.PNG>. Consultada el 06/11/2012).

**Dispositivo magnético** (presente en los breaker magnéticos y magnetotérmicos)

Lo forma una bobina, un núcleo y una parte móvil. La intensidad que alimenta la carga atraviesa dicha bobina, y en el caso de que ésta sea muy superior a la intensidad nominal del aparato, se crea un campo magnético que es capaz de arrastrar a la parte móvil y provocar la apertura del circuito de forma casi instantánea. Detecta las fallas por cortocircuito que pueda haber en el circuito eléctrico.<sup>18</sup>

### 8.2.2. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE UN BREAKER

Para la selección del calibre del breaker se debe tener en cuenta los siguientes datos:

- Amperaje nominal del motor
- Tensión
- Corriente de protección

#### Ejemplo:

$P = 15 \text{ KW}$  (15 KW x 1000 = 15000 w)

$V = 380 \text{ v}$

$F = 50 \text{ Hz}$

$\text{COS } \varphi = 0.85$

$$I_n = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \text{COS}\varphi}$$

$$I_n = \frac{15000}{380 * \sqrt{3} * 0.85} = 26.8 \text{ A}$$

Si no trae indicada la corriente nominal el motor, hay que calcularla.

$IP = 200\% * \text{amperaje nominal del motor}$

$I_p = \text{corriente de protección}$

$I_p = 200\% * I. \text{ nominal}$

$I_p = 200\% * 26.8 \text{ A} = 53.4 \text{ A}$

### 8.3. CONTACTOR

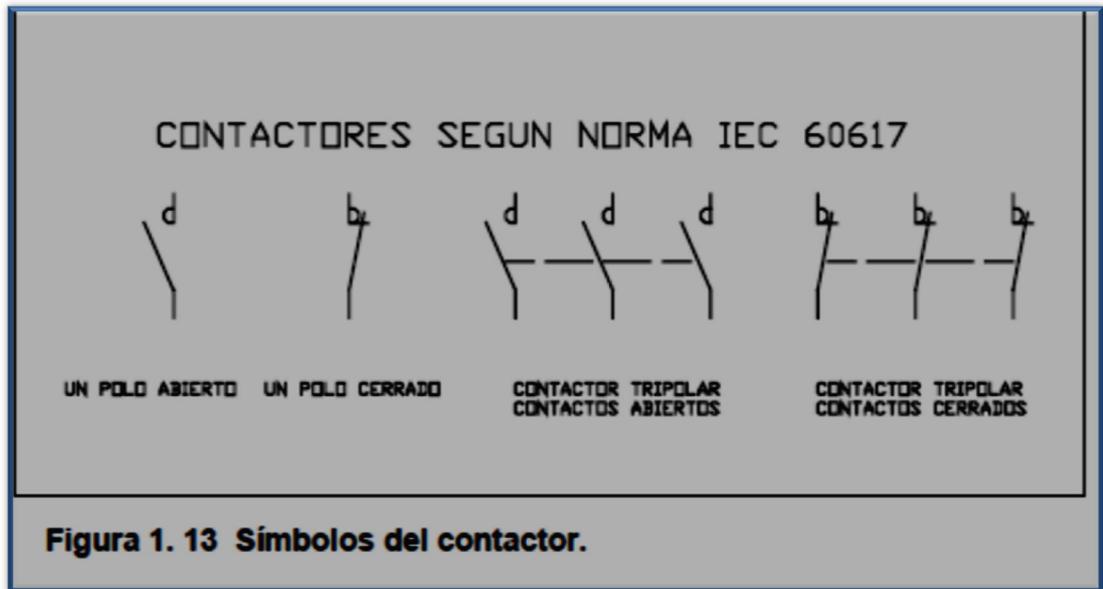
Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina. Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.<sup>9</sup>



**Contactador**

(Disponible en: [http://www.elecdirect.com/images/pageheaders/F-Range-Contactors-\(sharper.jpg](http://www.elecdirect.com/images/pageheaders/F-Range-Contactors-(sharper.jpg). Consultado el 08/11/2012).

Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número.<sup>9</sup>



**Simbología del contactor** (Disponible en Ing. Vistimiro Hidalgo 2003. Controles Eléctricos y Neumáticos (Parte 01) Pp.19.

### 8.3.1. CLASIFICACIÓN

#### - POR SU CONSTRUCCIÓN:

- **Contactores electromagnéticos**

Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.

- **Contactores electromecánicos**

Se accionan con ayuda de medios mecánicos.

- **Contactores neumáticos**

Se accionan mediante la presión de un gas.

- **Contactores hidráulicos**

Se accionan por la presión de un líquido.<sup>9</sup>

### 8.3.2. PARTES FUNDAMENTALES DEL CONTACTOR.

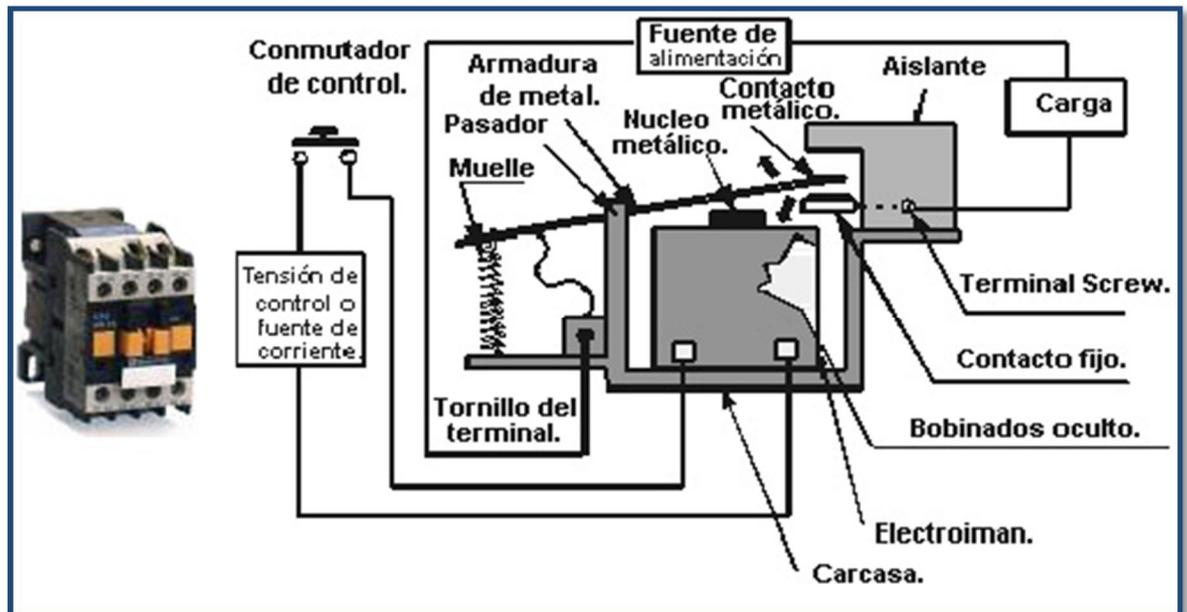


Contactor

(Disponible en: <http://www.electdirect.com/images/pageheaders/F-Range-Contactors-sharper.jpg>. Consultado el 08/11/2012).

Un contactor es una estructura muy simple; consta de las siguientes partes:

- Carcaza.
- Circuito electromagnético.
- Contactos.



Partes del contactor (disponible en: [http://fempa.es/rebt/gruas\\_torre/img/fig11.jpg](http://fempa.es/rebt/gruas_torre/img/fig11.jpg). Consultada el 08/11/2012)

### **8.3.2.1. CARCAZA**

Es el órgano de sustentación de todos los demás componentes del contactor, se construye de material aislante (plásticos o baquelita). El material de construcción debe ser capaz de soportar altas temperaturas y tener buena resistencia mecánica.<sup>9</sup>

### **8.3.2.2. CIRCUITO ELECTROMAGNETICO**

El circuito electromagnético no es más que el electroimán del contactor; es donde se crea un fuerte campo magnético que permite el accionamiento de los contactos del contactor. El circuito está constituido por los siguientes elementos:

- Bobina.
- Núcleo.
- Armadura.<sup>9</sup>

### **8.3.2.3. BOBINA**

Es un arrollamiento de alambre conductor (generalmente de cobre), con un gran número de vueltas que se arrolla sobre una formaleta rectangular. Por los terminales de la bobina se conecta una fuente eléctrica y al circular una corriente por la bobina se genera un fuerte campo magnético que circula por el núcleo y la armadura del circuito. La tensión de alimentación de la bobina puede ser de corriente alterna (AC) o continua (DC). La magnitud de la tensión aplicada es variada: 24, 48, 120, 220 voltios, etcétera.<sup>9</sup>

### **8.3.2.4. NÚCLEO**

Es una estructura metálica conformada por láminas de hierro apiladas, por lo general tiene forma de E y va sujeta firmemente a la carcasa. Su función es concentrar el flujo magnético creado por la bobina. En los contactores con bobinas de AC se agregan bobinas de sombra en el núcleo a fin de evitar el zumbido y las vibraciones.<sup>9</sup>

### **8.3.2.5. ARMADURA**

Es un elemento similar al núcleo en cuanto a construcción, pero se diferencian en que la armadura es móvil, su finalidad es la de cerrar el circuito magnético cuando se energiza la bobina, ya que en estado de reposo está separada del núcleo.

Sobre la armadura se adosan los contactos móviles, los cuales se mueven solidariamente con esta.<sup>9</sup>

### **8.3.2.6. CONTACTOS.**

Son los elementos cuyo objetivo es cerrar o abrir los circuitos conectados al contactor. Un contacto está compuesto de dos partes fijas colocadas en la carcasa y una parte móvil ubicada en la armadura.

Los contactos del contactor deben soportar las corrientes de carga impuestas por los equipos a los cuales sirven, además, las corrientes de sobrecarga que pueden ocurrir en condiciones anormales de operación, o bajo condiciones de fallas por cortocircuitos.

En un contactor los contactos pueden clasificarse así:

#### **De acuerdo con la función que tienen:**

- Contactos principales.
- Contactos auxiliares.<sup>9</sup>

#### **De acuerdo con el estado del contacto:**

- Contacto normalmente abierto.
- Contacto normalmente cerrado.<sup>9</sup>

#### **8.3.2.6.1. CONTACTOS PRINCIPALES**

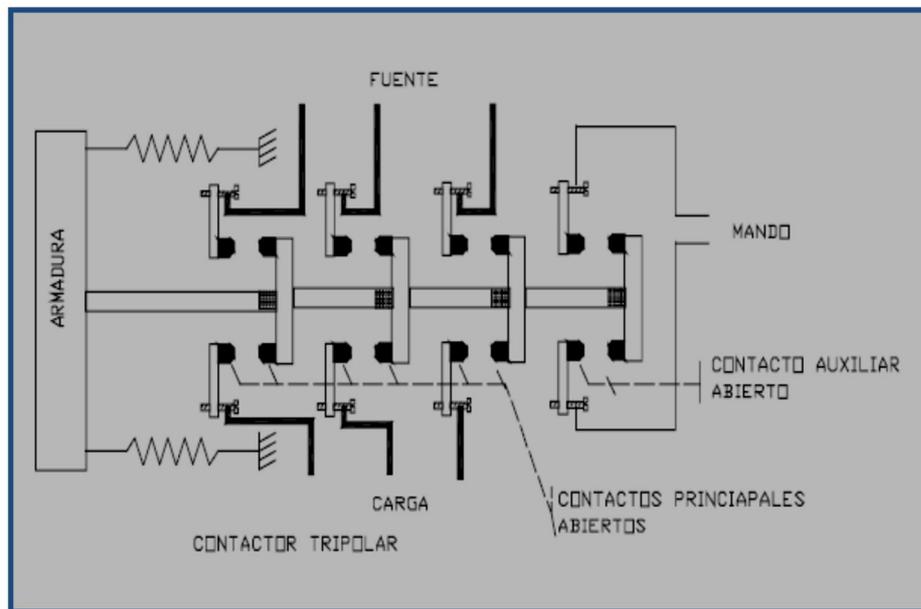
Son los contactos que tienen por finalidad realizar el cierre o apertura del circuito principal, a través del cual se transporta la corriente al circuito de utilización o carga.<sup>9</sup>

### 8.3.2.6.2. CONTACTOS AUXILIARES

Son aquellos contactos que tienen por finalidad manejar señales eléctricas débiles energizando: elementos de señalización, bobinas del contactor, y otros elementos de bajo consumo de corriente eléctrica.<sup>9</sup>

### 8.3.2.6.3. CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS (NA)

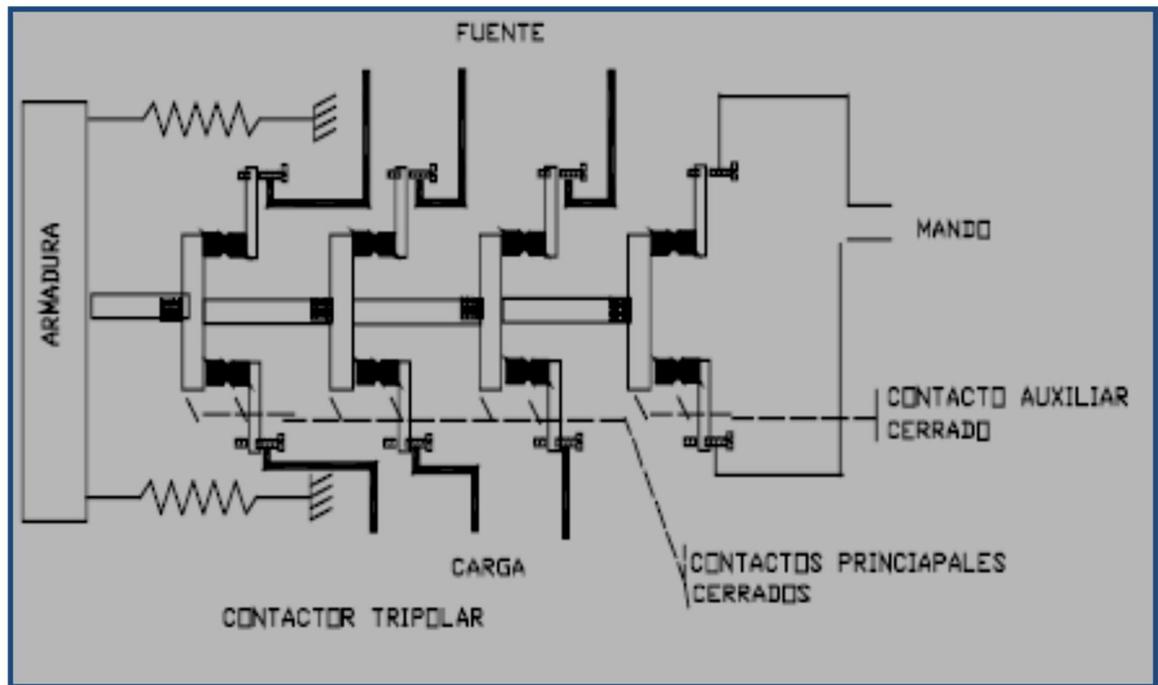
Son contactos que no presentan continuidad eléctrica en sus extremos cuando la bobina del contactor está desenergizada. Por lo tanto; cuando se energiza la bobina el contactor cierra estos contactos.<sup>9</sup>



Esquema de contactos en contactor (Disponible en Ing. Vistimiro Hidalgo 2003. Controles Eléctricos y Neumáticos (Parte 01) Pp. 23).

### 8.3.2.6.4. CONTACTOS NORMALMENTE CERRADOS (NC)

Son contactos que presentan continuidad eléctrica en sus extremos cuando la bobina del contactor está desenergizada. Por lo tanto; cuando se energiza la bobina el contactor abre estos contactos.<sup>9</sup>



**Esquema de contactos en contactor** (Disponible en Ing. Vistimiro Hidalgo 2003. Controles Eléctricos y Neumáticos (Parte 01) Pp. 23).

### 8.3.2. VENTAJAS DE LOS CONTACTORES

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos, por los que se recomienda su utilización: automatización en el arranque y paro de motores, posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones, se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas, seguridad para personal técnico, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños, control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de aparatos auxiliares (como interruptores de posición, detectores inductivos, presostatos, temporizadores ,etc.), y un ahorro de tiempo a la hora de realizar algunas maniobras.

A estas características hay que añadir que el contactor:

- es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.

- se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- protege el receptor contra las caídas de tensión importantes.
- funciona tanto en servicio intermitente como en continuo.<sup>9</sup>



**Contactador** (Disponible en: <http://www.elecdirect.com/images/pageheaders/F-Range-Contactors-sharper.jpg>. Consultado el 08/11/2012).

### 8.3.3. PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN DE UN CONTACTOR

Es necesario conocer las siguientes características del receptor:

- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V).
- La corriente de servicio ( $I_e$ )
- La naturaleza y la utilización del receptor, o sea, su categoría de servicio.

Categoría de servicio	Ic/Ie	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
AC3	6	0,35
AC4	6	0,35

La corriente cortada, que depende del tipo de categoría de servicio y se obtiene a partir de la corriente de servicio, amperios (A). Los pasos a seguir para la elección de un contactor son los siguientes:

1. Obtener la corriente de servicio ( $I_e$ ) que consume el receptor.
2. A partir del tipo de receptor, obtener la categoría de servicio. (AC1,...)
3. A partir de la categoría de servicio elegida, obtener la corriente cortada ( $I_c$ ) con la que se obtendrá el calibre del contactor. Multiplicar  $I_e$  por el factor dado en la tabla anterior.<sup>19</sup>

Las aplicaciones de los contactores, en función de la categoría de servicio, son:

### **Categoría AC1**

Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ( $\cos \phi > 0,95$ ).

### **Categoría AC2**

Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 2,5 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.

### **Categoría AC3**

Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil. Ejemplos de utilización: todos los motores de jaula habituales: ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, elevadores de cangilones, compresores, bombas, mezcladoras, climatizadores, etc.

### **Categoría AC4**

Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por impulso utilizando motores de jaula o de anillos.

El contactor se cierra con un pico de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor.

Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red. El corte resulta brusco.

Ejemplos de utilización: máquinas de impresión, máquinas de trefilar, elevadores, equipos de la industria metalúrgica.<sup>20</sup>

## **EJEMPLO**

Elegir el contactor más adecuado para un circuito de calefacción eléctrica, formado por resistencias débilmente inducidas, cuyas características son las siguientes:

- Tensión nominal: 220 V
- Potencial total: 11 kW
- Factor de potencia: 0,95 inductivo

### **Solución:**

1. La corriente de servicio se obtiene aplicando la expresión de la potencia en circuito trifásico:

$$I_c = (P / 1.732 * V * \cos\phi) = 30,5 \text{ A}$$

2. La categoría es AC1, por ser resistivo el receptor y su factor de potencia próximo a la unidad.
3. La corriente cortada es igual a la servicio, por lo que el calibre del contactor a elegir es de 32 A.

### **Las categorías del contactor elegido son:**

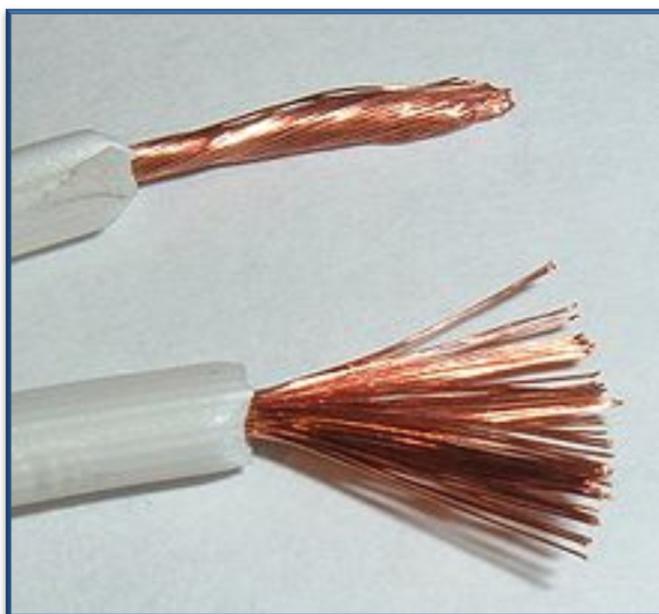
- Categoría: AC1 (por ser el  $\cos\phi = 0,95$ ).
- Calibre: 32 A.

## **8.4. CONDUCTORES ELECTRICOS**

Los elementos que conducen la corriente eléctrica se denominan conductores eléctricos y deben tener una buena conductividad y cumplir con otros requisitos en cuanto a propiedades mecánicas y eléctricas, por esta razón la mayoría de los conductores son de cobre y algunos otros de aluminio, aún cuando existen otros materiales de mejor conductividad, como la plata y el platino, pero que tienen un costo elevado que hace antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas.<sup>21</sup>

Por lo general los conductores se fabrican de sección circular de material sólido o como cables, dependiendo de la cantidad de corriente por conducir y su utilización, aunque en algunos casos se elaboran en secciones rectangulares para altas corrientes.

Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un número que corresponde al calibre, y que normalmente sigue el sistema americano de designación AWG (American Wire Gauge), siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, que es el más delgado usado en instalaciones eléctricas.



**Conductores eléctricos.** (Disponible en:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Stranded\\_lamp\\_wire.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/74/Stranded_lamp_wire.jpg). Consultado el 04/11/2012)

Generalmente cuenta con aislamiento en el orden de 500  $\mu\text{m}$  hasta los 5 cm; dicho aislamiento es plástico, su tipo y grosor dependerá del nivel de tensión de trabajo, la corriente nominal, de la temperatura ambiente y de la temperatura de servicio del conductor.<sup>21</sup>

### 8.4.1. PARTES

Las partes generales de un cable eléctrico son:

- **Conductor:** Elemento que conduce la corriente eléctrica y puede ser de diversos materiales metálicos. Puede estar formado por uno o varios hilos.
- **Aislamiento:** Recubrimiento que envuelve al conductor, para evitar la circulación de corriente eléctrica fuera del mismo.
- **Capa de relleno:** Material aislante que envuelve a los conductores para mantener la sección circular del conjunto.
- **Cubierta:** Está hecha de materiales que protejan mecánicamente al cable. Tiene como función proteger el aislamiento de los conductores de la acción de la temperatura, sol, lluvia, etc.<sup>22</sup>

### 8.4.2. CLASIFICACIÓN

Los cables eléctricos se pueden subdividir según:

#### Nivel de Tensión

- cables de muy baja tensión (hasta 50 V).
- cables de baja tensión (hasta 1000 V).
- cables de media tensión (hasta 30 kV).
- cables de alta tensión (hasta 66 kV).
- cables de muy alta tensión (por encima de los 770 kV).

#### Componentes

- Conductores (cobre, aluminio u otro metal).
- Aislamientos (materiales plásticos, elastoméricos, papel impregnado en aceite viscoso o fluido).
- Protecciones (pantallas, armaduras y cubiertas).

### **Número de conductores**

- Unipolar: Un solo conductor.
- Bipolar: 2 conductores.
- Tripolar: 3 conductores.
- Tetra polar: 4 conductores.

### **Materiales empleados**

- Cobre.
- Aluminio.
- Almelec (aleación de Aluminio, Magnesio).

### **Flexibilidad del conductor**

- Conductor rígido.
- Conductor flexible.

### **Aislamiento del conductor**

- Aislamiento termoplástico:
- PVC - (policloruro de vinilo).
- PE - (polietileno).
- PCP - (policloropreno), neopreno o plástico.
- Aislamiento termoestable:
- XLPE - (polietileno reticulado).
- EPR - (etileno-propileno).
- MICC - Cable cobre-revestido Mineral-aislado.<sup>22</sup>

### 8.4.3. SELECCIÓN DEL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO

La transmisión de energía eléctrica en forma segura y eficiente depende de una correcta selección del calibre del conductor.

La capacidad de conducción de corriente de los conductores eléctricos depende de muchos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: tipo de instalación (Conduit, charola, ducto subterráneo, etc.), del arreglo de los conductores (plano, trébol, etc.), de la temperatura de operación de los conductores seleccionados, de la longitud del circuito, etc. Debido a lo anterior, se debe realizar un estudio completo de la instalación eléctrica diseñada.

A continuación se indica como calcular la capacidad de conducción de corriente para conductores eléctricos en tubería conduit de acuerdo con la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE- 2005, la cual no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

1. Elegir el tipo de producto requerido en función de su aplicación, materiales, construcción y temperatura del conductor.
2. Determinar la corriente nominal de la carga, utilizando las fórmulas indicadas en la tabla siguiente, de acuerdo con el tipo de sistema eléctrico (de corriente continua, de corriente alterna monofásico o trifásico) y del tipo de carga (motores, alumbrado u otras cargas).

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{COS}\phi * \eta}$$

Donde:

CP (HP) = Caballos de fuerza o potencia del motor

kW = Potencia en kilowatt

V = Tensión nominal del sistema en Volts

$\eta$  = Eficiencia del motor (Valor típico 0,8)

Fp = Factor de potencia (Valor típico 0,9)

NOTA: Para conductores que alimenten un solo motor, la corriente nominal a plena carga se multiplicará por 1,25. En el caso de varios motores, a la suma de la corriente a plena carga de los motores se le sumará el 25% de la corriente del motor más grande.

3. Seleccionar el calibre del conductor de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente del cable, que depende del tipo del aislamiento, de la temperatura de operación y del método de instalación.

NOTA: De acuerdo al artículo 110-14 de la NOM-001-SEDE-2005, si la corriente en el circuito es mayor a 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 75°C. Si la corriente del circuito es menor de 100 A, se elige la capacidad de corriente a una temperatura de operación del conductor de 60°C.<sup>23</sup>

**Tabla 1. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30°C.**

Calibre AWG o kcmil	Área de la sección transversal nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor					
		60°C		75°C		90°C	
		TW TWD CCE	THW, RHW THW-LS THWN XHHW	RHH, RHW-2 THHN, THW-2 TTHW-LS, XHHW-2	UF	RHW XHHW	RHW-2 XHHW XHHW-2 DRS
Cobre			Aluminio				
14	2,08	20*	20*	25*	-	-	-
12	3,31	25*	25*	30*	-	-	-
10	5,26	30	35*	40*	-	-	-
8	8,37	40	50	55	-	-	-
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85,0	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1000	507	455	545	615	375	445	500

\* A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta norma, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no se debe superar 15 A para 14 AWG, 20 A para 12 AWG y 30 A para 10 AWG, todos de cobre.

4. Una vez elegido el calibre del conductor, corregir la capacidad de conducción de corriente tomada de la Tabla 1, en función de la temperatura ambiente del lugar de instalación, para ello se multiplica por el factor de corrección que se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2. Factores de corrección por temperatura**

Temperatura ambiente en el lugar de la instalación °C	60°C	75°C	90°C
21 – 25	1,08	1,05	1,04
26 – 30	1,00	1,00	1,00
31 – 35	0,91	0,94	0,96
36 – 40	0,82	0,88	0,91
41 – 45	0,71	0,82	0,87
46 – 50	0,58	0,75	0,82
51 – 55	0,41	0,67	0,76

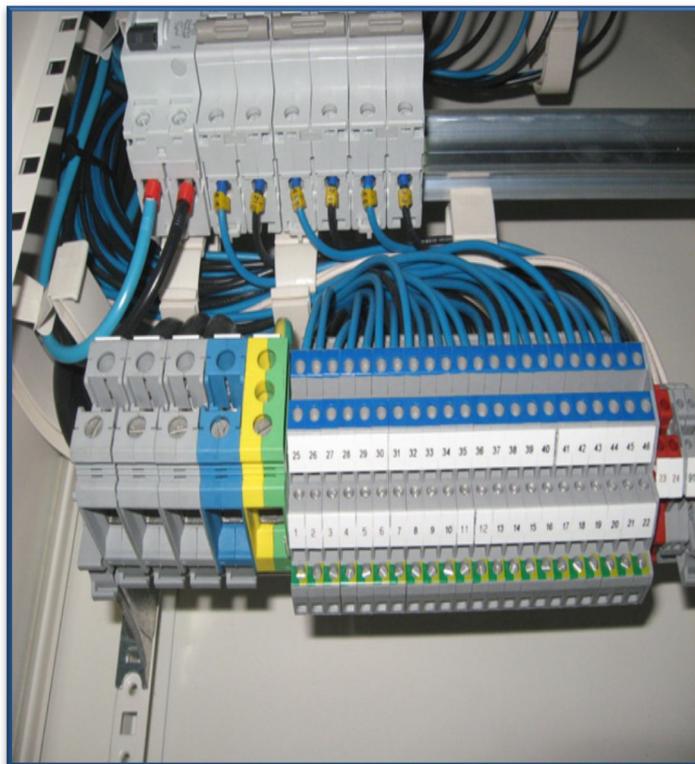
5. Si existen más de 3 conductores en tubería (conduit) portadores de corriente, corregir la capacidad de conducción de corriente multiplicando ésta por los factores de la Tabla 3. <sup>23</sup>

**Tabla 3. Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable**

Cantidad de conductores portadores de corriente eléctrica	Factor de corrección por agrupamiento
De 4 a 6	0,80
De 7 a 9	0,70
De 10 a 20	0,50
De 21 a 30	0,45
De 31 a 40	0,40
De 41 y más	0,35

## 8.5. BORNERAS

Es un dispositivo de conexión eléctrica que facilita la distribución de energía en los tableros eléctricos y el ordenamiento de cableado en tableros de mando y control.



**Bornera** (Disponible en: [http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRqCq0VeD\\_1sxFM5LcTp-cMjzvFqTo6bxNpkWV-tkwUrp1EETef2w](http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRqCq0VeD_1sxFM5LcTp-cMjzvFqTo6bxNpkWV-tkwUrp1EETef2w). consultado el 04/11/2012)

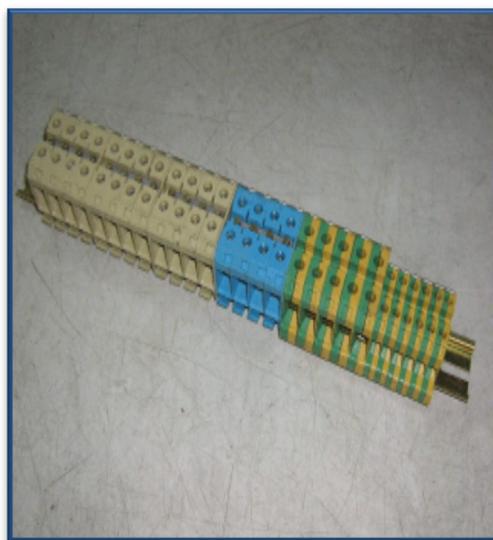
En los tableros eléctricos de potencia, permite la desviación hacia los aparatos de maniobra y protección a partir de un punto de alimentación, mientras que en los tableros de mando y control facilitan la interconexión equipotencial de todos los componentes como son entradas o salidas de PLC, relevadores, temporizadores, señales luminosas, pulsadores, llaves conmutadoras, llaves multivias, instrumentos de medición transductores, relevadores térmicos etc.<sup>24</sup>

Una bornera para conexiones eléctricas es aplicable preferentemente para la distribución de energía en paneles y/o tableros eléctricos y que comprende un cuerpo aislante alargado que incluye una pluralidad de orificios para el acceso de conductores y una pluralidad de correspondientes tornillos de fijación de dichos conductores, siendo los tornillos accesibles desde una cara superior de la bornera, y

están dispuestos perpendiculares respecto a la base de la bornera, formando dichos orificios y dichos tornillos filas que se extienden a lo largo de dicho cuerpo aislante, caracterizada porque los orificios de acceso de los conductores están dispuestos en una porción superior de la bornera y definen cavidades tubulares cuyos respectivos ejes longitudinales son oblicuos a los respectivos tornillos de fijación de los conductores, estando dichas cavidades tubulares y las roscas de ajuste de los tornillos de fijación definidos en una barra conductora que esta alojada en el interior del cuerpo aislante de la bornera y se extiende a lo largo de la misma, presentando dicha barra conductora una cara inferior que incluye medios de fijación de la bornera a una planchuela de montaje de la misma al tablero, y presentando el cuerpo aislante caras laterales opuestas donde se definen medios de acoplamiento con borneras adyacentes.<sup>25</sup>

Entre los tipos de borneras tenemos:

- Bornera de conexión por tornillo
- Bornera de paso
- Bornera de tierra
- Bornera porta fusibles
- Bornera de doble piso
- Borneras seccionales y para circuitos de medición.<sup>24</sup>



**Tipo de Borneras.** (disponible en: <http://www.loeter.cl/wp-content/uploads/2008/03/borneras.gif>.

Consultado el 04/11/2012)

## 9. CALCULOS DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS

La instalación eléctrica para motores se debe de hacer siempre de acuerdo con las disposiciones de las normas técnicas para instalaciones eléctricas que se refieren no sólo a la instalación misma de los motores, sino, también a los requisitos que deben llenar los elementos que la conforman.

Para el cálculo de los distintos elementos de la instalación eléctrica de un motor se parte de un dato básico que es:

### - La corriente a plena carga ( $I_n$ )

Es la corriente que toma o consume un motor cuando desarrolla su potencia nominal y se indica por lo general en su placa de características.

### 9.1. RELES TERMICOS

Para determinar el valor del relé de sobrecarga se debe tener en cuenta el valor del factor de servicio de la maquina.

Motor del ventilador de la torre	
T. nominal	220 v
Potencia	3 hp
$I_n$	6 A
$F_s$	1.15
$F_p - AC3$	0.35

$$P. \text{ Térmica} = I_n * F_s = \text{regulación térmica}$$

$$P. \text{ Térmica} = 6 * 1.15 = 6.9 \text{ A}$$

<b>Bomba de agua de alimentación</b>	
T. nominal	220 v
Potencia	3 hp
In	4.5 A
Fs	1.15
Fp – AC3	0.35

P. Térmica = In \* Fs = regulación térmica

P. Térmica = 4.5 \* 1.15 = 5.17 A

<b>Bomba de la torre de enfriamiento</b>	
T. nominal	220 v
Potencia	3 hp
In	6.4 A
Fs	1.15
Fp – AC3	0.35

P. Térmica = In \* Fs = regulación térmica

P. Térmica = 6.4 \* 1.15 = 7.36 A

<b>Bomba del drenaje</b>	
T. nominal	110 v
Potencia	0.5 hp
In	2.2 A
Fs	1.15
Fp – AC3	0.35

P. Térmica = In \* Fs = regulación térmica

P. Térmica = 2.2 \* 1.15 = 2.53 A

<b>Motor del proceso de vacío</b>	
T. nominal	220 v
Potencia	3 hp
In	2.90 A
Fs	1.15
Fp – AC3	0.35

P. Térmica =  $I_n * F_s$  = regulación térmica

P. Térmica =  $2.90 * 1.15 = 3.33$  A

<b>SELECCIÓN DE RELÉS TÉRMICOS MARCA SCHNEIDER</b>			
EQUIPO	RELES TERMICOS LRD	Rango [A]	Serie LRD
Motor del ventilador de torre	LRD14	(7 - 10)	
Motor del proceso de vacío	LRD08	(2.5 - 4)	
Bomba del drenaje	LRD08	(2.5 - 4)	
Bomba de torre de enfriamiento	LRD14	(7 - 10)	
Bomba de agua de alimentación	LRD14	(7 - 10)	

## 9.2. CONTACTORES

Es necesario conocer las siguientes características:

- Potencia nominal (P)
- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V).
- La corriente de servicio ( $I_e$ )
- La naturaleza y la utilización del receptor, o sea, su categoría de servicio.

Datos	
T. nominal	220 v
Potencia	2238w
Ie	? A
F. servicio	1.15
Fp	Cos 0.35

Con los datos antes expuestos calculamos su corriente de servicio para todos los motores y bombas, ya que su gran mayoría poseen dichas características.

**Ie**= corriente de servicio

$$Ie = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{COS}\phi}$$

$$Ie = \frac{2238}{\sqrt{3} * 220 * \text{COS } 0.35} = 5.87\text{A}$$

- Calculo de la carga del contactor durante el arranque.

-Intensidad de arranque:  $Ia = 6 * Ie$

$$Ia = 6 * 5.87 \text{ A} = 35.22 \text{ A}$$

-Intensidad utilizando el factor de reducción:  $Ia' = Ia * 0.85$

$$Ia' = 35.22 \text{ A} * 0.85 = 29.93 \text{ A}$$

Se selecciono un contactor de **32 A**, y que aplicando la norma IEC 947 de la categoría AC-3, donde en el cierre el contactor establece una intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad del motor.

Por lo cual se hace necesario sobredimensionar el contactor apropiado con respecto al tamaño seleccionado en base a su intensidad nominal.

CONTACTORES	CARACTERÍSTICAS	
Marca	Schneider electric	
Modelos	LC1D18	
N de polos	3	
Tipo de montaje	Sobre riel DIN	
Intensidad máxima de operación	32 A	
Voltaje de bobina y trabajo	110V / 220 V	
N de operaciones eléctricas	2000000	

### 9.3. BREAKER

Para seleccionar el breaker se debe calcular la corriente de protección.

$$IP = 200\% * (\text{amperaje nominal del motor})$$

- **Motor del ventilador de torre de enfriamiento**

$I_p$  = corriente de protección

$$I_p = 200\% * I. \text{ nominal}$$

$$I_p = 200\% * 6 \text{ A.} = 12 \text{ A}$$

La corriente de arranque del motor aumenta y como factor de seguridad la magnitud de la corriente del interruptor debe ser mayor que la corriente que es transportada por el cable conectado a este y menor a la corriente admisible del cable, razón por la que se eligió el breaker de **16 A**.

- **Bomba de torre de enfriamiento**

$I_p = 200\% * I. \text{ nominal}$

$$I_p = 200\% * 6.4 \text{ A.} = 12.8 \text{ A}$$

Por las razones expuestas en el ejemplo anterior se selecciono el breaker de **16 A**.

- **Bomba del drenaje**

$$I_p = 200\% * I. \text{ nominal}$$

$$I_p = 200\% * 2.2 \text{ A.} = 4.4 \text{ A}$$

Breaker de **10 A.**

- **Motor del proceso de vacío**

$$I_p = 200\% * I. \text{ nominal}$$

$$I_p = 200\% * 2.90 \text{ A.} = 5.80 \text{ A}$$

Breaker de **10 A.**

- **Bomba de agua de alimentación**

$$I_p = 200\% * I. \text{ nominal}$$

$$I_p = 200\% * 4.5 \text{ A.} = 9 \text{ A}$$

Breaker de **10 A.**

<b>SELECCIÓN DE BREAKER MARCA SCHNEIDER</b>			
EQUIPO	DESCRIPCION	INTENSIDAD [A]	Serie C60 N
Motor del ventilador de torre	C60 N 3*16A CURVA C	16	
Motor del proceso de vacío	C60 N 3*10A CURVA C	10	
Bomba del drenaje	C60 N 3*10A CURVA C	10	
Bomba de torre de enfriamiento	C60 N 3*16A CURVA C	16	
Bomba de agua de alimentación	C60 N 3*10A CURVA C	10	

#### 9.4. CONDUCTORES ELECTRICOS

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante:

- Corriente nominal de los equipos ( bombas, motores)
- Capacidad de corriente del conductor

Debido a que la mayoría de los equipos existentes en la central térmica presentan una potencia de 3HP, solo es necesario realizar un cálculo.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{COS}\phi * \eta}$$

$$P = 3\text{HP} \rightarrow 2238 \text{ watt}$$

$$V = 220\text{Volts}$$

$$\eta = \text{Eficiencia del motor (Valor típico 0,8)}$$

$$F_p = \text{cos}\phi \text{ según categoría AC-3 (Valor típico 0,9)}$$

$$I. \text{ plena carga} = \frac{2238}{\sqrt{3} * 220 * 0.9 * 0.8} = 8.16 \text{ A}$$

$$I_n = I. \text{ plena carga} * 1.25$$

$$I_n = 8.16 \text{ A} * 1.25 = \mathbf{10.20 \text{ A}}$$

-De la tabla 1 elegimos el cable **12 AWG a 90°C** que se utiliza para una conducción de corriente de hasta 20 A.

-Utilizamos el factor de corrección con respecto a la temperatura de la tabla 2.

**Capacidad de conducción de corriente** = capacidad de corriente del conductor \* factor de corrección por temperatura.

$$C. \text{ conducción de corriente} = 20 \text{ A} * 1 = \mathbf{20 \text{ A.}}$$

-Debido a que por la tubería son trasladados 9 conductores hasta sus respectivos equipos, es necesario corregir la capacidad de conducción de corriente, tomando en cuenta la tabla 3.

**C. conducción de corriente = 20 A \* 0.70 = 14 A.**

Podemos darnos cuenta que la capacidad de conducción de corriente del cable 12 AWG es de 14 A, lo cual es satisfactorio ya que la corriente nominal de los equipos es de 10.40 A, ya que no trabajaríamos con una capacidad al límite.

Este tipo de conductor es utilizado para las conexiones desde las borneras de la caja de control hasta los respectivos motores y bombas.

<b>CONDUCTOR</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
<b>TIPO</b>	THWN-FLEX , LUGARES SECOS Y HUMEDOS	
<b>TENSION DE SERVICIO</b>	600 V	
<b>CAPACIDAD DE CORRIENTE</b>	25 A	
<b>CALIBRE</b>	12	
<b>SECCION</b>	3.31 mm <sup>2</sup>	

Se uso cable de control # 16, para las conexiones entre los elementos de control que se encuentran en la caja, tales como relés, contactores etc.

<b>CONDUCTOR</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	
<b>TIPO</b>	GPT PVC T. OPERACIÓN 80 °C	
<b>TENSION DE SERVICIO</b>	300 V	
<b>CAPACIDAD DE CORRIENTE</b>	15 A	
<b>CALIBRE</b>	16	
<b>SECCION</b>	1.87 mm <sup>2</sup>	

Para la conexión de fuerza, es decir la que proviene desde la red de alimentación hasta la caja de control principal se utilizo cable de calibre # 6.

CONDUCTOR	CARACTERISTICAS	
TIPO	PHELPS DODGE SUPERFLEX , LUGARES SECOS O HUMEDOS	
TENSION DE SERVICIO	1000 V	
CAPACIDAD DE CORRIENTE	60 A	
CALIBRE	6	
SECCION	13.30 m <sup>2</sup>	

## 10. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS ELEMENTOS ELECTRICOS SELECCIONADOS.

### 10.1. RELÉ TÉRMICO LRD



**Relé térmico bimetálico con rango: 2.5-4amp, máx. Tensión d/trabajo 690v.**

Contactos 1na+1nc, relé d/clase 10, posee rearme manual/automático y protección falla de fase. Montaje directo.

Estos relés protegen a los motores contra las sobrecargas. Deben poder admitir la sobrecarga temporal del arranque y activarse únicamente si el arranque es demasiado largo.

La elección del relé de sobrecarga se realiza en función de la duración del arranque (clase de disparo) y del calibre nominal del motor.

Estos relés tienen una memoria térmica (excepto para determinados relés electrónicos de sobrecarga, indicado por el fabricante) y pueden conectarse:

- Bien en serie con la carga.
- Bien a transformadores de corriente colocados en serie con la carga.

Realizan, mediante asociación con un contactor, la protección del motor y la línea del equipo contra las sobrecargas bajas y prolongadas. Deben estar protegidos contra las sobreintensidades fuertes mediante un disyuntor o con fusibles.

Estos relés se pueden utilizar en corriente alterna o continua y por lo general:

- Son tripolares.
- Están compensados, es decir, son insensibles a las variaciones de la temperatura ambiente.
- Son de rearme manual o automático.
- Están graduados en “amperios motor”: visualización directa de la corriente en la placa de características del motor.

Pueden también ser sensibles a una pérdida de fase: es el concepto de diferencial.

Esta función responde a la norma IEC 60947-4-1 e IEC 60947-6-2. Este tipo de relés ofrece una fiabilidad excelente y su coste es relativamente bajo.

**Relés tripolares de protección térmica compensados  
diferenciales con rearme manual o automático y señalización  
de disparo**

<b>Clase 10<sup>(1)</sup></b>		
<b>Referencia para asociación con contactor TeSys</b>	<b>Amperaje</b>	<b>Para montaje Sobre contactor</b>
LRD01	0.1 a 0.16	D09 - D38
LRD02	0.16 a 0.25	D09 - D38
LRD03	0.25 a 0.40	D09 - D38
LRD04	0.40 a 0.63	D09 - D38
LRD05	0.63 a 1	D09 - D38
LRD06	1 a 1.7	D09 - D38
LRD07	1.6 a 2.5	D09 - D38
LRD08	2.5 a 4	D09 - D38
LRD10	4 a 6	D09 - D38
LRD12	5.5 a 8	D09 - D38
LRD14	7 a 10	D09 - D38
LRD16	9 a 13	D12 - D38
LRD21	12 a 18	D18 - D38
LRD22	16 a 24	D25 - D38
LRD32	23 a 32	D25 - D38
LRD35	30 a 38	D32 - D38
LRD3322	17 a 25	D40 - D95
LRD3353	23 a 32	D40 - D95
LRD3355	30 a 40	D40 - D95
LRD3357	37a 50	D40 - D95
LRD3359	48 a 65	D50 - D95
LRD3361	55 a 70	D50 - D95
LRD3363	63 a 80	D65 - D95
LRD3365	80 a 104	D80 - D95
LRD4365	80 a 104	D115 - D150
LRD4367	95 a 120	D115 - D150
LRD4369	110 a 140	D150

(1): La norma IEC947-4 define la duración del disparo a 7.2 veces la corriente de reglaje IR:  
Clase 10 comprendido entre 9 - 10 seg.

## 10.2. BREAKER C60N



Las características eléctricas y su alto grado de protección contra el medio ambiente, hacen al interruptor C60N adecuado para usarse como el medio de desconexión y protección de circuitos en la industria, con fabricantes de equipo original y en aplicaciones terciarias como hoteles, hospitales, plazas comerciales, etc.

Por sus características de montaje y reducidas dimensiones, este interruptor resulta idóneo para instalarse en paneles de control industrial, donde se agrupa y conecta con otros dispositivos que, también, se montan en riel DIN.

Es aplicable en circuitos de potencia y de control en corriente alterna y ciertas aplicaciones de corriente directa.

Protección de las instalaciones eléctricas, ya que interrumpen la corriente eléctrica cuando se presenta una falla de sobrecarga o cortocircuito.

**Tensión de empleo:** menor o igual a 440V~

Poder de corte según IEC 60947-2: 20,000A (2, 3 y 4 polos - 240V~).

**Número de ciclos (apertura - cierre):** 20,000

**Masa:** 120 gramos por polo

**Normas de referencia:** IEC 898, IEC 947-2, EN 60898

**Tropicalización:** ejecución 2 (humedad relativa 95% a 55°C)

**Cierre brusco:** permite resistir mejor a las corrientes iniciales elevadas de algunas cargas.

Seccionamiento de corte plenamente aparente: un testigo verde en la maneta de mando del aparato indica la apertura. Este indicador señala la apertura de todos los polos.

### Características interruptores C60N curva C

- Utilización. Cables que alimentan cargas estándar
- Aplicaciones en circuito de potencia y de control
- Calibres: 0,5A a 63A ajustados en 30°C
- Curva de disparo: los disparadores magnéticos actúan entre 5 y 10 In
- Clase de limitación (IEC 898): 3

Tabla de selección de interruptores C60N					
	Número de polos	Corriente nominal [A]	Número de referencia		
			Curva B	Curva C	Curva D
 <p>3</p> <p>Ancho en pasos de 9 mm: 6</p>		0.5		24069	
		1	24084	24344	24667
		2	24085	24345	24668
		3	24086	24346	24669
		4	24087	24347	24670
		6	24088	24348	24671
		10	24089	24349	24672
		16	24090	24350	24674
		20	24091	24351	24675
		25	24092	24352	24676
		32	24093	24353	24677
		40	24094	24354	24678
		50	24095	24355	24679
		63	24096	24356	24680

### 10.3. CONTACTOR LC1D

#### Contactores magnéticos tripolares LC1D para corrientes de 9A a 150A

La línea de contactores LC1D se ofrecen para corriente desde 9 hasta 150A para el control de motores de inducción jaula de ardilla, aplicaciones AC-3, según norma IEC 947.

Todos los contactores de hasta 32A para cubrir potencias de hasta 20 HP en 440 Vca tienen un ancho de tan sólo 45 mm, logrando una solución reversible en 90 mm para el ahorro de espacio.



Con bobinas de bajo consumo en CD que utiliza un 75% menos energía que un contactor convencional de CD. Con esto se logra reducir el calor concentrado dentro de los gabinetes dando una mayor vida útil a todos los componentes alojados dentro de ellos.

## CARACTERÍSTICAS

- Límites de tensión:
  - Para corrientes de 9 a 38A, 690 Vca.
  - Para corrientes de 40 a 150A, 1000 Vca.
  - En conformidad con UL y CSA, 600 Vca.
- Grado de protección: terminales de fuerza y conexión de bobina, IP2X (protección contra en contacto directo con los dedos)
- Tratamiento de protección contra el medio ambiente: TH (tratamiento para ambientes cálidos y húmedos)
- Máxima altitud de operación: 3000 msnm
- Durabilidad eléctrica: 1,5 millones de maniobras en AC-3, operación continua.

Potencias normalizadas de los motores trifásicos 50/60 Hz. en AC-3		Corriente asignada de empleo en AC-3	Contactos auxiliares integrados	Referencia a ordenar
kW (CP)	kW (CP)			
220 V	440 V	A		
<b>Contactores magnéticos tripolares CA con terminales atornillabes</b>				
2.2 (3)	4 (5.5)	9	1NA-1NC	LC1D09**
3 (3)	5.5 (7.5)	12	1NA-1NC	LC1D12**
4 (5.5)	9 (12)	18	1NA-1NC	LC1D18**
5.5 (7.5)	11 (15)	25	1NA-1NC	LC1D25**
7.5 (7.5)	11 (15)	32	1NA-1NC	LC1D32**
9 (10)	18.5 (25)	38	1NA-1NC	LC1D38**
11 (15)	22 (30)	40	1NA-1NC	LC1D40A**
15 (20)	30 (40)	50	1NA-1NC	LC1D50A**
18.5 (25)	37 (50)	65	1NA-1NC	LC1D65A**
22 (30)	45 (60)	80	1NA-1NC	LC1D80**
25 (33)	45 (60)	95	1NA-1NC	LC1D95**
30 (40)	59 (80)	115	1NA-1NC	LC1D115**
40 (55)	80 (100)	150	1NA-1NC	LC1D150**

## **10.4. CARACTERÍSTICAS DE CABLES**

Para la instalación de los elementos eléctricos que conforman la caja de control y para los equipos a los que se le brindara la protección se utilizaron diferentes tipos de cables de acuerdo a sus características , usos y calibres necesarios para realizar dicha función.

**-CABLE PHELPS DODGE SUPERFLEX 6 AWG 1000 V**, fue usado para la conexión desde la red eléctrica hasta el breaker de 100 amperios de la caja de control principal.

**-CABLE THWN-FLEX 12 AWG 600V**, sus servicios fueron prestados para las conexiones que provienen desde los elementos eléctricos de control hasta los equipos (motores y bombas) que están bajo su protección.

**-CABLE GPT 16 AWG 300V**, este tipo de conductor fue utilizado para los enlaces entre los elementos eléctricos de control (breaker, contactor, relé térmico) y culminando su trayectoria en una bornera.

### **10.4.1. PHELPS DODGE SUPERFLEX 6 AWG 1000 V**

#### **USOS**

Los conductores SUPERFLEX son adecuados para uso en instalaciones fijas donde por lo complicado de la instalación, se hace necesario la utilización de cables extraflexibles. Son recomendados para ser usados en circuitos de alimentación y distribución de subestaciones, instalaciones comerciales e industriales, al aire libre o subterráneo, en lugares secos, húmedos o sumergidos en agua y en aplicaciones similares de cualquier especie.



## **CARACTERISTICAS**

El material de aislamiento posee excelentes propiedades eléctricas tales como alta resistencia de aislamiento y baja constante dieléctrica (menores pérdidas), así como excelente resistencia a la humedad. Su temperatura de operación y por lo tanto su capacidad de corriente, en condiciones de funcionamiento normal, emergencia y corto circuito, son superiores a los conductores de aislamiento de polietileno normal y PVC. El PVC de su cubierta le confiere excelentes propiedades mecánicas, resistencia a la intemperie, luz solar y resistencia a la radiación UV, como así mismo, retardancia a la llama.

El uso del conductor neutro reducido (50%) es aplicable a sistemas con una corriente de desequilibrio estimado inferior a 50% de la corriente de fase.

## **NORMAS DE FABRICACION**

La fabricación de estos cables esta basado en la norma IEC 502.

## **METODOS Y FRECUENCIAS DE PRUEBAS**

Los métodos de pruebas están basados a la norma IEC 502. Los ensayos de pruebas requeridos para asegurar el control de calidad son hechos a la frecuencia y bajo las condiciones establecidas en el sistema de Aseguramiento de Calidad de Phelps Dodge Certificado ISO 9001/2000.

## **CONDUCTORES**

Cable Extra flexible de cobre blando.

## **AISLACIÓN**

Polietileno reticulado (XLPE)

## **IDENTIFICACION DE FASES**

Impresa o coloreada a solicitud del cliente, según norma chilena NCh Elect. N°4

## **CABLEADO**

Conjunto de conductores aislados, cableados entre si. Para diseño de los SUPERFLEX de 4 conductores, desde el calibre 4 AWG al 1000 MCM, se ha considerado una construcción de 3 conductores de fase cableados entres si, mas un cuarto conductor neutro dividido en tres conductores, ubicados en los intersticios de los conductores de fase.

## **CUBIERTA**

Temperatura de servicio	90°C, lugares secos o húmedos
Temperatura de emergencia	130°C
Temperatura de corto circuito	150°C
Tensión de Servicio	1000 Volts.

#### **10.4.2. PHELPS DODGE THHN/THWN 8 AWG 600V**

##### **Norma de fabricación**

UL - 83; NCH - 2020 of. 87; NEC



##### **CARACTERÍSTICAS**

Tensión de Servicio: 600 volts.

Temperatura de Servicio: 75°C.

Temperatura de Sobrecarga: 95°C.

Temperatura de Cortocircuito: 150°C.

Alta resistencia dieléctrica, resistente a agentes químicos, grasas y ácidos.

##### **DESCRIPCIÓN DEL CONDUCTOR**

Alambre o Cable de cobre blando, con aislación termoplástica de Cloruro de Polivinilo (PVC). Retardante a la llama.

##### **CONSTRUCCIÓN**

Conductor: Alambre o Cable de cobre electrolítico de temple blando.

Aislación: Termoplástica de Cloruro de Polivinilo (PVC).

##### **APLICACIONES**

Uso general de instalaciones de fuerza y alumbrado. En interiores de edificios

Ambientes secos y húmedos. Instalados dentro de tuberías embutidas o sobrepuestas, canaletas fijas y directamente sobre aisladores.

### 10.4.3. CABLE DE CONTROL GPT 16 AWG 300V

**DESCRIPCIÓN:** Conductor de cobre electrolítico blando, flexible cableado en haz. Aislado con cloruro de polivinilo (PVC especial).

#### USOS

Conductor de cobre flexible de dimensiones reducidas para cableado en el interior de tableros donde hay poco espacio. Esto se logra por la calidad del aislamiento de PVC, cuya temperatura de operación es de 75°C y por sus excelentes propiedades dieléctricas que superan los ensayos eléctricos exigentes a que son sometidos.

#### CARACTERÍSTICAS

Resistente a vibraciones, combustibles, lubricantes y solución electrolítica del acumulador, resistente a la abrasión, dobleces, etc. Retardante a la llama.

**-Norma de Fabricación** SAE J1128, UL62.

**-Tensión del Servicio** 300 voltios.

**-Temperatura de Operación** 75°C.



## **11. BENEFICIARIOS**

Este proyecto en la modalidad de trabajo comunitario ha sido un instrumento mediante el cual los proponentes se graduarán como Ingenieros Mecánicos, una vez que el mismo se ejecuto siguiendo los lineamientos expuestos y cumpliendo con las exigencias del mismo reglamento.

### **11.1. BENEFICIARIOS DIRECTOS**

- 185 Estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Manabí.
- Docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica
- La Carrera de Ingeniería Mecánica y la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas

### **11.2. BENEFICIARIOS INDIRECTOS**

- Las Instituciones Públicas y Privadas.
- Universidad Técnica de Manabí.
- La comunidad manabita y nacional se beneficia al mejorar la calidad de enseñanza, factor que sin duda alguna permitirá obtener profesionales de calidad.

## 12. METODOLOGIA

Para dar respuesta al objetivo general como al tema planteado, se ha tomado la decisión de adquirir un proceso de investigación que brinde todas las respuestas requeridas para la comprobación y para ello se investigo en el campo de la materia.

El presente trabajo comunitario tuvo como objetivo implementar nuevas tecnologías en el Laboratorio de centrales térmicas, a través de la semiautomatización de cada uno de sus procesos, la cual permitirá al personal docente hacer uso de ellas y lograr que el estudiantado conciba la importancia que tienen cada uno de ellos para el óptimo funcionamiento de los procesos que se realizan en la central térmica, para el cual tuvimos que aportar con el 100% del presupuesto total, para la adquisición de los diferentes materiales a utilizar.

A través del marco lógico y del árbol del problema se logro identificar y priorizar los problemas existentes; mediante el árbol de objetivos se puntualizó las acciones a realizar y con el árbol de alternativas se permitió conocer los diferentes medios para lograr la “Implementación de cajas de control eléctrico para la semiautomatización de la central térmica de la carrera de ingeniería mecánica”.

Se utilizó como herramientas metodológicas el marco lógico, ya que propone un método para visualizar la interacción de los distintos elementos del proyecto, el mismo que consta de la matriz de involucrados, a través de la cual se procedió al análisis de intereses y variantes de los grupos de beneficiarios sean estos directos o indirectos; árbol de problemas, el cual consistió la identificación y análisis de los problemas percibidos; árbol de objetivos, el mismo que permitió identificar las posibles soluciones a los problemas y el árbol de alternativas conociendo así los distintos medios para alcanzar los objetivos.

El cumplimiento de esta metodología con las técnicas, estrategias y actividades tomadas en cuenta para resolver el problema comunitario planteado de acuerdo como sigue.

Las técnicas utilizadas son:

- Observación.
- Análisis

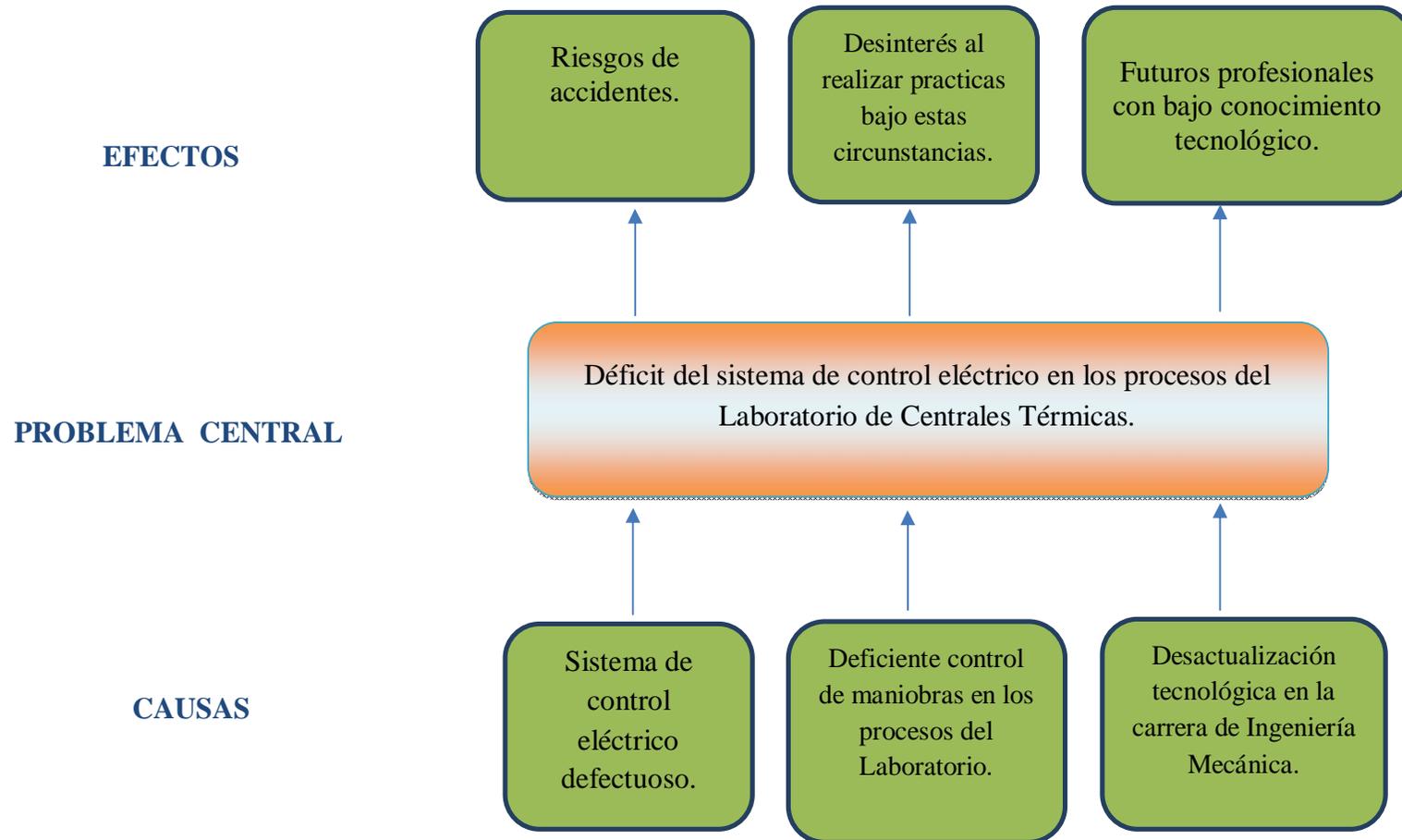
### **12.1. ACTIVIDADES DESARROLLADAS**

- Investigación participativa.
- Investigación bibliográfica.
- Estudio de las condiciones o capacidades del recurso implementado.
- Difundir la importancia que tienen las cajas de control eléctrico para el desarrollo de las prácticas en el caldero, existente en el laboratorio de centrales térmicas.
- Adquisición y verificación de los equipos a instalar para el sistema eléctrico del caldero.
- Instalación de las cajas de control eléctrico para la semiautomatización del caldero.
- Prueba de encendido del caldero, una vez reacondicionado cada uno de sus procesos.
- Entrega de los equipos

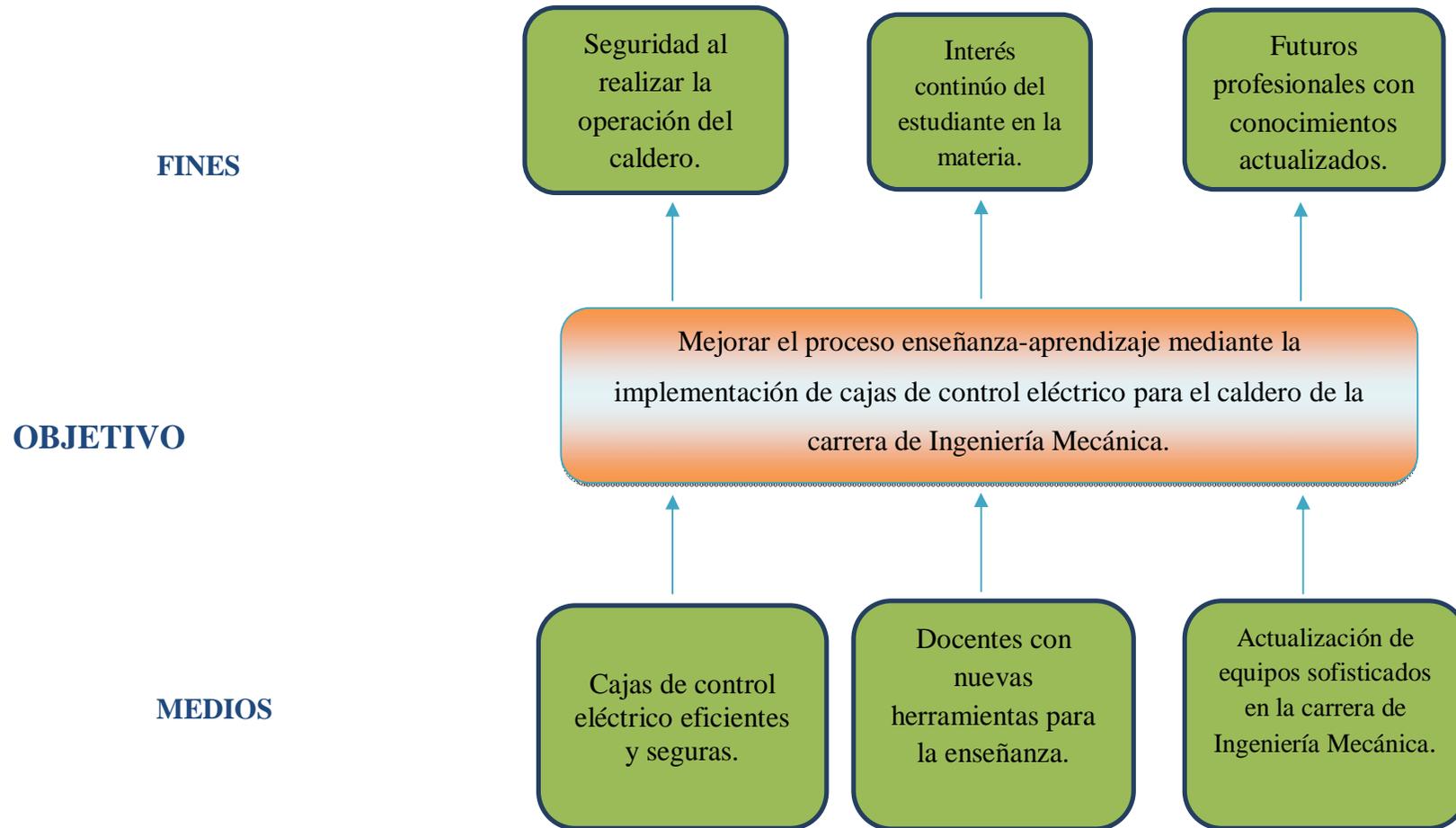
## 12.1. MATRIZ DE INVOLUCRADOS

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS	RECURSOS Y MANDATOS	INTERESES DEL PROYECTO	CONFLICTOS POTENCIALES
<b>Universidad Técnica de Manabí</b>	Obtención de una mejora perspectiva y tecnológica que pueda complementar la practica con la teoría.	Falta de equipos tecnológicos sofisticados.	Los representantes aportan activamente.	Implementar cajas de control eléctrico para el caldero del Laboratorio de Centrales Térmicas.	No existen sistemas de control sofisticados para el control de los procesos en el laboratorio.
<b>Docentes Estudiantes</b>	Poner en práctica los conocimientos adquiridos en clases mediante una práctica de campo.	Déficit de equipos sofisticados de última tecnología para realizar la práctica.	Estudiantes aportan económicamente en el proyecto.	Implementar cajas de control eléctrico en el Laboratorio de Centrales Térmicas	Insuficiencia de prácticas.
<b>Egresados</b>	Implementar cajas de control eléctrico en el Laboratorio de Centrales Térmicas	Bajo índice de practicas y déficit en el control de procesos del Laboratorio de Centrales Térmicas	Los egresados patrocinan la parte técnica, financiera e investigativa del proyecto.	Obtención del titulo profesional de los egresados.	Carencia de equipo para elevar el nivel de las prácticas.
<b>Plan</b>	Seleccionar y determinar los equipos de control eléctrico requeridos par el Laboratorio.	Poco conocimiento sobre el tema de instalaciones eléctricas.	Información obtenida mediante la investigación.	Mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje mediante la implementación de cajas de control eléctrico para el Laboratorio.	Poca involucración de los estudiantes debido al bajo índice de prácticas.

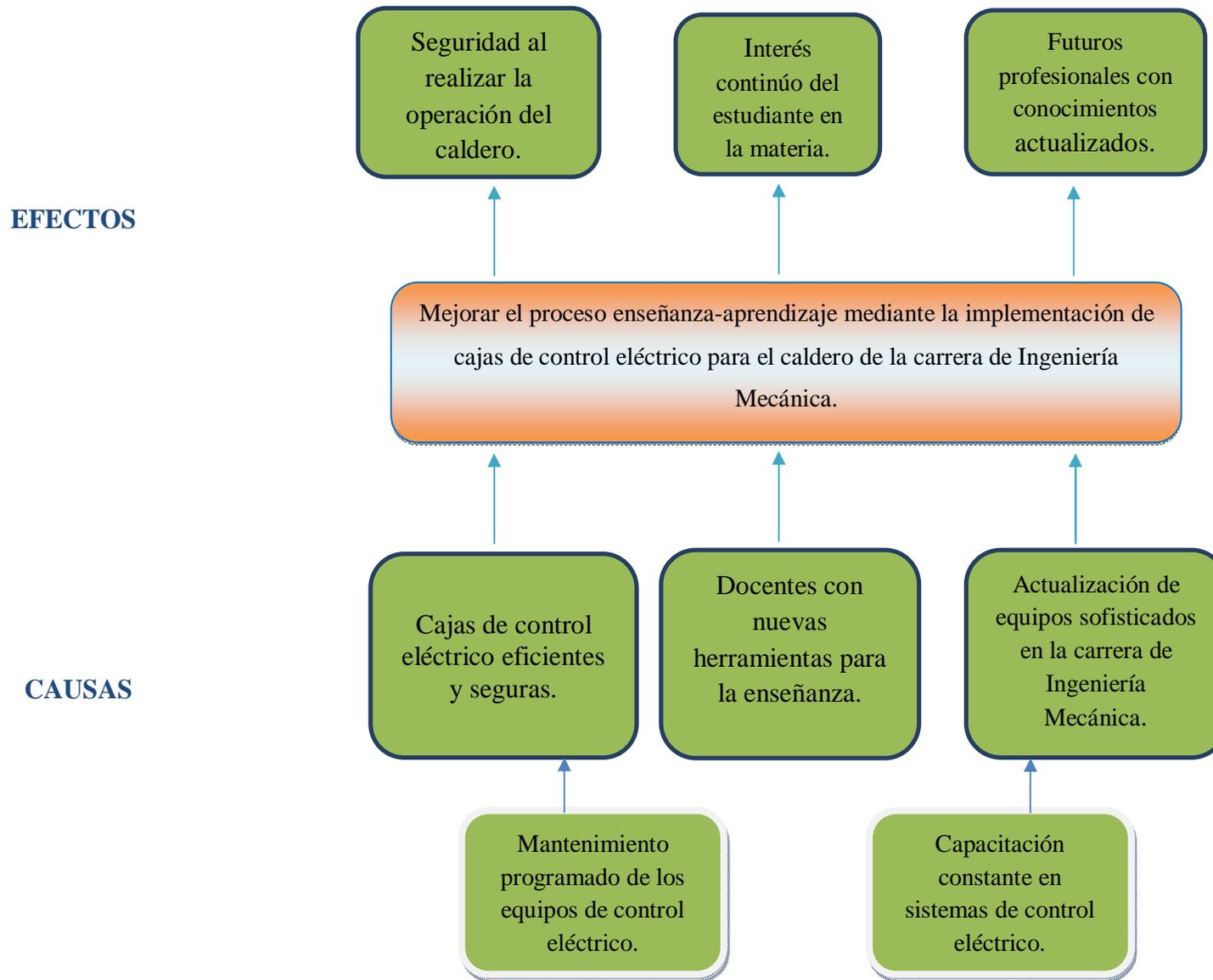
## 12.2. ÁRBOL DE PROBLEMAS



### 12.3. ÁRBOL DE OBJETIVOS



## 12.4. ÁRBOL DE ALTERNATIVAS



## 12.5. MATRIZ DE MARCO LÓGICO

OBJETIVOS	INDICADORES	FUENTES DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p><b>FIN</b> Fortalecimiento de las actividades practicas en el Laboratorio de Centrales Térmicas.</p>	Para enero del 2013 los estudiantes de la carrera de Ing. Mecánica podrán maniobrar los procesos de la central térmica desde las cajas de control eléctrico.	Docentes pertinentes	Calibración y uso adecuado de los dispositivos de control.
<p><b>PROPÓSITO</b> Implementación de cajas de control eléctrico para la semiautomatizacion del caldero del Laboratorio de Centrales Térmicas.</p>	Para diciembre del 2012 estarán instaladas y operativas las cajas de control eléctrico en el Laboratorio.	Acta de entrega-recepción	Los docentes emplearan una nueva herramienta de enseñanza.
<p><b>PRODUCTOS</b> Cajas de control eléctrico necesarias para la optimización de las prácticas de los estudiantes en el Laboratorio.</p>	Para agosto del 2012 se realizara la adquisición de los diversos dispositivos de control y materiales para la instalación en las cajas de control eléctrico.	Facturas de materiales adquiridos.	Retraso en la entrega de materiales para la instalación por parte de proveedores.
<p><b>ACTIVIDADES:</b> -Realizar un diagnostico sobre la importancia de implementar cajas de control eléctrico en el Laboratorio de Centrales Térmicas. -Adquisición de cajas de control de eléctrico y accesorios para el laboratorio de centrales térmicas. -Instalación por parte de personal técnico, de las cajas de control eléctrico para semiautomatizar el caldero. -Adquisición de químicos para el tratamiento de agua del caldero.</p>	<p>380,00</p> <p>1950,00</p> <p>900,00</p> <p>270,00</p>	<p>-Informe de presentación del proyecto.</p> <p>-Facturas.</p> <p>-Facturas, informes de actividades del proyecto.</p> <p>-Facturas</p>	<p>Participación de los miembros involucrados en el proyecto.</p> <p>Retraso en la entrega de materiales.</p> <p>Imprevistos por parte del personal de instalación.</p> <p>Demora en la entrega de productos químicos.</p>

### **13. RECURSOS**

El desarrollo de este proyecto contará con los siguientes recursos:

#### **13.1. HUMANOS**

- Dos estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica
- Un Director de Tesis, docente de la carrera elegido por el H. Consejo Directivo, que es responsable de la calidad del trabajo de tesis y el cumplimiento del cronograma de ejecución del proyecto.
- Tres Docentes de la Facultad, que integran el Tribunal de Revisión y Evaluación de la tesis, sus funciones son el control y seguimiento del proyecto mediante el cronograma enunciado y aprobado, además, es el nexo entre los ejecutores de la tesis y autoridades de la Facultad para que se puedan resolver cambios en el cronograma, sin afectar el fondo de la propuesta.
- Dos profesionales expertos en la automatización de calderos mediante sistemas de control eléctrico.

#### **13.2. MATERIALES**

- Dos cajas de control eléctrico.
- Una bomba de ½ hp
- Pinturas
- Cables
- Accesorios para la instalación
- Químicos para el tratamiento de agua
- Calculadora
- Lapiceros
- Hojas bond
- Lápiz
- Borrador
- Internet
- Bibliografía actualizada

### 13.3. ECONOMICOS

La financiación del proyecto está garantizada por los estudiantes mediante autogestión y aportes personales equitativos, monto que debe cubrir el costo del proyecto que asciende a la cantidad de \$, (3500/100 dólares americanos), aproximadamente.

Dicho costo se justificara con la adquisición de los siguientes equipos, materiales y demás recursos para la realización de este proyecto:

DESCRIPCIÓN	COSTO USD \$
<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 cajas de control eléctrico</li></ul>	1500,00
<ul style="list-style-type: none"><li>• Accesorios para la instalación</li></ul>	450,00
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mano de obra especializada</li></ul>	900,00
<ul style="list-style-type: none"><li>• Químicos para tratamiento de agua</li></ul>	270,00
<ul style="list-style-type: none"><li>• Recursos materiales para la elaboración del proyecto</li></ul>	380,00
<b>TOTAL</b>	<b>3500,00</b>

## 14. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Para la ejecución del presente proyecto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

-Implementación de cajas de control eléctrico para el Laboratorio de Centrales Térmicas, el mismo que se inicio a partir de la fecha en la que fue aprobado por el H. Consejo Directivo.

El proyecto se lo realizo siguiendo una serie de actividades, en lo cual implica la realización de un conjunto de tareas.

- **PRIMER JORNADA**

Se realizo el diagnostico de los diversos procesos que influyen en el funcionamiento de la central térmica y por ende de los motores eléctricos que actúan en cada uno de ellos, tales como:

- Bomba centrífuga monofásica del drenaje
- Motor del ventilador de la torre de enfriamiento
- Bomba centrífuga trifásica de la torre de enfriamiento
- Motor del proceso de vacío
- Bomba del tanque de alimentación de agua

Logrando así la selección de los diversos aparatos de control eléctrico tales como Reles térmicos, Contactores, breaker y entre otros, basándonos en las características de cada uno de los motores eléctricos que estarán bajo su control y protección. Y en base a lo antes mencionado se realizó la lista de los principales materiales para el comienzo de la obra.

## **CARACTERISTICAS**

### **➤ BOMBA CENTRIFUGA MONOFASICA DEL DRENAJE**

#### **DATOS**

**V= 110v**

**P= 0,5 HP**

**I consumo = 2,2 A**



➤ **BOMBA CENTRIFUGA TRIFASICA DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO**

**DATOS**

**V= 220v**

**P= 3HP**

**I consumo = 6,4 A.**



➤ **MOTOR TRIFASICO DEL VENTILADOR DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO**

**DATOS**

**V= 220v**

**P= 3HP**

**I consumo = 6 A.**



➤ **MOTOR TRIFASICO DEL PROCESO DE VACIO**

**DATOS**

**V= 220v**

**P= 3HP**

**I consumo = 2,90 A.**



➤ **BOMBA TRIFASICA DEL TANQUE DE ALIMENTACION DE AGUA**

**DATOS**

**V= 220v**

**P= 3HP**

**I consumo = 4,5 A.**



- **SEGUNDA JORNADA**

Ya adquiridos los materiales que eran necesarios para el inicio de la obra, se comenzó a realizar el montaje de los dispositivos de control en cada una de las cajas de control eléctrico.

En la primer caja ó caja principal, fue ubicado el breaker de alimentación eléctrica de todo el sistema de la central térmica, además de los breakers, contactores y relés térmicos para la bomba del drenaje, la bomba para el proceso de condensación y el motor del ventilador de la torre de enfriamiento , cada uno con su respectivo pulsador en el tablero para realizar su accionamiento ,y para realizar la conexión principal se utilizo cable #6 que proviene desde las líneas de la red eléctrica hasta el breaker de alimentación principal y de esté hasta la segunda caja de control.

Para las conexiones entre los contactores y relés térmicos se utilizo cable de control #16, cada uno de ellos identificados con un respectivo número.

Y para la segunda caja de control, se realizo algo similar a la principal, ya que tiene bajo su protección y control al motor de la bomba de vacío y a la bomba del tanque de alimentación de agua.

- **TERCER JORNADA**

Una vez hecho el ensamblaje de las dos cajas de control, se procedió a realizar su instalación y se coloco una junto al caldero y la otra detrás del panel de resistencias, ya ubicadas las dos cajas de control se procedió a la colocación de los tubos por donde pasan los cables de poder y control desde estas hacia los motores eléctricos.

Los tubos fueron fijados a la pared mediante la utilización del riel canal, que son perfiles metálicos usados para este tipo de trabajo ya que cuentan con abrazaderas para lograr la sujeción de los tubos.

Durante la colocación de los tubos en su trayectoria se encontraban dos perfiles tipo correa, que sirven de viga en la pared interfiriendo el paso de los mismos, por lo cual se utilizo soldadura oxiacetilénica para realizar los cortes respectivos y obtener un canal para su acceso.

Realizado lo anterior se procedió a introducir los cables en los tubos hasta llegar a su respectiva caja de control y lograr las conexiones de los elementos de protección y control con los motores eléctricos .

- **CUARTA JORNADA**

Mediante la ayuda del personal del departamento de mantenimiento eléctrico de la universidad, se logro la conexión trifásica desde la caja de control principal hasta las líneas de alta tensión.

Se realizó la verificación del voltaje de entrada hacia las cajas de control, para luego comenzar a hacer las pruebas de encendido de los motores eléctricos mediante el accionamiento de sus respectivos pulsadores, una vez que las pruebas resultaron satisfactorias se dejó todo listo para su posterior encendido.

## **15. RESULTADOS OBTENIDOS**

Hay muchos acontecimientos importantes como resultado de este proyecto de tesis, que si lo ubicamos como logros alcanzados constituyen un éxito para la Universidad Técnica de Manabí y en especial la carrera de Ingeniería Mecánica ya que contar con un laboratorio de centrales térmicas semiautomatizado ayudara a los futuros ingenieros a familiarizarse con los sistemas automáticos de operación de calderas, esto es razón para sentirnos seguros de nuestro trabajo de tesis, entre lo más relevante en el orden material tenemos:

- Se optimizo el aprendizaje de los estudiantes en las cátedras de Controles Automáticos y Calderas.
- Se logro que los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica obtengan una mayor capacitación en el manejo de cajas de controles eléctrico, debido a su gran utilidad a nivel industrial.
- Se generaron mayores oportunidades de involucración de la teoría con la práctica.

### **15.1. RESULTADOS PARA LA FACULTAD**

- Creación de un sistema semiautomático de operación para la central térmica.
- Implementación de los equipos de automatización para la operación de la central térmica.
- Documentos de tesis

## **15.2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **15.2.1 CONCLUSIONES**

La modalidad de graduación de desarrollo comunitario es una vía para enlazar los conocimientos profesionales con los problemas de la comunidad y darle solución.

La carrera de ingeniería mecánica necesitaba implementar un laboratorio de centrales térmicas semiautomatizado, para que el estudiante perfeccione los conocimientos en controles automáticos de calderas.

Con esta implementación de sistemas de automatización se simplifica el método de aprendizaje por parte del estudiante, ya que realizando las prácticas estarán preparados para comprender los sistemas automáticos de control.

### **15.2.2. RECOMENDACIONES**

Que se mantenga el esquema del proceso de graduación actual en lo estructural, mejorar en la regulación y control de desarrollo de tesis motivando una participación mas activa de los docentes involucrados.

Que la acción académica de los docentes este direccionada al uso de los sistemas automáticos de control del laboratorio de centrales térmicas.

Continuar con el sistema de automatización del laboratorio de centrales térmicas

## **16. SUSTENTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD**

### **16.1. SUSTENTABILIDAD**

La implementación del sistema de semiautomatización de controles de la caldera del laboratorio de centrales térmicas es sustentable por el esfuerzo y emprendimiento de este grupo de trabajo, teniendo como resultado el desempeño de la comunidad universitaria en sistemas automáticos de control.

La implementación del sistema de control semiautomático es sustentable, porque ha reducido y simplificado la operación de la caldera del laboratorio haciendo esta operación más óptima y confiable.

El presente trabajo comunitario permitió la aportación económica de los estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Mecánica, para la adecuación del caldero del laboratorio de centrales térmicas con la implementación de los tableros y equipos de semiautomatización.

### **16.2. SOSTENIBILIDAD**

El desarrollo de trabajo comunitarios es sostenible, porque conocidos los problemas y necesidades de la carrera de ingeniería mecánica los grupos de estudiantes podrán afinar sus conocimientos en sistemas de operaciones automáticos de calderas.

Un aspecto importante de la sostenibilidad, es que la adecuación del ambiente pedagógico en la facultad de ciencias matemáticas físicas y químicas de la carrera de ingeniería mecánica se optimiza la formación de los futuros profesionales, acreditándoles una enseñanza superior en todos los aspectos, un excelente aprendizaje y exclusivo desenvolvimiento en lo teórico y en lo práctico.

## 17. PRESUPUESTO

RECURSOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
<b>RECURSOS MATERIALES :</b>			
CONTACTORES LC1-D18	5	35.40	177.00
BREAKER C60N- 3P 16 A	2	39.80	79.60
BREAKER C60N- 3P 32 A	3	39.80	119.40
BREAKER C60N- 3P 10 A	3	39.80	119.40
BREAKER MG 60 A	1	85.4	85.40
CAJA METALICA 60*60*20 cm <sup>3</sup>	2	122	244.00
CABLE SUPERFLEX 8 AWG	59 m	2.08	122.72
CABLE THHN FLEX 12 AWG	220 m	0.58	127.60
CANALETA CAMSCO 45*45mm*2m	3	5.43	16.29
CABLE CUENCA 16 AWG	100 m	0.32	32.00
RIEL OMEGA CSC 35mm ACERO	1	5.60	5.60
TUBOS EMT 1 ELECTRICOS PREMIUN	12	6.00	72.00
CONDULET LL 1	10	4.68	46.80
RELE TERMICO LRD08	2	41.70	83.40
RELE TERMICOLRD14	3	41.70	125.10
BORNERA DE PEN/N 10 POS	3	43.80	131.40
CAJA METALICA 30*30*10 cm	1	80.00	80.00
MATERIALES DE GAFITERIA	1	125.00	125.00
BOMBA DE AGUA PIETRO 1/2 HP	1	45.00	45.00
PULSADORES MG	5	22.50	112.50
FOSFONATO DE CALDERAS	10 Kg	3.30	33.00
SULFITO DE CALDERAS	10 Kg	3.30	33.00
RESINA CATIONICA	2 ft <sup>3</sup>	122.00	244.00
<b>RECURSOS HUMANOS :</b>			
EGRESADOS	2		
DIRECTOR DE TESIS	1		
MIEMBROS DEL TRIBUNAL	3		
TECNICO ESPECIALISTA	1	900.00	900.00
<b>OTROS :</b>			
IMPRESIONES	400	0.50	200.00
COPIAS	115	0.30	34.50
EMPASTADO DE TESIS	2	25	50.00
CD'S	7	0.50	3.50
MOVILIZACIÓN	8	1.50	12.00
REFRIGERIOS	2	25.00	50.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3500.00</b>

### 18. CRONOGRAMA VALORADO

Tiempo Actividades	JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				RECURSOS		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	HUMANOS	MATERIALES	COSTO
Presentación y aprobación del proyecto	X	X																															Autores del proyecto - H. Consejo Directivo	Computadora ,Internet	40.00
Reestructuración del cronograma de trabajo			X	X																													Autores y Director del proyecto	Computadora , Internet	20.00
Revisión y actualización del marco teórico					X	X	X	X	X	X	X	X																					Autores y Director del proyecto	Computadora , Internet	30.00
Calculo y selección de los elementos electricos											X	X	X	X																	Autores, Director del proyecto y Tecnico especialista	Computadora, internet, calculadora y catalogos	35.00		
Adquisición de los elementos electricos													X	X																	Autores y Director del proyecto	Computadora, internet y soportes	2450.00		
Montaje de los equipos en las cajas de control															X	X	X	X													Autores, Director del proyecto y Tecnico especialista	Herramientas y materiales electricos	400.00		
Fijamiento e instalación de las cajas de control																	X	X	X	X									Autores, Director del proyecto y Tecnico especialista	Maquinas, herramientas y materiales	400.00				
Prueba y socialización del funcionamiento de las cajas de control																					X	X							Autores, Director del proyecto y Tecnico especialista	Herramientas y planos	35.00				
Entrega del proyecto concluido y funcionando e informe final																							X	X	X	X	X	X	Autores y Director del proyecto	Computadora, Internet	90.00				
	<b>TOTAL</b>																														<b>3500.00</b>				

## 19. BIBLIOGRAFIA

<http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com>

<http://www.jenijos.com>

<http://www.endesaeduca.com>

<http://www.cie.unam.mx>

<http://webdelprofesor.ula.ve>

<http://sites.google.com>

<http://es.scribd.com>

<http://controleselectricositla.blogspot.com>

<http://www.mundodescargas.com>

<http://www.ecured.cu>

<http://www.schneider-electric.com>

<http://www.unicrom.com>

<http://www.latincasa.com.mx>

<http://www.quiminet.com>

- Catalogo general de protección y control de potencia 2007. Capitulo 01
- Ing. Vistimiro Hidalgo 2003. Controles Eléctricos y Neumáticos (Parte 01)
- Enríquez Harper. Guía para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales. Basadas en las normas técnicas para instalaciones eléctricas. Segunda edición, capítulo 2.

## 19.1. Referencia Bibliográfica

(1) (disponible en:

<http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/10/centrales-termicas.pdf>. Consultado el 18/10/2012)

(2) (Disponible en:

[http://www.jenijos.com/CENTRALESTERMICAS/centrales\\_termicas.htm](http://www.jenijos.com/CENTRALESTERMICAS/centrales_termicas.htm). Consultado el 18/10/2012)

(3) (Disponible en: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-termicas-convencionales). Consultado el 20/10/2012)

(4) (Disponible en: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores). Consultado el 22/10/2012)

(5) (Disponible en: <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/node32.html>. Consultado el 23/10/2012)

(6) (Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/csalas/OPIV/torres1.pdf>. Consultado el 25/10/2012)

(7) (Disponible en: <http://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema3-maquina-termicas/03-ciclo-rankine>. Consultado el 25/10/2012)

(8) (Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/41797085/CICLO-RANKINE>. Consultado el 25/10/2012)

(9) Ing. Vistimiro Hidalgo 2003. Controles Eléctricos y Neumáticos (Parte 01) Pp. 1-22.

(10) (Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/56008939/controles-electricos-industriales>. Consultado el 28/10/2012)

(11) (Disponible en:

<http://controleselectricositla.blogspot.com/2010/11/fundamentos-controles-electricos.html>. Consultado el 28/10/2012)

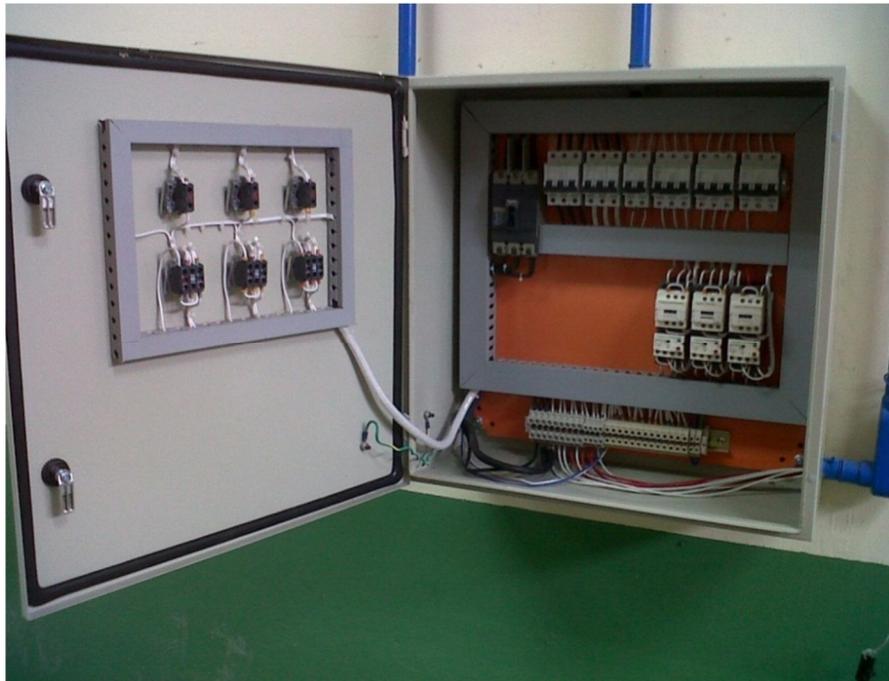
(12) (Disponible en: [http://www.mundodescargas.com/apuntes-trabajos/electronica\\_electricidad\\_sonido/decargar\\_controles-electricos-industriales.pdf](http://www.mundodescargas.com/apuntes-trabajos/electronica_electricidad_sonido/decargar_controles-electricos-industriales.pdf). Consultado el 28/10/2012)

(13) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/161551171/tableros-electricos>. Consultado el 28/10/2012)

- (14) Catalogo general de protección y control de potencia 2007. Capitulo 01
- (15) Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/94306091/Rele-termico>. Consultado el 30/10/2012)
- (16) (Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/54405216/6/RELES-TERMICOS-BIMETALICOS>. Consultado el 30/10/2012)
- (17) (Disponible en: <http://www.ab.com/es/epub/catalogs/12768/229240/229248/10521726/10551021/10551660/Introducci-n.html>. Consultado el 04/11/2012)
- (18) Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Disyuntor>. Consultado el 06/11/2012)
- (19) (Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/12731454/Eleccion-de-un-Contactor->. Consultado el 10/11/2012)
- (20) (Disponible en: [http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER\\_ELECTRIC/content/live/FAQS/33000/F A33498/es\\_ES/Categorias%20de%20empleo.pdf](http://www2.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/33000/F A33498/es_ES/Categorias%20de%20empleo.pdf). Consultado el 10/11/2012)
- (21) (Enríquez Harper. Guía para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales. Basadas en las normas técnicas para instalaciones eléctricas. Segunda edición, capítulo 2, Pp 104.) Consultada el 04/11/2012.
- (22) (Disponible en: [http://www.unicrom.com/tut\\_conductores\\_electricos.asp](http://www.unicrom.com/tut_conductores_electricos.asp). Consultado el 04/11/2012)
- (23) (Disponible en: <http://www.latincasa.com.mx/ES/informaciontecnica/Info%20tecnica/Selecci%C3%B3n%20de%20calibre%20en%20cables%20para%20construcci%C3%B3n.pdf>. Consultado el 04/11/2012)
- (24) (Disponible en: [http://storetech.pe/borneras\\_abb.php](http://storetech.pe/borneras_abb.php). Consultado el 30/10/2012)
- (25) (Disponible en: <http://www.patentes-online.com.ar/busqueda?q=bornera>. Consultado el 03/11/2012)
- (26) (Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/los-tableros-electricos-sus-tipos-y-aplicaciones-segun-el-uso-de-la-energia-electrica-2586331.htm>. Consultado el 07/01/2013)

# **Anexos**

En estos anexos se pueden observar imágenes del recurso implementado (cajas de control eléctrico) y su lugar de ejecución. En ellas podemos visualizar los diferentes dispositivos de control mencionados en los capítulos anteriores y su ubicación dentro de la caja.



**Fig. 1 Caja control principal**



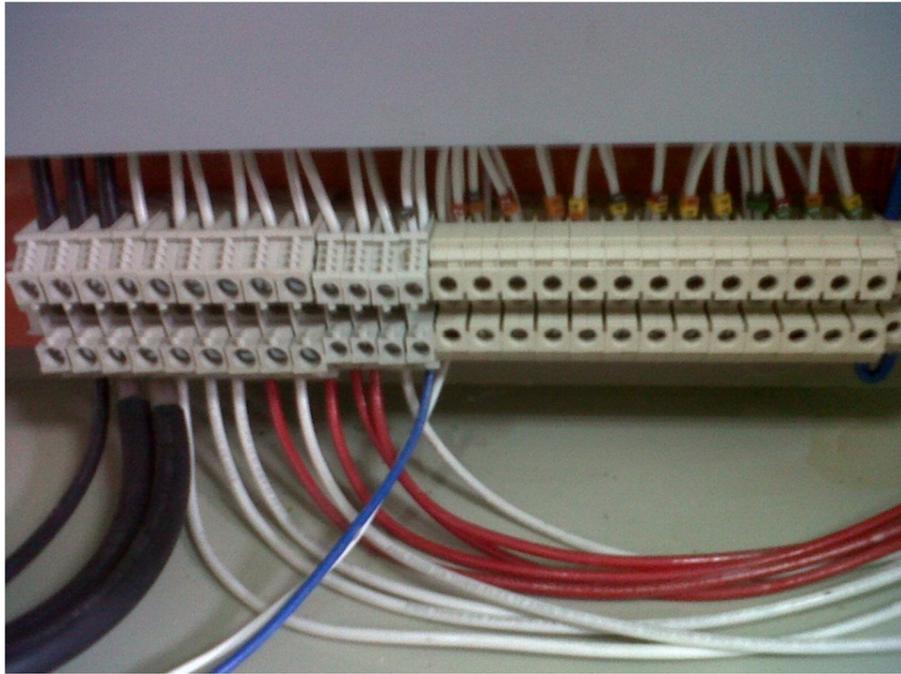
**Fig. 2 Interruptor principal**



**Fig. 2** Conjunto de breaker de la caja principal



**Fig. 3** Contactores y Relés térmicos



**Fig. 4 Borneras y cables marquillados**



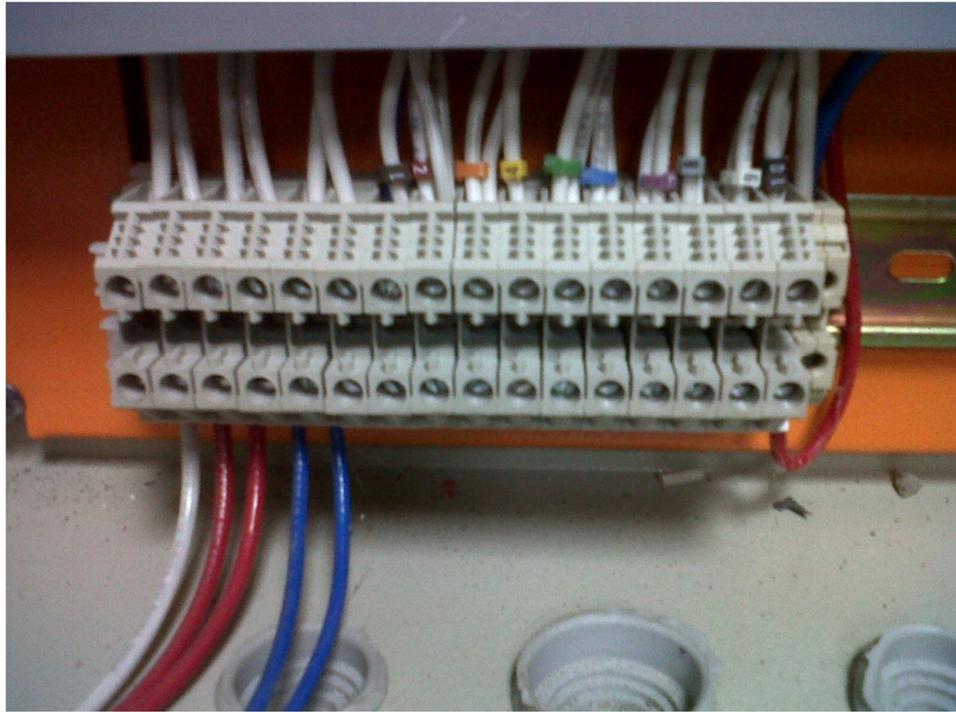
**Fig. 5 Caja de control secundaria**



**Fig. 6 Breakers de caja de control secundaria**



**Fig. 7 Contactores y Relés de caja de control secundaria**



**Fig. 8 Borneras y cables**



**Fig. 9 Lugar de ejecución de la obra**



**Fig. 10** Cajas de control instaladas



**Fig. 11** Verificación de ajustes

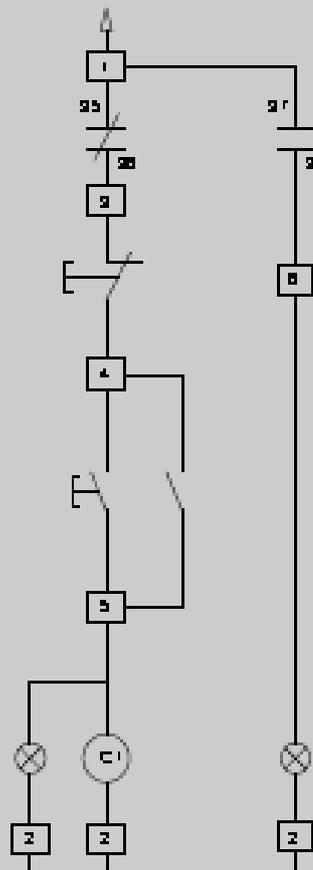


**Fig. 12 Inspección y prueba**

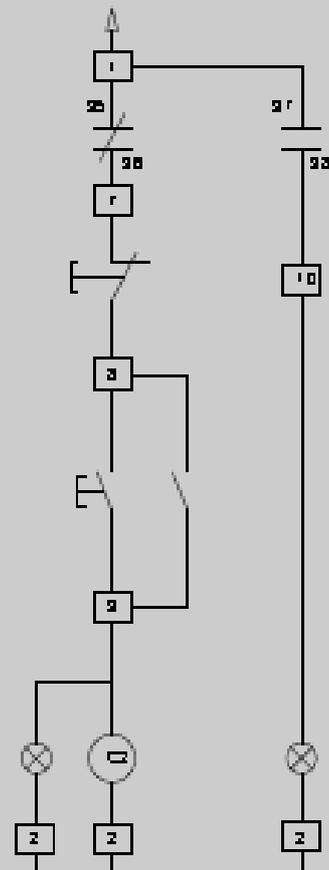


**Fig. 13 Integrantes de la tesis junto al recurso implementado**

1) Motor del ventilador de torre de enfriamiento



2) Bomba del condensador

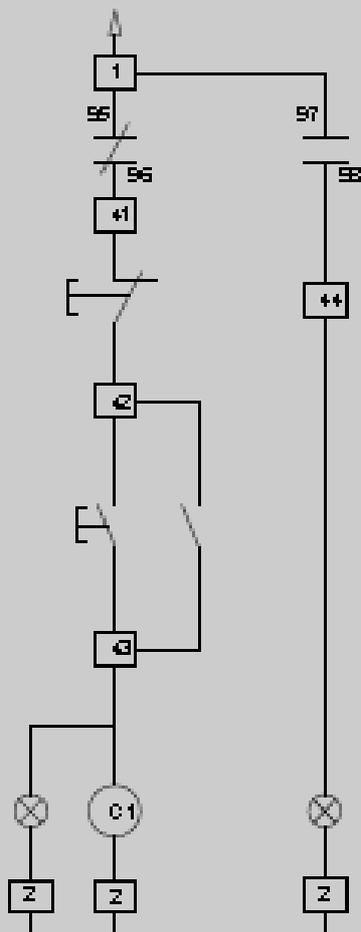


**SIMBOLOGIA**

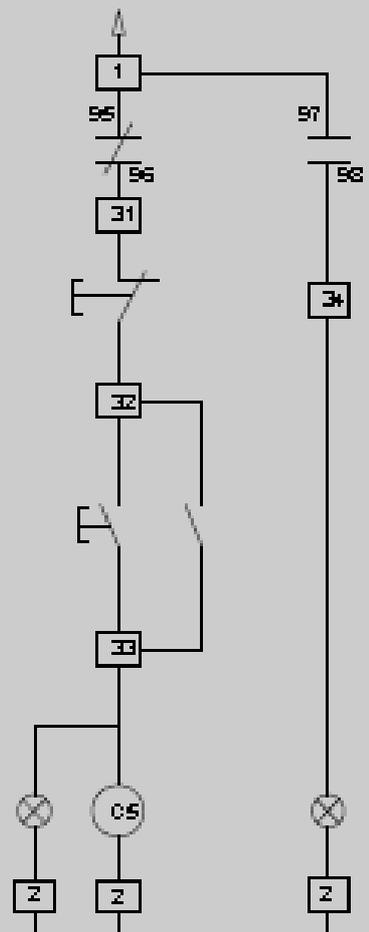
-  Contactor
-  Foco de señalización
-  Terminal en bornera
-  Pulsador

Arrancadores de cajas de control eléctrico

3) Motor del proceso  
de vacío



4) Bomba de agua de  
alimentación

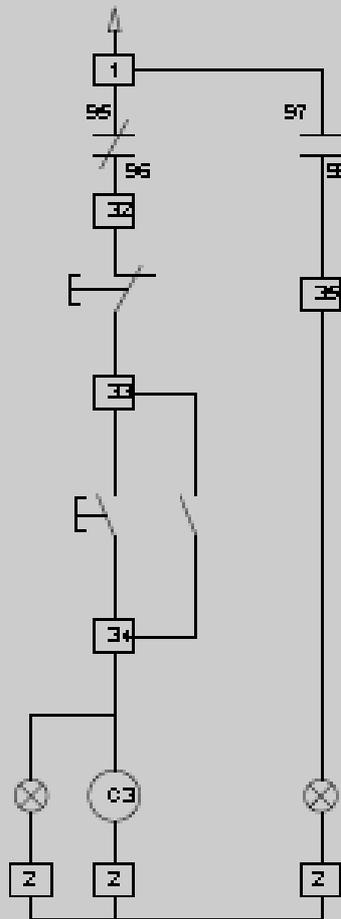


**SIMBOLOGIA**

-  Contactor
-  Foco de señalización
-  Terminal en bornera
-  Pulsador

Arrancadores de cajas de control eléctrico

### 5) Bomba del drenaje



#### SIMBOLOGIA

-  Contactor
-  Foco de señalización
-  Terminal en bornera
-  Pulsador

Arrancador de caja de control electrico