



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

FACULTAD METALURGIA- ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE DIPLOMA

En opción al título de Ingeniero Eléctrico

**ESTUDIO DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA
2070 CMT-1 PARA EL ENSAYO DE MATERIALES EN FRICCIÓN Y
DESGASTE.**

Autor: Jesús Ramírez Mena

Tutores: M.Sc. Oscar W. Peña Guilarte.

Ing. Jorge L. Reyes de la Cruz.

Moa-2006

“Año de la Revolución Energética en Cuba”



PENSAMIENTOS

Todos los triunfos nacen cuando nos atrevemos a comenzar algo.

ARNOLD

No puedo cambiar la dirección del viento, pero sí ajustar mis velas, para llegar siempre a mi destino.

JAMES DEAM



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, **Jesús Ramírez Mena**, autor de este trabajo de Diploma, y mis tutores **M.Sc Oscar W. Peña Guilarte e Ing. Jorge L. Reyes de la Cruz**, declaramos la propiedad intelectual de esta investigación al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, para que disponga de uso cuando estime conveniente.

M.Sc Oscar W Guilarte.

Ing. Jorge L. Reyes de la Cruz.

Jesús Ramírez Mena.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas que han intervenido de cierta manera en mi preparación tanto profesional como moral. A aquellos que me han hecho comprender el sentido de la vida, estas personas son, mis más allegados seres queridos, en especial, mis padres, mis hermanos, mi esposa, mis hijos, quienes tanto amor y devoción aportan a mi vida.

También a todos mis amigos, tanto a los presentes como a los que infelizmente la vida no le permitió compartir esta gloria conmigo.

En fin, a todos aquellos que siempre estuvieron apoyándome para poder seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado fuerzas para llegar a esta meta.

A todos aquellos que con esfuerzo y paciencia han convertido mis sueños y anhelos en realidad.

A los que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

A toda mi familia, en especial a mi madre, mi padre, mi hermano y hermana, por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de la carrera.

A mi esposa e hijos por ser quienes iluminan mi camino, además, por brindarme su comprensión y estímulo en los momentos más difíciles de estos últimos años.

A mis tutores, el M.Sc. Oscar W Guilarte e Ing. Jorge L. Reyes de la Cruz por la incondicional ayuda que me brindaron.

A los profesores y compañeros de estudio, con los que he tenido el gusto de compartir el aula durante cinco años.

A todos mis amigos.

A todos, muchas gracias.



RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio del estado técnico del equipamiento eléctrico de la Máquina para ensayos de materiales en fricción y desgaste 2070 CMT-1, ubicada en el laboratorio de mantenimiento del Departamento de Mecánica. El análisis se llevó a cabo partiendo del principio de funcionamiento de los elementos eléctricos que la componen, aplicando el método de ingeniería inversa.

El trabajo está estructurado en tres capítulos, el primero de los cuales recoge el estado del arte de la temática tratada, los conceptos básicos elementales de la tribología y su aplicación para el análisis de lubricantes así como la situación actual de la citada máquina en el ISMM. El capítulo dos aborda el estudio de los componentes eléctricos de la máquina para ensayos de desgaste y su influencia en el funcionamiento de la misma. En el tercer capítulo se hace un análisis de los resultados del diagnóstico efectuado llegándose a importantes conclusiones para el desarrollo de modernizaciones futuras del control de la Máquina.



SUMMARY

Presently work is carried out a study of the technical state of the electric equipment of the Machine for specification tests in friction and waste 2070 CMT-1, located in the laboratory of maintenance of the Department of Mechanics. The analysis was carried out leaving of the principle of operation of the electric elements that they compose it, applying the method of inverse engineering.

The work is structured in three chapters, the first one of which it picks up the state of the treated art of the thematic one, the elementary basic concepts of the tribology and its application for the analysis of lubricant as well as the current situation of the mentioned machine in the ISMM. The chapter two approach the study of the electric components of the machine for waste rehearsals and their influence in the operation of the same one. In the third chapter an analysis of the results of the actual diagnosis is made being arrived to important summations for the development of future modernizations of the control of the Machine.



ÍNDICE

Contenido

Págs.

	<i>Introducción.....</i>	<i>1</i>
Capítulo I	<i>Marco teórico de la investigación.....</i>	<i>4</i>
1.1-	<i>Introducción.....</i>	<i>4</i>
1.2-	<i>Estado del arte.....</i>	<i>4</i>
1.3-	<i>Trabajos precedentes.....</i>	<i>5</i>
1.4-	<i>Tribología como ciencia.....</i>	<i>7</i>
1.5-	<i>Generalidades acerca de los simuladores de desgaste.....</i>	<i>9</i>
1.7 -	<i>Conclusiones del capítulo I.....</i>	<i>10</i>
Capítulo II	<i>Componentes eléctricos del simulador de desgaste 2070 CMT-1...</i>	<i>11</i>
2.1-	<i>Introducción.....</i>	<i>11</i>
2.2-	<i>Caracterización del simulador.....</i>	<i>11</i>
2.3-	<i>Descripción eléctrica del simulador.....</i>	<i>18</i>
2.5-	<i>Conclusiones del capítulo II.....</i>	<i>33</i>
Capítulo III	<i>Análisis de los resultados.....</i>	<i>34</i>
3.1-	<i>Introducción.....</i>	<i>34</i>
3.2-	<i>Análisis de los resultados de la investigación.....</i>	<i>34</i>
3.3-	<i>Conclusiones del capítulo III.....</i>	<i>37</i>
	<i>Conclusiones.....</i>	<i>38</i>
	<i>Recomendaciones.....</i>	<i>39</i>
	<i>Bibliografía.....</i>	<i>40</i>
	<i>Anexos.....</i>	



INTRODUCCIÓN

En el cursar de los últimos años se ha producido un acelerado desarrollo en la ciencia y la técnica. El mundo ha entrado así en un periodo de revolución científico técnica, cuya significación y consecuencia son claramente visibles en la actualidad. No hay dudas de que la misma dará lugar a cambios sustanciales en la producción material y en las condiciones sociales de vida.

Aún hoy en día, expuesta la industria a un cambiante y cada vez más competitivo escenario económico, nos encontramos con la realidad de que valiosos recursos productivos no son utilizados eficientemente. El principal problema que repercute sobre la ineficiente explotación de estos recursos es la existencia del desgaste.

El desgaste es uno de los fenómenos más importantes en los diferentes procesos industriales en el ámbito mundial, debido a que anualmente se pierden millones de dólares por este concepto, solo en la industria automovilística y de máquinas herramientas. El tiempo de vida útil y confiabilidad de muchos productos manufacturados están determinadas por su resistencia a la fricción y al desgaste, o sea, por las propiedades tribológicas del par o pares mecánicos en contacto y su movimiento relativo, por lo cual el sistema debe ser diseñado de tal forma que se pueda obtener un alto rendimiento.

En Cuba, la Industria del Níquel constituye uno de los principales renglones de la economía, con varios años de creada, donde el incremento de la eficiencia y la diversificación de su producción en la búsqueda de productos más competitivos, demanda tecnologías y con ello, equipos y aparatos para su desarrollo. Con el transcurso de los años, el equipamiento utilizado llega a una fase de deterioro progresivo, exigiendo vías de recuperación de las partes y piezas que conforman los componentes principales del mismo.

Para el estudio de las condiciones del entorno en que las superficies interactúan, es muy importante el empleo de tecnologías que avalen la eficiencia de los lubricantes utilizados para la reducción de desgaste. Con este fin fueron desarrolladas en el mundo muchas máquinas para efectuar mediciones de desgastes. En nuestro país se adquirieron varias Máquinas para ensayo de materiales en fricción y desgaste, modelo 2070 CMT-1, de origen Rusa, fabricada en el año 1987 en la actualidad solo existen dos de este tipo y una de ellas se encuentra en nuestro instituto, ubicada en el laboratorio de mantenimiento del Departamento de Mecánica. Este equipo, al que también se le llama “simulador de desgaste”, durante algunos años fue utilizado para la



realización de prácticas de laboratorios dirigidas a la medición del desgaste, luego dejó de utilizarse por presentar algunas averías en su funcionamiento.

Desde esa fecha hasta la actualidad se han realizados varios intentos infructuosos de reparación debido a la ausencia de la documentación tanto de la parte mecánica como de la eléctrica.

*A partir de las deficiencias planteadas se declara como **problema**:*

La imposibilidad de desarrollar las diferentes prácticas de laboratorios previstas con La máquina para ensayo de materiales en fricción y desgaste 2070 CMT-1, así como su empleo para la evaluación de las propiedades de los lubricantes utilizados en las diferentes industrias del entorno, debido a la ausencia de la documentación de dicha máquina.

Como objeto de estudio de la investigación se plantea:

Los componentes eléctricos que conforman la máquina 2070 CMT-1 para el ensayo de materiales en fricción y desgaste del laboratorio de mantenimiento en el Departamento de Mecánica del ISMM. Entiéndase por componentes eléctricos a los dispositivos, instalaciones y equipos eléctricos que forman parte de la máquina.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente hipótesis Científica:

Un profundo estudio del estado técnico de los elementos eléctricos que integran la máquina, permitirá establecer un diagnóstico técnico de la misma, facilitándose su recuperación y por ende el desarrollo de las prácticas de laboratorio previstas.

*En correspondencia con la hipótesis planteada, se define como **objetivo del trabajo**:*



Desarrollar un profundo estudio de los componentes eléctricos que conforman la máquina 2070 CMT-1 del laboratorio de mantenimiento en el Departamento de Mecánica del ISMM, que permita obtener la documentación necesaria para su posible recuperación.

*Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas**:*

1. Realizar una búsqueda bibliográfica sobre los tipos de máquinas para medir desgastes similares a la nuestra que facilite información a cerca de su principio de funcionamiento y diagramas de bloques o esquemas eléctricos de la misma.
2. Identificar y evaluar el estado técnico de los sensores que utiliza la máquina para obtener información del accionamiento.
3. Obtener el esquema eléctrico del circuito de control del sistema de regulación de velocidad y momento del motor eléctrico.
4. Valorar el estado técnico de los componentes del control electrónico actual.
5. Desarrollar la documentación necesaria sobre la base del análisis de los resultados obtenidos luego del estudio realizado.



CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACION

1.1- Introducción

La Tribología es un término usado a finales del [siglo XX](#), se deriva de la palabra griega tribos que significa frotamiento o rozamiento y logía que viene a ser ciencia, por tanto la traducción literal será “la ciencia del frotamiento”. Hoy en día es un término usado universalmente para la ciencia que estudia la fricción, el desgaste y la lubricación de superficies en contacto.

La medición de la fricción y el desgaste es un interesante proceso, importante para la industria en el ámbito mundial debido a las pérdidas que provoca este fenómeno. Este asunto es poco desplegado en nuestro instituto, debido a las condiciones de los equipos destinados a esta labor, como es el caso de la máquina para ensayos de materiales en fricción y desgaste 2070 CMT-1, que es nuestro objeto de estudio. Para una mejor comprensión del funcionamiento de esta máquina primeramente se realizará un estudio bibliográfico para conocer los antecedentes de la temática. En tal sentido, este capítulo pretende establecer los fundamentos teóricos que permitirán la caracterización del simulador de desgaste, tomando la tribología como ciencia principal para el estudio.

1.2- Estado del arte

La Tribología podría parecer algo nuevo, pero es solo la percepción, solamente el término como tal lo es, ya que el interés en temas relacionados con la disciplina existe desde antes de que la historia se escribiera. Como un ejemplo, se sabe que las “brocas” realizadas durante el periodo Paleolítico para perforar agujeros o para producir fuego, eran “fijados” con rodamientos hechos de cornamentas o huesos. Los documentos históricos muestran el uso de la rueda desde el 3500 A.C., lo cual ilustra el interés de nuestros antepasados por reducir la fricción en movimientos de traslación. Los egipcios tenían el conocimiento de la fricción y los lubricantes, esto se ve en el transporte de grandes bloques de piedra para la construcción de monumentos y pirámides. Para realizar esta tarea utilizaban agua o grasa animal como lubricante.

El artista científico renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postuló un acercamiento a la fricción. Da Vinci dedujo la leyes que gobernaban el movimiento de un bloque rectangular deslizándose sobre una superficie plana, también, fue el primero en introducir el concepto del coeficiente de fricción. Desafortunadamente sus escritos no fueron publicados hasta cientos de años después de sus descubrimientos. Fue en 1699 que el físico



francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas.

Muchos otros descubrimientos ocurrieron a lo largo de la historia referente al tema, científicos como Charles Augustin Coulomb, Robert Hooke, Isaac Newton, entre otros, aportaron conocimientos importantes para el desarrollo de esta ciencia. Al surgir la Revolución Industrial el desarrollo tecnológico de la maquinaria para producción avanzó rápidamente. El uso de la potencia del vapor permitió nuevas técnicas de manufactura.

En los inicios del siglo veinte, desde el enorme crecimiento industrial hasta la demanda de una mejor tribología, el conocimiento de todas las áreas de la tribología se expandió con gran rapidez proporcionando un mejor concepto práctico de esta gran ciencia.

1.3- Trabajos precedentes

El tema de la medición del desgaste con la utilización de máquinas tribológicas o máquinas simuladores de desgaste ha sido un tema difundido en nuestro país y en otros países del mundo, según las revisiones bibliográficas consultadas, aunque pocos, existen algunos trabajos relacionados con esta temática, su consulta aportó valiosas informaciones.

Es interesante destacar Boada et al. (1983), plantea que en la superficie de las mazas de los molinos de caña de azúcar se pueden simular las condiciones reales de fricción. Esto se realiza con la ayuda de una instalación funcional que hace friccionar fibra de caña (bagazo) contra la superficie de muestras metálicas, siendo la masa de bagazo alimentada a presión en la zona de fricción en forma continua y provocando velocidades de deslizamiento y cargas específicas de magnitudes variables en un rango que se corresponde con los parámetros de explotación de los molinos de caña reales, disponiéndose en la instalación en forma conveniente dispositivos y aparatos de medición para medir y controlar los parámetros de explotación de la máquina. La instalación tienen como objetivo realizar ensayos de desgaste que permitan determinar la influencia del tipo y propiedades del material de fabricación de las tambores de las mazas de tales molinos, así como de las particularidades de la capa superficial de su superficie de trabajo, en la durabilidad y capacidad de agarre de las mazas de los molinos de caña de azúcar. La invención se refiere al campo de la investigación de propiedades químicas y físicas de los materiales y es aplicable para determinar la influencia de las cualidades químico-físicas y la calidad superficial de diferentes materiales en la resistencia al desgaste y el coeficiente de fricción del par friccionante.

Existe una gran variedad de instalaciones, máquinas y aparatos destinados a la investigación de las propiedades químico-físicas de los materiales, en particular para la realización de ensayos de desgaste. Tales equipos permiten realizar ensayos en diferentes condiciones de carga, de velocidad relativa y de la naturaleza del material del par friccionante, y los mismos disponen de una amplia variedad de instrumentos



de medición y captadores que permiten medir y controlar los parámetros de explotación de dichos equipos.

Báez et al. (2004) emprende un estudio dedicado al diseño y puesta en funcionamiento de una máquina de cilindros cruzados para la evaluación del desgaste adhesivo de cuatro metales (fundición gris, latón 60-40, bronce fosforado y un acero AISI 1020). La misma contiene dos probetas cilíndricas (una estática y una giratoria), que fueron maquinadas y pulidas con lijas hasta obtener una superficie con una rugosidad máxima de 0.34 μm . Con el volumen de metal perdido por cada material, se calculó su velocidad promedio de corrosión y se determinó el coeficiente de desgaste.

Torres et al. (1999) se refiere a que en el caso de que el desgaste sea muy grande, el método de cambio de volumen o masa es el más apropiado, sencillo y económico. En el presente trabajo se desarrolla la instrumentación asociada al control de los parámetros de una máquina tribológica de desgaste abrasivo. La técnica usada para medir el desgaste es por pérdida de masa durante la prueba. El diseño está basado en un microcontrolador 68HC11 encargado de controlar los parámetros a controlar r.p.m. (revoluciones por minuto), paro y arranque del motor, que acciona el disco metálico vulcanizado con la probeta, así como el número de vueltas, que es, equivalente a la distancia lineal recorrida por la probeta al friccionarla con la carga aplicada. Para este tipo de método se requiere de un equipo de peso muy versátil, sensitivo y preciso, con el cual se pesan las muestras antes y después del proceso de desgaste. Además que se requiere que las superficies de los especímenes estén libres de toda impureza que contribuya al peso de la misma. Para realizar la estimación de la velocidad se utiliza una técnica de interrupción de un haz infrarojo, que genera un pulso, cada vez que se da una vuelta, midiendo el tiempo total de las vueltas realizadas es posible realizar la estimación de r.p.m. dividiendo el número de vueltas entre el tiempo total medido. El arranque y paro del motor es el inicio y fin de la prueba de desgaste que se aplica a una probeta definida. Es importante tener un control lo más exacto posible de estas señales ya que determinan el éxito de la prueba, porque si el motor no se detuviera, la distancia recorrida por la probeta con carga sería mayor.

En los trabajos dedicados al tema existen aún muchos aspectos por analizar que servirán de estudio a posteriores trabajos, estos aspectos son los que han motivado a la realización de esta investigación en aras de profundizar en el tema de la medición de la fricción y el desgaste.

1.4- Tribología como ciencia

Antes del nacimiento de la tribología como ciencia se pensaba en el término "lubricación" o ingeniería de lubricación. No se había generalizado la disminución de la fricción y el desgaste como prácticas cotidianas. Con la Tribología como ciencia, se estudia el desgaste por fricción y sus efectos asociados como el desgaste,



además trata de prevenirlos con mejores diseños y mejores prácticas de lubricación.

Toma en cuenta aspectos de la maquinaria industrial como son:

- El diseño.
- Los materiales de las superficies en contacto.
- El sistema de aplicación del lubricante.
- El medio circundante.
- Condiciones de operación.

La tribología nos ayuda a resolver problemas en maquinarias y equipos industriales tales como:

- Motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento).
- Turbinas.
- Compresores.
- Elementos de almacenamiento magnético.

1.4.1- Fundamentos de la Tribología

La Tribología se centra en el estudio de tres fenómenos:

- La fricción entre dos cuerpos en movimiento.
- El desgaste como efecto natural de este fenómeno.
- La lubricación como un medio para evitar el desgaste.

Significado económico:

Cerca del 30% de la energía que se pierde en la industria mundial, se pierde en la fricción. Países como Inglaterra, Japón, y RFA pierden anualmente más de 2 mil millones de dólares como resultado del desgaste. Esto por si solo da una idea de la importancia de la tribología como disciplina.

Significado científico:

Es conocido que todos los procesos macroscópicos en la naturaleza son irreversibles. La tribología es necesaria para el estudio detallado de los procesos irreversibles y contribuye a explicar los fenómenos de la pérdida de energía y materiales.



Significado interdisciplinario:

Como la tribología es una disciplina científico - técnica, para su estudio es necesario la concurrencia de físicos, químicos, metalúrgicos, Ingenieros y otros especialistas en diferentes ramas del saber.

1.5- Generalidades acerca de los simuladores de desgaste

La proyección, construcción y explotación de máquinas y equipos sin tener en consideración el carácter interdisciplinario de la tribología, lleva a la obtención de sistemas mecánicos caracterizados por considerables pérdidas de energía con alto consumo de materias primas conllevando a la obtención de máquinas de baja eficiencia, productividad, durabilidad y fiabilidad.

En la actualidad el objetivo de la tribología desde un punto de vista técnico-económico no es más que el *ahorro de energía, ahorro de materiales y la explotación óptima de los sistemas tribológicos.*

El agotamiento de las fuentes naturales de materias primas, las exigencias técnicas de las nuevas generaciones de máquinas y el conocimiento de que del 80 - 90 % de los elementos de máquinas que se sustituyen en las máquinas y equipos se debe prácticamente al desgaste, constituyen la motivación e importancia para el establecimiento de este objetivo.

Las vías fundamentales para dar cumplimiento al mismo son:

- Incremento de la resistencia al desgaste de los sistemas tribológicos.
- Uso de materias primas abundantes.
- Construcción de elementos de máquinas de poco peso.

Un simulador de desgaste debe estar equipado de:

- Un motor con velocidad variable, capaz de mantener la velocidad seleccionada constante (con una variación de + - 1% de la máxima velocidad del motor) es requerido para la máquina. El motor debe estar montado de tal manera que las vibraciones no afecten las pruebas. Las velocidades de rotación más usadas se encuentran en el rango de 0.3 a 3 rad/s (60 a 600 (r.p.m)).



-
- un contador de revoluciones (tacogenerador), y preferiblemente debe tener la capacidad de apagar el equipo después de sobrepasar un determinado número de revoluciones.
 - Un panel de control donde puedan ser visualizados los parámetros (momento, temperatura, velocidad de rotación) necesarios para la realización de los distintos ensayos.

Estos son algunos de los componentes necesarios para la realización de la medición del desgaste en estas máquinas.

1.6- Conclusiones del capítulo

El análisis bibliográfico demostró que la tribología es una ciencia poco estudiada desde el punto de vista teórico, razón por la cual el estado actual del simulador de desgaste 2070 CMT-1, se encuentra poco conocido. No obstante se corroboró que el principio de funcionamiento de todas las máquinas para medir desgaste o simuladores de desgastes como también se le llama, es similar y se exige del mismo equipamiento, lo que ofrece un punto de partida muy importante para la continuidad de este trabajo.



CAPÍTULO II

COMPONENTES ELÉCTRICOS DEL SIMULADOR DE DESGASTE 2070 CMT-1

2.1- Introducción

La máquina para el ensayo de materiales en fricción y desgaste 2070 CMT-1 o máquina tribológica es un equipo de laboratorio poco conocido en el país e incluso en nuestro instituto. El mismo integra dos interesantes disciplinas de la ingeniería, la mecánica y la eléctrica, donde se puede apreciar los relevantes resultados que se logran con la estrecha relación de las mismas, dando lugar a un excelente sistema electromecánico.

Para el logro de un satisfactorio resultado en investigaciones de esta índole, es necesario acudir al principio de ingeniería inversa: De lo creado a lo por crear, de esta forma se podrá profundizar sobre el funcionamiento eléctrico de este equipo. En tal sentido en este capítulo se prevé realizar un estudio de la parte eléctrica de la máquina.

2.2- Caracterización del simulador

El simulador de desgaste CMT 2070-1, mostrado en la figura 1, es un potente puesto de laboratorio para realizar ensayos de desgastes en condiciones de abrasión y sus posibilidades tecnológicas abarcan un gran campo de aplicación (ver anexo 1). Ésta es una máquina mixta, es decir, máquina del tipo PIN-DISCO-DISCO-DISCO, se encuentra ubicada en el grupo de máquinas de fricción circunferencial. El campo de aplicación es para simular desgastes de piezas que trabajan en condiciones de lubricación, así como piezas que trabajan en ambiente seco.

El diagrama eléctrico del simulador de desgaste 2070 CMT-1 se puede observar en el anexo 1. El equipo está provisto de un **panel de control** como se muestra en la figura 2, encargado del registro de las diversas variables utilizadas para el cálculo de los distintos parámetros imprescindibles para la determinación del desgaste. Un papel importante en este sentido lo juegan los sensores encargados de obtener las diferentes magnitudes que serán visualizadas o registradas en el panel de control, en próximo epígrafe se describen detalladamente los diferentes sensores que componen el simulador de desgaste.



Figura 1. Máquina para el ensayo de materiales en fricción y desgaste 2070 CMT-1.



Figura 2. Panel de control del simulador de desgaste.



Los parámetros a tener en cuenta para su registro o visualización son:

- Velocidad de rotación desarrollada por el motor (r.p.m).
- Temperatura (°C).
- Momento torzor (N.m).

2.2.1- Análisis de los sensores

Los sensores pueden clasificarse según distintas características.

- La primera clasificación se basa en si son capaces de dar una salida continua en función de la magnitud que miden o únicamente distinguen entre dos estados del sistema medido. Según esto los sensores pueden ser binarios (detectores) o continuos (transductores).
- En segundo lugar se pueden clasificar en función del fenómeno físico en que basan su funcionamiento. Según esto pueden ser ópticos, magnéticos, inductivos, resistivos, piezoeléctricos, electromecánicos, ultrasónicos, de efecto hall, termoeléctricos, etc.
- En tercer lugar se pueden clasificar en función de la forma de alimentación, conexión y salida. Según esto puede ser a 3 hilos, a 2 hilos, de corriente alterna, de corriente continua, de salida a transistor, de salida a relé, etc.
- Por último también se pueden clasificar en función de la seguridad. Según esto los sensores pueden ser estándar o cumplir diversos grados de seguridad ante ambientes explosivos, o ante situaciones de riesgo para las personas.

Los sensores que intervienen en la medición de las señales en el simulador de desgaste se identifican con la primera clasificación, o sea son sensores continuos (transductores). Los sensores continuos son aquellos que dan una señal de salida proporcional a la magnitud que miden.

El proceso de estudio de estos sensores se llevó a cabo partiendo primeramente de su principio de funcionamiento y del estado de los mismos para ejecutar la función para la cual están diseñados. El análisis de dichos sensores es de vital importancia para un estudio detallado del equipo puesto a que de esta forma se comprenderá como se realiza la visualización de las diferentes variables imprescindibles para la determinación del desgaste.

A continuación se expone dicho análisis.

Medición de la velocidad de rotación



La medición de la velocidad (r.p.m) desarrollada por el motor se logra mediante el acople mecánico de un **tacogenerador** modelo TMF – 300, al motor de la máquina. El mismo está diseñado para un voltaje máximo de 250 voltios.

El tacogenerador es un dispositivo para medir la velocidad angular. Su funcionamiento es sencillo: convertir la energía rotacional del eje en cuestión en energía eléctrica, proporcional a la rotacional y que puede ser fácilmente medida.

El principio de funcionamiento del tacogenerador es inverso al de un motor de corriente continua, produce una tensión continua proporcional a la velocidad angular de su eje, que en este caso es el mismo eje del motor. Una posible configuración podría ser la representada en la figura 3, en la misma se muestra el esquema básico de un tacogenerador, así como los componentes fundamentales que lo integran. El conocimiento de estos aspectos resulta de vital importancia para la comprensión del principio de funcionamiento del tacogenerador.

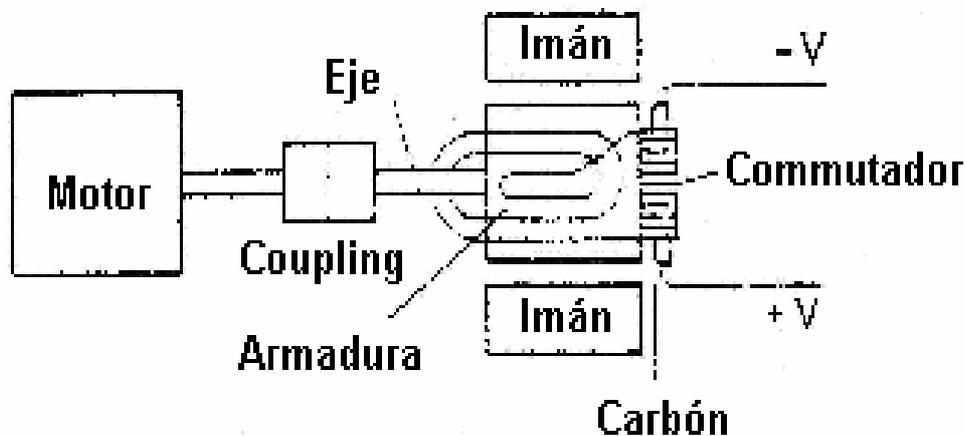


Figura 3. Esquema básico de los componentes de un tacogenerador.

Para generar la corriente a partir del giro se acopla al motor o eje que se va a medir, una espira situada dentro de un campo magnético fijo (creado por los dos imanes). Al girar el motor, la espira girará en el interior del campo magnético, lo que provocará una corriente eléctrica.



Estos dispositivos pueden llegar a tener una precisión del 0,5 %, por lo que puede resultar una solución aceptable a la hora de medir la velocidad angular.

Medición de la temperatura

La medición de la temperatura se hace mediante un termopar. En [electrónica](#), los termopares son ampliamente usados como [sensores](#) de temperatura. Son baratos, intercambiables, tienen conectores estándar y son capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Su principal limitación es la exactitud ya que los errores del sistema inferiores a un [grado centígrado](#) son difíciles de obtener.

Un termopar es un circuito formado por dos [metales](#) distintos que produce un [voltaje](#) siempre y cuando los metales se encuentren a [temperaturas](#) diferentes. La figura 4 representa la estructura de un termopar muy utilizado.

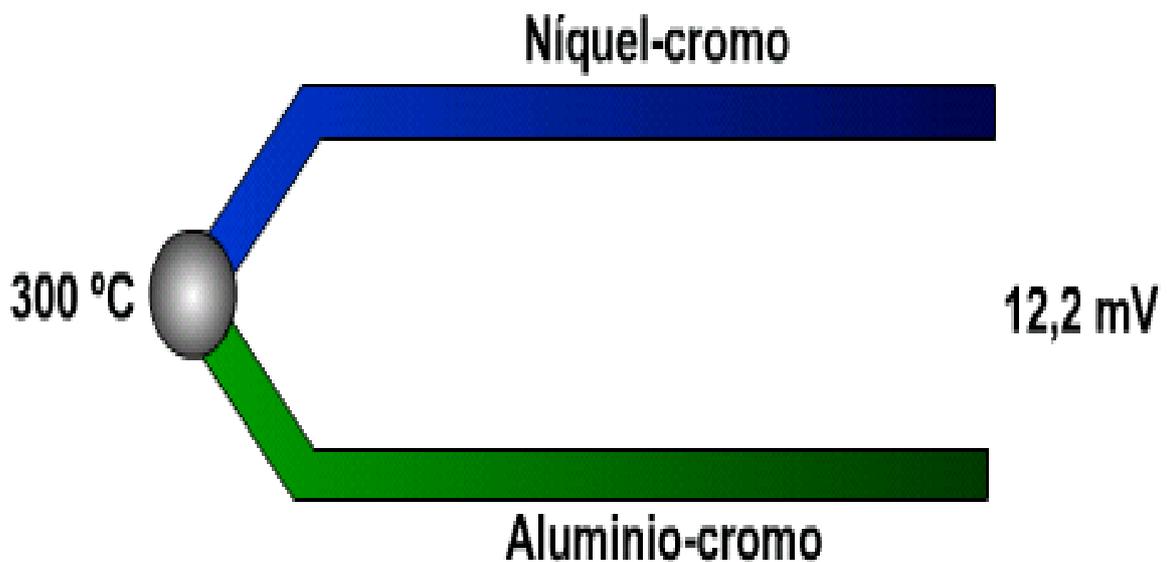


Figura 4. Diagrama de un termopar tipo K.

El diagrama presentado a continuación en la figura 5, es el esquema de medición de la temperatura perteneciente a la máquina objeto de investigación de este trabajo. En el dispositivo representado con las siglas 3П-2 es donde se registran los valores



de temperatura y luego se grafican. En la regleta o bloque de conexión se conecta el sensor de temperatura. (Termopar).

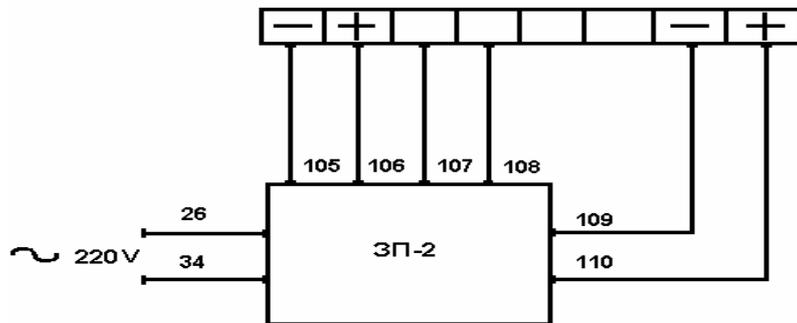


Figura 5. Esquema de medición de la temperatura.

Medición del momento torzor

Referido a este sensor no se pudo realizar ningún estudio debido a que se encuentra colocado en una parte de difícil acceso. En la siguiente figura se representa la parte de la máquina donde se ubica el mismo.



Figura 6. Ubicación del sensor encargado de la medición del momento torzor.

2.2.2- Sistema de señalización

Dicho panel también consta de un sistema de señalización a base de indicadores, estos no son más que lámparas con sócalos que representan la puesta en



funcionamiento del sistema. Estos se encuentran en el diagrama representado en la figura 7 con la nomenclatura $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_4, \Lambda_5$.

Tabla 2.1. Datos técnicos de los indicadores.

Dispositivos	Corriente (mA)	Tensión (V)
$\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_4, \Lambda_5$	90	24

El indicador Λ_1 señala cuando el sistema está energizado, indicando que la máquina se encuentra lista para su puesta en funcionamiento.

El indicador Λ_2 señala cuando es energizada la bobina del relé P1, cerrando uno de sus contactos, (P1) representado en la figura 2. Esto sucede evidentemente cuando esta bajo régimen de trabajo el motor de la máquina, esta lámpara señalizadora es un fiel testigo de que el relé cierra sus contactos en perfecto estado.

Los indicadores Λ_4 y Λ_5 , señalan con el cierre del microconmutador B_{14} . Este microinterruptor como también se le conoce es conmutado durante el ensayo debido a que tiene la función de cerrar el circuito de manera tal que exista cierta iluminación, alimentando los indicadores antes mencionados.

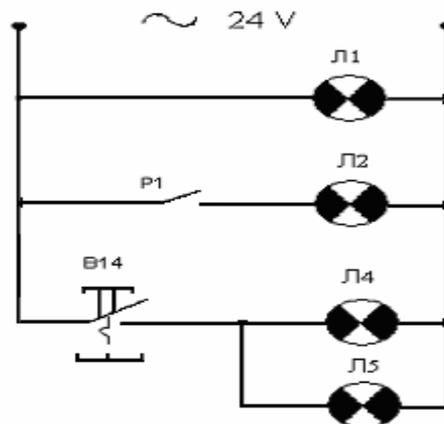


Figura 7. Diagrama de señalización de la máquina

2.3- Descripción eléctrica del simulador

La descripción del sistema eléctrico del simulador 2070 CMT-1 nos ayudará a comprender como está conformado el mismo, los elementos que lo integran y su funcionamiento. Para este análisis partimos de su esquema eléctrico, mostrado en el anexo 1. En este diagrama se



hace una representación de los dispositivos eléctricos con la misma nomenclatura con que aparecen en la máquina original.

Se está en presencia de un sistema de alimentación trifásica a una tensión de 220 voltios, el mismo alimenta un dispositivo de control de un motor de corriente directa (c.d) o continúa así como el sistema de accionamiento del mismo. Como se puede apreciar para que se energice la bobina del relé P1 deben cerrar el circuito los componentes B2, B3, B4 y B10. El componente B2 no es más que un bloque conmutador y B3, B4, B10 son microconmutadores utilizados como medios de seguridad.

La regulación de velocidad del motor, importante para efectuar los ensayos, se realiza mediante el dispositivo de control БТII. A continuación se establece un análisis de este dispositivo y los demás que integran el sistema eléctrico.

2.3.1- Componentes eléctricos del sistema

1. Interruptor conmutador de fases

Este interruptor está representado como B1. Mediante el mismo se dispone la conexión del sistema de control del motor de corriente directa, mostrado en el diagrama como БТII, y del sistema de accionamiento. El bloque de control БТII se alimenta de las fases B y C y el accionamiento de la fase A con el neutro.

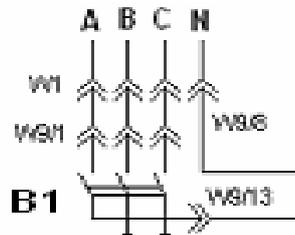


Figura 8. Interruptor conmutador de fases.

2. Fusibles

Los fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil. Estos son de formas y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

El fusible tiene sección circular cuando la corriente que controla es pequeña, como sucede en este caso, o está formado por láminas si la corriente es grande. En ambos casos el material de que están formados es siempre un metal o aleación de bajo punto de fusión a base de plomo, estaño, zinc, etc. La intensidad nominal de un fusible, así como su poder de corte, son las dos características que lo definen

Los fusibles Пp1 y Пp2 resultan ser las principales protecciones del sistema de accionamiento del motor. Estos están diseñados para una corriente nominal de 10 amperes.

3. Motor de corriente directa



Los motores de corriente directa tienen amplia aplicación en la industria y otras aplicaciones donde se requiera amplia y suave regulación de la velocidad de rotación (trenes de laminación, potentes devastadores de metal, tracción eléctrica en transporte etc).

Según los métodos de excitación, los motores de corriente directa se dividen igual que los generadores, en motores con:

- Excitación independiente.
- Excitación shunt.
- Excitación serie.
- Excitación compuesta.

Se verificó que el motor del simulador de desgaste 2070 CMT-1, es un motor de corriente directa con excitación independiente.

En los motores con excitación independiente la corriente de armadura (I_a) y la de carga (I_e) son iguales: $I_a = I_e$.

Tabla 2.2. Datos técnicos del motor.

Potencia (kW)	1.6
Tensión (V)	220
Corriente (A)	8.5
Velocidad (r.p.m)	1500-3000
Peso (kg)	67.5
Rendimiento (%)	0.85

Con la excitación independiente desde otra fuente de corriente, usualmente se construyen motores potentes con el propósito de una regulación más cómoda y económica de la corriente de excitación.

4. Dispositivo de control БТН

El dispositivo БТН es un sistema electrónico modelo 3T1E2-27Y4, diseñado para el control de velocidad del motor de corriente directa instalado. Este es un sistema de control dispuesto de manera tal que su funcionamiento se basa en la obtención de un voltaje de salida variable,



mediante el empleo de técnicas conocidas como lo es la variación del ángulo de retraso en tiristores. El diagrama electrónico de este dispositivo aparece en el anexo 2.

Como la carga instalada es un motor de corriente directa, para hacer más sencillo el análisis de este dispositivo, se divide el mismo en dos partes.

- **Parte 1:** en esta se encuentra ubicado el circuito de fuerza que alimenta la carga.
- **Parte 2:** en esta se encuentra el circuito de excitación del motor instalado.

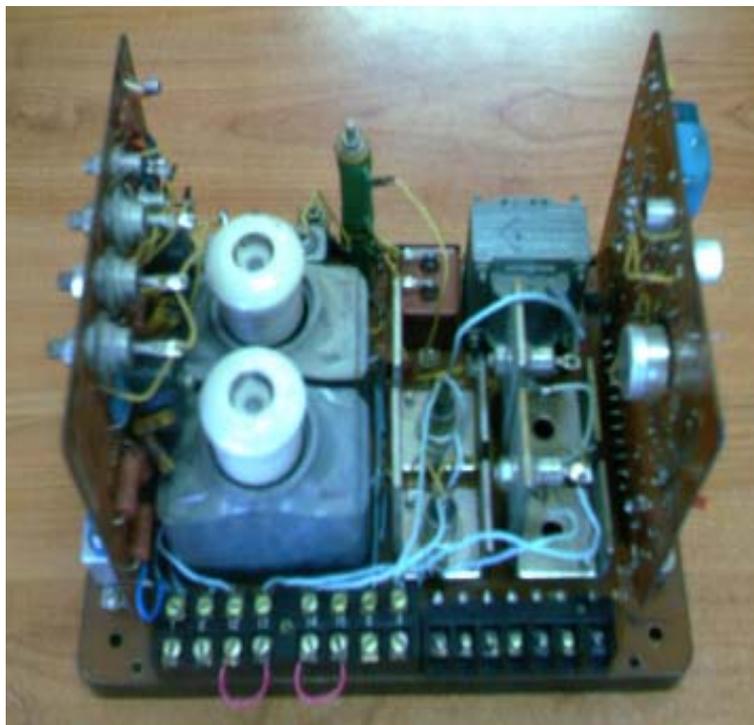


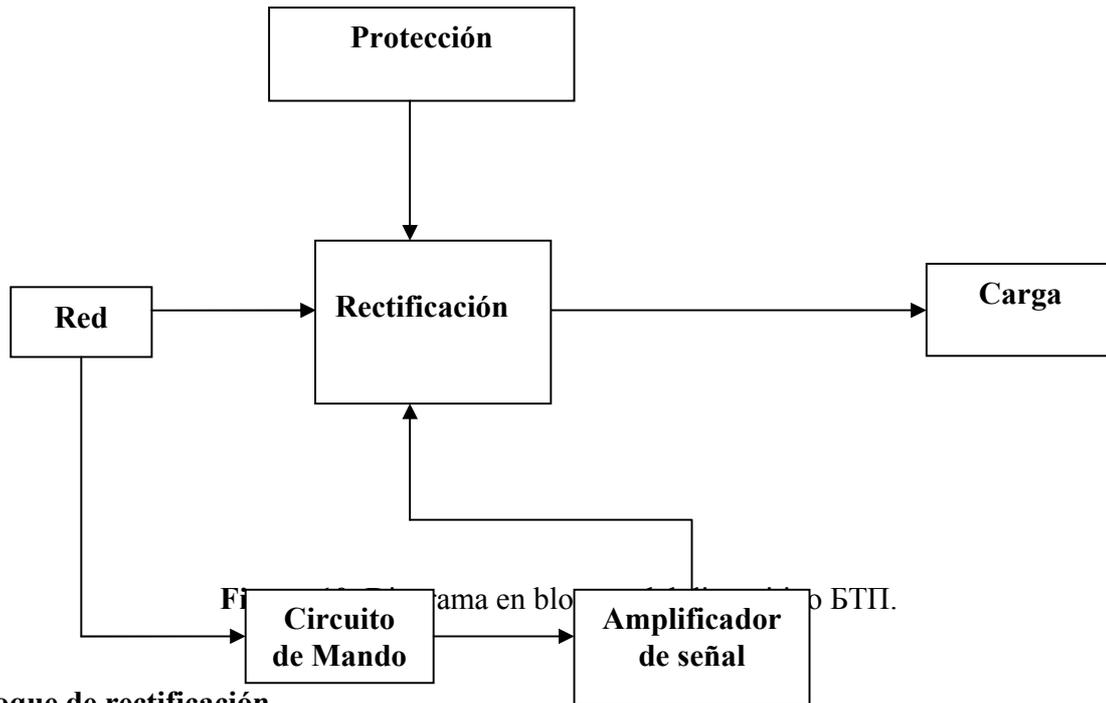
Figura 9. Dispositivo de control del motor БТН.

Para comprender el funcionamiento de este circuito nos apoyaremos de su diagrama en bloques. El diagrama en bloques de un circuito electrónico es una representación esquemática del mismo para un estudio detallado, así como una interpretación lógica de sus fases funcionales. Esta representación es de vital importancia para el conocimiento de la composición del sistema.

El esquema mostrado en la figura 10 representa el diagrama en bloques del dispositivo de control БТН. Como se puede apreciar en el mismo se revelan las partes fundamentales que integran el sistema. Sin este análisis resultaría un poco trabajoso distinguir directamente sobre su diagrama eléctrico estas partes, por lo que resulta una vía muy satisfactoria y cómoda a la



vez partir el análisis del diagrama en bloques que corresponde a la configuración de su diagrama electrónico.



Bloque de rectificación

En el mundo industrial hay aplicaciones en las que se requiere una fuente de alimentación de corriente continua a partir de la red eléctrica alterna trifásica a 60 Hz. Los circuitos encargados de realizar esta conversión son los llamados rectificadores. Se pueden distinguir dos tipos de rectificadores: **rectificadores controlados** y **rectificadores no controlados**.

Los rectificadores no controlados están formados exclusivamente por diodos. Los semiconductores van entrando en corte y conducción de una forma natural, debido a las tensiones de entrada. La relación entre la tensión continua de salida y el valor eficaz de la señal de entrada se mantiene pues constante. Las ventajas de estos circuitos son su sencillez y fiabilidad, ya que no necesitan circuitos adicionales de control y mando. Las limitaciones de estos rectificadores son que trabajan solamente en el primer cuadrante y proporcionan un gran contenido de armónicos a la corriente de línea de la red trifásica.



En las dos partes del circuito del dispositivo BTII la rectificación es controlada. Los rectificadores controlados están formados por tiristores. Estos entran en conducción de forma controlada y salen de ésta de modo natural cuando la corriente en ellos pasa por cero. En estos rectificadores la tensión de salida puede controlarse y tomar valores positivos o negativos, es decir, estos convertidores pueden trabajar en dos cuadrantes. Un inconveniente de este tipo de rectificadores es que necesitan circuitos específicos de disparo para los tiristores, lo que les hace más complejos y menos fiables, nos referimos a la etapa de control.

El rectificador de la parte 1 del circuito es un **Rectificador monofásico semicontrolado de onda completa**. Estos montajes están formados por n diodos y n tiristores. Normalmente los tiristores se conectan con los cátodos comunes y los diodos con los ánodos comunes.

El montaje del circuito rectificador del simulador de desgaste objeto de estudio, se realiza utilizando dos diodos y dos tiristores como se observa en la figura 11.

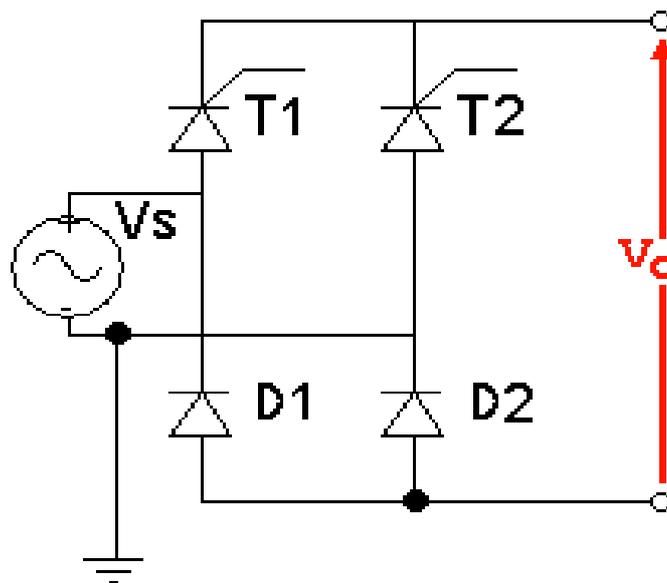


Figura 11. Rectificador monofásico semicontrolado.

Esta configuración de rectificación con tiristores se utiliza para variar la velocidad del motor de corriente directa conectado como carga, esto se logra variando la tensión de salida en los bornes de la armadura del motor. La tensión a la salida del rectificador se controla mediante un circuito de mando que se encarga específicamente de la variación del ángulo de disparo de los tiristores, este proceso se conoce como control de fase.

Los Rectificadores semicontrolados son un tipo de convertidor de un sólo cuadrante y tiene una misma polaridad de voltaje y de corriente de salida. Emplean en sus configuraciones ramas rectificadoras con cada una de ellas, un diodo y un tiristor

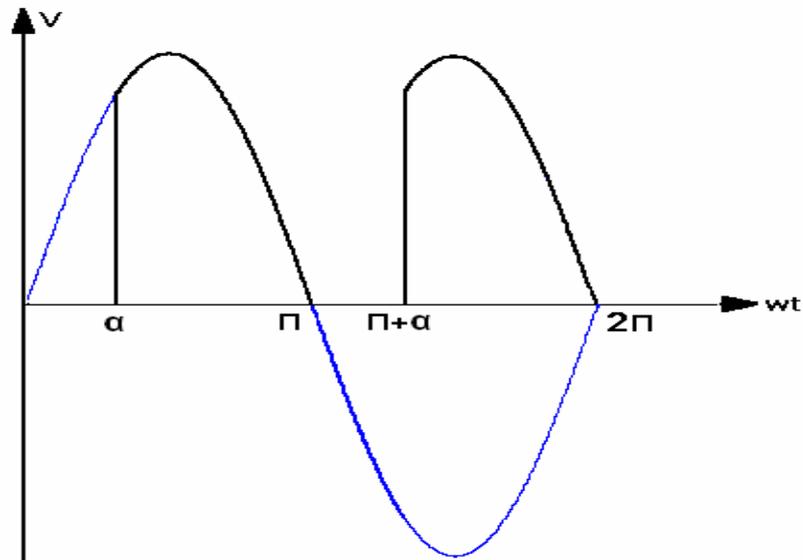


Figura 12. Forma de onda del rectificador monofásico semicontrolado

En la figura 12 se observa la forma de onda de este rectificador. El voltaje de entrada se representa con el color más claro y el de salida con el color más oscuro. El ángulo de retardo o disparo se sitúa en el tramo donde el voltaje de entrada comienza a tomar valores positivos, hasta alfa, donde comienza la rectificación de la onda.

El rectificador de la parte 2 es un **Rectificador monofásico controlado de onda completa**. El control se realiza mediante el tiristor para la variación de la corriente en el devanado de excitación durante la variación de velocidad.

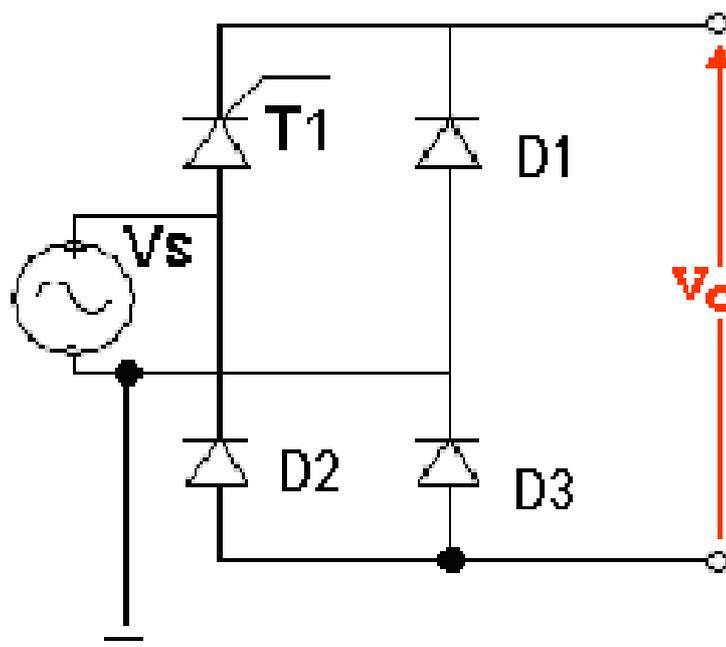




Figura 13. Rectificador monofásico controlado.

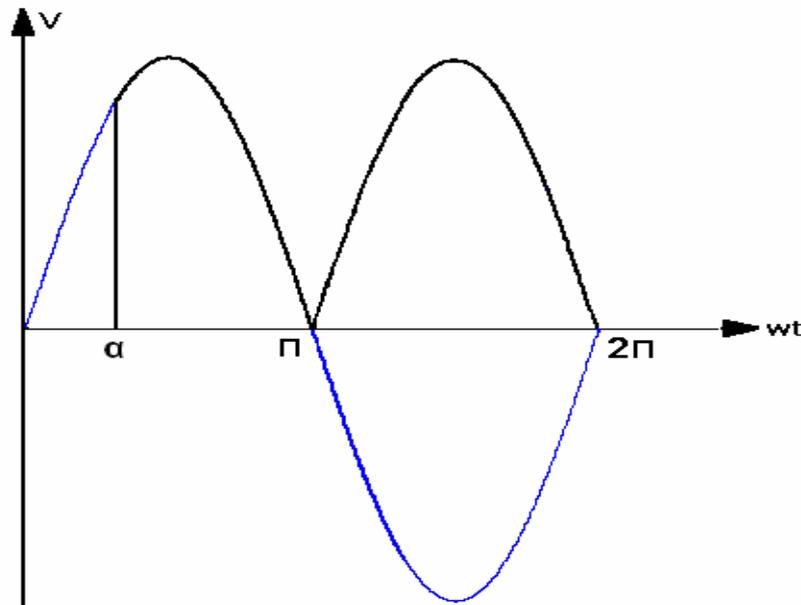


Figura 14. Forma de onda del rectificador monofásico controlado.

Bloque de control

En este bloque se realiza el control de los parámetros que actúan sobre el bloque de rectificación.

Podemos comenzar el análisis de este bloque partiendo de que la generación de señales de disparo para los tiristores de los convertidores de corriente alterna a corriente directa requiere de:

- La detección del cruce por cero del voltaje de entrada.
- El desplazamiento apropiado de fase de las señales.
- El aislamiento del pulso a través de transformadores de pulso o acopladores ópticos.

Detección del cruce por cero del voltaje de entrada:

En la parte 1 y parte 2 del dispositivo se pudo verificar claramente la existencia del primer requerimiento. El cruce por cero plantea que el tiristor debe ser activado cuando se encuentre polarizado en directa, o sea que el pulso por la puerta del tiristor debe ser suministrado cuando el ánodo esté polarizado positivamente con respecto al cátodo.

En la parte 1 el cruce por cero se logra mediante la configuración mostrada a continuación:

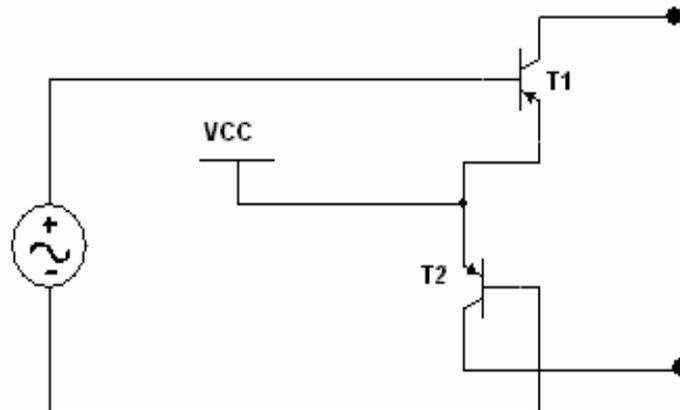


Figura 15. Circuito de cruce por cero.

En la parte 2 del dispositivo, como se debe controlar solo un tiristor, el cruce se efectúa mediante un diodo.

Desplazamiento apropiado de fase de las señales:

Luego de un estudio sistemático no se encontró información clasificada del dispositivo que se debe encarar de realizar esta función. Se trata del **Circuito integrado K553**, por lo que no se pudo verificar esta función.

Aislamiento del pulso a través de transformadores de pulso o acopladores ópticos:

Este punto se verifica en la parte 1 del dispositivo donde se utilizan dos transformadores de pulso.

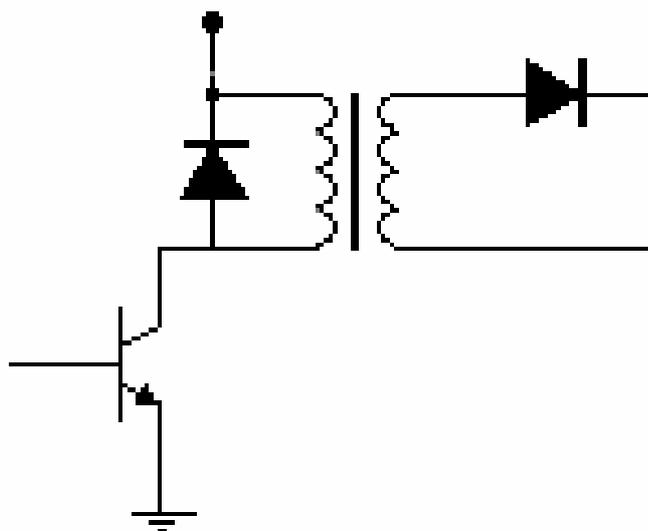




Figura 11. Esquema de un transformador de impulso.

Un transformador de pulso es un dispositivo optimizado para transmitir pulsos eléctricos rectangulares, es decir pulsos con flacos de subida y bajada muy rápidos y una amplitud constante. Estos transformadores de pulsos constituyen los elementos de disparo de los tiristores del rectificador semicontrolado, así como, constituyen a la misma vez un sistema de protección para los tiristores debido a que existe un aislamiento mediante el mismo.

Los transformadores de pulsos se pueden clasificar según el tipo de señal que generan en:

- Transformadores de versiones pequeñas.
- Transformadores de versiones de medio tamaño.
- Transformadores de versiones de gran tamaño.

Los transformadores de versiones pequeñas son utilizados en sistemas digitales y circuitos de telecomunicaciones, principalmente para acoplar los controladores lógicos a las líneas de transmisión.

Los transformadores de versiones de medio tamaño se utilizan en circuitos de control de potencia, como por ejemplo los flashes de las cámaras fotográficas

Los transformadores de versiones de gran tamaño se utilizan en aplicaciones de distribución de potencia, como una interfase entre el bajo voltaje de los circuitos de control y el alto voltaje de las compuertas de los semiconductores de potencia.

Este último es el verificado en el dispositivo de control BTII. En los transformadores de pulso, es necesario tener una buena respuesta a los transitorios, de manera que se pueda mantener la forma rectangular de los pulsos en el secundario del transformador, que un pulso con ejes suaves puede crear pérdidas de potencia, especialmente cuando se utiliza con semiconductores de potencia. En la figura que a continuación se muestra se puede apreciar el circuito de mando del rectificador controlado.

En circuito de mando del rectificador semicontrolado (ver anexo 3) se encarga de la variación del ángulo de disparo o retraso de los tiristores. Para esto cuenta con un circuito integrado modelo K553, que resulta el dispositivo inteligente encargado de esta función conjuntamente con el circuito encargado de la amplificación de esta señal.

El circuito de mando del rectificador controlado es un circuito sencillo encargado del control de la activación de un tiristor con su respectivo amplificador de señal.



Figura 12. Circuito de mando del rectificador controlado.

Bloque de amplificación

En este bloque es donde ocurre la amplificación de las señales que provienen del circuito de mando y se inyectan al bloque de rectificación. Este se verifica claramente en ambas partes del dispositivo con sus respectivas etapas.

Un *Amplificador* es un circuito electrónico esencial en los sistemas de comunicaciones ya que proporciona a su salida (V_s) un aumento de la amplitud de entrada (V_e). El proceso de amplificación implica una inyección de potencia a la señal de entrada. Dicha potencia extra es proporcionada por una fuente de la alimentación V_{cc} .

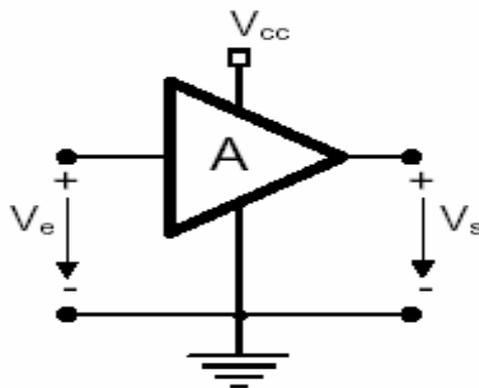


Figura 13. Esquema básico de un amplificador.

Bloque de protección



Este representa los circuitos utilizados para la protección del dispositivo, en el mismo encontramos la protección a los tiristores y la protección del dispositivo visto como sistema.

Dentro de las protecciones utilizadas para tiristores encontramos:

- Protección contra di/dt .
- Protección contra du/dt .

Esta primera protección en la práctica, se limita a conectar un inductor en serie con el tiristor. Estas se utilizan debido a que el tiristor requiere de un tiempo mínimo para dispersar la conducción de la corriente en forma uniforme a través de las uniones. Si la velocidad de elevación de la corriente del ánodo es muy alta en comparación con la corriente de dispersión del proceso de activación, aparecerá un punto de calentamiento, debido a una alta densidad de corriente, por lo que el dispositivo puede fallar debido a una temperatura excesiva.

La protección du/dt se encuentra reflejada mediante la conexión de un resistor y un capacitor en paralelo con el tiristor. Cuando se aplica un escalón de voltaje a través del tiristor du/dt puede ser lo suficientemente alto para activar el mismo, con la conexión planteada anteriormente la corriente de descarga del capacitor estará limitada por el resistor, por lo que no se activará el tiristor. Esta configuración se conoce como circuito de freno.

La protección para los tiristores del circuito, verificada en el dispositivo analizado es contra du/dt , su esquema se muestra en la figura 12, a continuación.

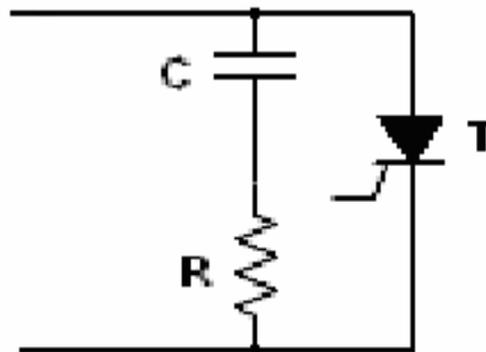


Figura 12. Circuito de protección contra du/dt .

La protección del dispositivo visto como sistema, se realiza mediante fusibles (ver anexo 1). A continuación mostramos sus datos técnicos.

Tabla 2.3. Datos técnicos de los fusibles.



Elemento de protección	Corriente (a)	Tensión (v)
Fusible	20	380

5. Relé electromagnético

El relé electromagnético es un dispositivo que consta de dos circuitos diferentes: un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos, al cual aplicaremos el circuito que queremos controlar, o sea, por una bobina eléctrica y una armadura metálica; si se hace pasar la corriente a través de la bobina, ésta atrae a la armadura, provocando así el movimiento de los dispositivos mecánicos de la máquina, ya sea liberando una leva, controlando la rotación o parada de una rueda dentada, la transferencia de un juego de contactos eléctricos, etcétera. El tiempo necesario para que un relé pase de una posición a otra es del orden de las centésimas de segundo.

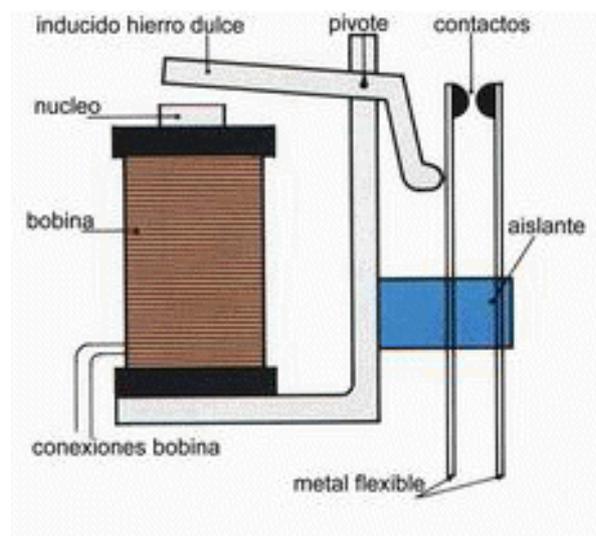


Figura 13. Partes de un relé electromagnético.

El relé es un componente que es bien conocido y utilizado, para aplicaciones desde tableros de control hasta interfaces modernas entre los microprocesadores de control y sus circuitos de fuerza o cualquier aplicación donde se requiera una separación galvánica segura entre circuitos diferentes y aunque esta considerado a ser un componente relativamente sencillo o simple, la tecnología del relé electromagnético es compleja y frecuentemente malentendida.



En la figura que mostrada a continuación se encuentra representado el relé (bobina) del simulador y uno de sus contactos. Como se puede observar es el componente principal para la puesta en marcha del motor. Una descomposición del mismo traería como consecuencia un mal funcionamiento de la máquina, que no arranque. Por esta razón los relés electromagnéticos deben mantenerse bajo un constante régimen de mantenimiento, de esta forma se evita su descomposición y se incrementa su tiempo de vida útil.

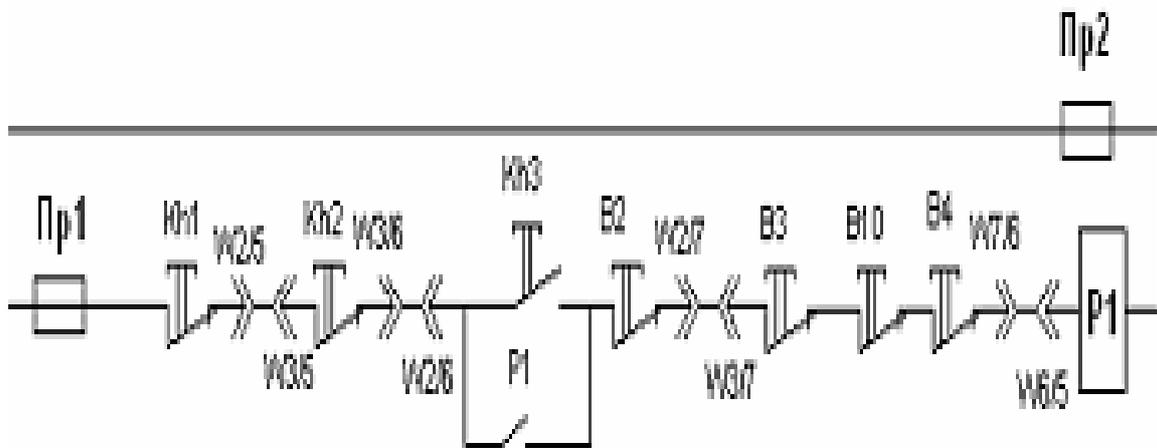


Figura 14. Accionamiento del motor.

2.4- Conclusiones del capítulo

El estudio realizado en este capítulo contribuyó al conocimiento de:

- La estructura interna del simulador de desgaste 2070 CMT-1, así como su principio de funcionamiento desde el punto de vista eléctrico.



-
- Los tipos de sensores que permiten el registro y visualización de las diferentes variables físicas necesarias para la realización de los ensayos.
 - La composición del dispositivo БТН, el cual se encarga del control del motor de corriente directa instalado como carga.



CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1- Introducción

El análisis de los resultados de la investigación juega un papel esencial en este proceso investigativo, el mismo posibilita establecer una comparación basada en lo que se tenía anteriormente y lo que se ha logrado. La Máquina para el ensayo de materiales en fricción y desgaste 2070 CMT-1 se encuentra fuera de servicio hace aproximadamente diez años, o sea sin realizar función alguna para la cuál fue diseñada. Por ser un equipo casi único en el país no existe ningún tipo de estudio que refleje su estructura eléctrica así como su principio de funcionamiento desde el punto de vista eléctrico razón por la cual es un logro extraordinario la obtención de cualquier tipo de información que relacione el tema. En tal sentido este capítulo pretende establecer el diagnóstico eléctrico del simulador de desgaste 2070 CMT-1.

3.2- Análisis de los resultados de la investigación

Luego de un profundo estudio de los elementos eléctricos que componen el simulador, se exponen a continuación los principales problemas encontrados durante el diagnóstico eléctrico del mismo. Estas constituyen las causas principales por las que el equipo no opera.

1. Sulfatación de los terminales de entrada de la alimentación

Durante el tiempo que la máquina estuvo en desuso, los terminales de alimentación crearon un óxido que impedía totalmente la alimentación del equipo de la red eléctrica, un servicio trifásico de tensión 220 voltios.

2. Sulfatación de los porta - fusibles

Los porta – fusibles, como su nombre lo indica, son las bases donde se ubican los fusibles y por la misma causa expuesta arriba, el sulfato creado no permite cerrar el circuito, o sea, impide el paso de la corriente eléctrica al resto de los componentes y por ende el equipo no se energiza.

3. Fusibles abiertos



Los fusibles $\Pi p1$ y $\Pi p2$, son las protecciones principales del equipo y que permiten la alimentación de la bobina del relé que energiza a la máquina, se encontraban abiertos, impidiendo el libre paso de la corriente. Éstos están representados en la siguiente figura.

4. Incorrecta aplicación sobre el microconmutador B3

Como se puede apreciar en la figura anterior, el microconmutador B3 tiene la función de cerrar el circuito para proporcionar la alimentación a la bobina del relé. Este no se encuentra cumpliendo su función. El mismo debe ser conmutado mediante un dispositivo que no se encuentra instalado en el equipo.

5. Sulfatación de los contactos del relé

Debido a lo expuesto en la primera causa que se analizó, los contactos de este dispositivo se encuentran sucios, causa por la que no condiciona el buen funcionamiento del sistema. La bobina del relé se encuentra representada en la figura 13 así como uno de sus contactos (P1).

Esto se pudo comprobar mediante las mediciones pertinentes, además, por otra vía se demostró con gran facilidad.

Como podemos apreciar en la figura 4, para que señalice el indicador $\Pi 2$, debe cerrarse este otro contacto del relé. Esta operación no se logra por el problema anteriormente planteado.

6. Indicador $\Pi 1$ descompuesto.

Este indicador o lámpara de casquillo se muestra en la figura 4, el mismo señala cuando va a operar el equipo, es un fiel testigo de que la máquina está lista para su uso.

Se podía haber llegado a la conclusión de que la máquina no estaba energizada pero las mediciones demostraron lo contrario.

7. Descomposición del dispositivo БТП.



Los problemas fundamentales por los que la máquina no funciona se encuentran en este dispositivo.

En los circuitos de rectificación se detectó:

- Tiristores T132-50 del rectificador semicontrolado abiertos.
- El diodo КД203Г del rectificador controlado abierto.
- El transistor KT117 del circuito de mando del rectificador controlado averiado con las patas partidas.

No se pudo realizar un análisis de dos circuitos integrados ubicados en este circuito debido a que no se conocen sus características internas. No tiene ningún tipo de nomenclatura con la que se puedan analizar. La única forma que tenemos para identificar este componente es la siguiente figura.

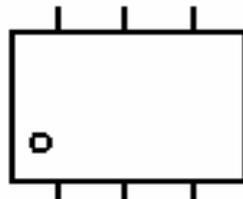


Figura 14. Circuito integrado desconocido.

En el circuito de mando del rectificador semicontrolado (ver anexo 8) del dispositivo se detectó:

- Diodos zener Д818ГТ abiertos.
- Transistores amplificadores de la señal que es aplicada por la puerta de los tiristores, abiertos.

No se pudo verificar si fue afectado el circuito integrado **K553** debido a que no se conocen sus características internas.

8. Descomposición del tacogenerador



Para detectar este problema se arrancó el motor. Esto se realizó mediante el montaje de un rectificador monofásico no controlado. De esta manera se verificó que el tacogenerador o giroscopio presentaba problemas el cual no fue posible determinar, no obstante se logró como resultado interesante: **Que el motor de corriente directa no presentó problemas.**

9. La máquina carece de termopar

Durante el diagnóstico se comprobó que el termopar, dispositivo destinado a la medición de la temperatura no se encontraba instalado en la máquina.

3.3- Conclusiones del capítulo

La realización del diagnóstico de la Máquina para medir desgaste 2070 CMT-1 constituye un logro significativo que se ha perseguido en años. Con este se ha creado una base sólida para una futura recuperación del simulador y con grandes posibilidades de la realización de una **Modernización** del equipo.



CONCLUSIONES

- ✓ La poca existencia de referencias bibliográficas sobre el tema, impidió un análisis más profundo del equipo. Existen componentes como los circuitos integrados ubicados en el dispositivo БТП, de los cuales no se conocen sus características internas, así como del sensor encargado de la medición del momento torzor.
- ✓ El problema fundamental por el cual el equipo no funciona es la descomposición de los componentes del bloque БТП.
- ✓ La no existencia de un mantenimiento sistemático provoca averías en las partes más vulnerables de la máquina
- ✓ Se comprobó que el motor no presenta ninguna afectación, lo cual se pudo verificar con la puesta en funcionamiento del mismo.
- ✓ Se logró obtener el esquema del circuito de control ubicado en el bloque БТП.



RECOMENDACIONES

- ✓ Tomar en cuenta el informe desarrollado en este trabajo para la continuación de la investigación sobre la citada máquina.
- ✓ Realizar un estudio más profundo de los dispositivos que no pudieron ser analizados en este trabajo.
- ✓ Disponer de un mayor tiempo de estudio para la temática.
- ✓ Desarrollar un ciclo de mantenimiento más sistemático, para mayor longevidad de los elementos, no solo los eléctricos, sino también los mecánicos de la maquina en general.
- ✓ Diseñar un nuevo dispositivo para efectuar el control de la velocidad del motor partiendo de un estudio más detallado del mismo.
- ✓ Desarrollar un software para la gestión de la máquina de ensayo que permita supervisar y controlar las diferentes variables que se tienen en cuenta en el análisis de los lubricantes.
- ✓ Sustituir los elementos averiados por otros equivalentes con características similares que cumplan con las exigencias del simulador en cuestión.
- ✓ Sustituir los registradores y visualizadores por instrumentos de medición de naturaleza digital para mayor confort del operador.

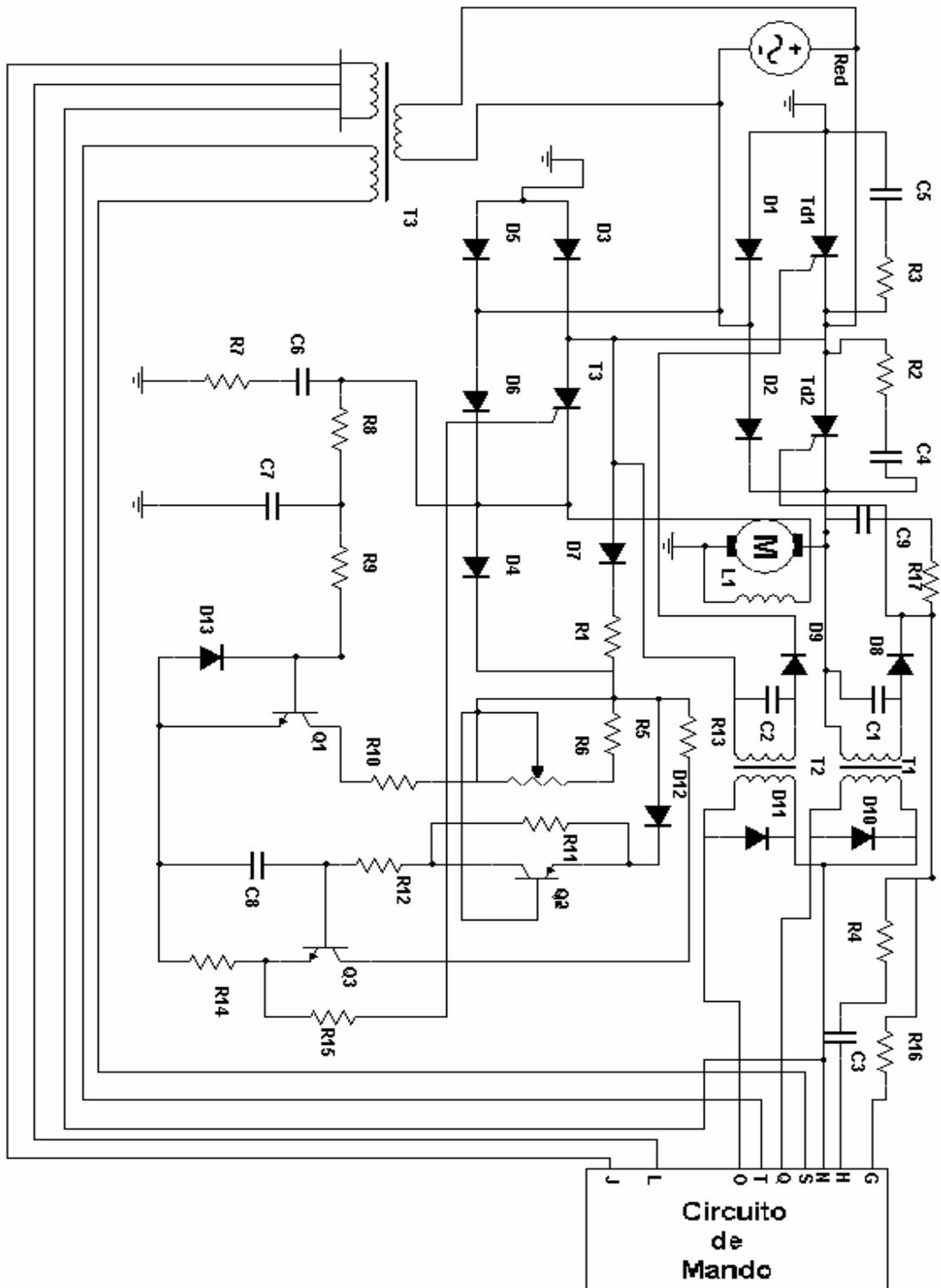


RERERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

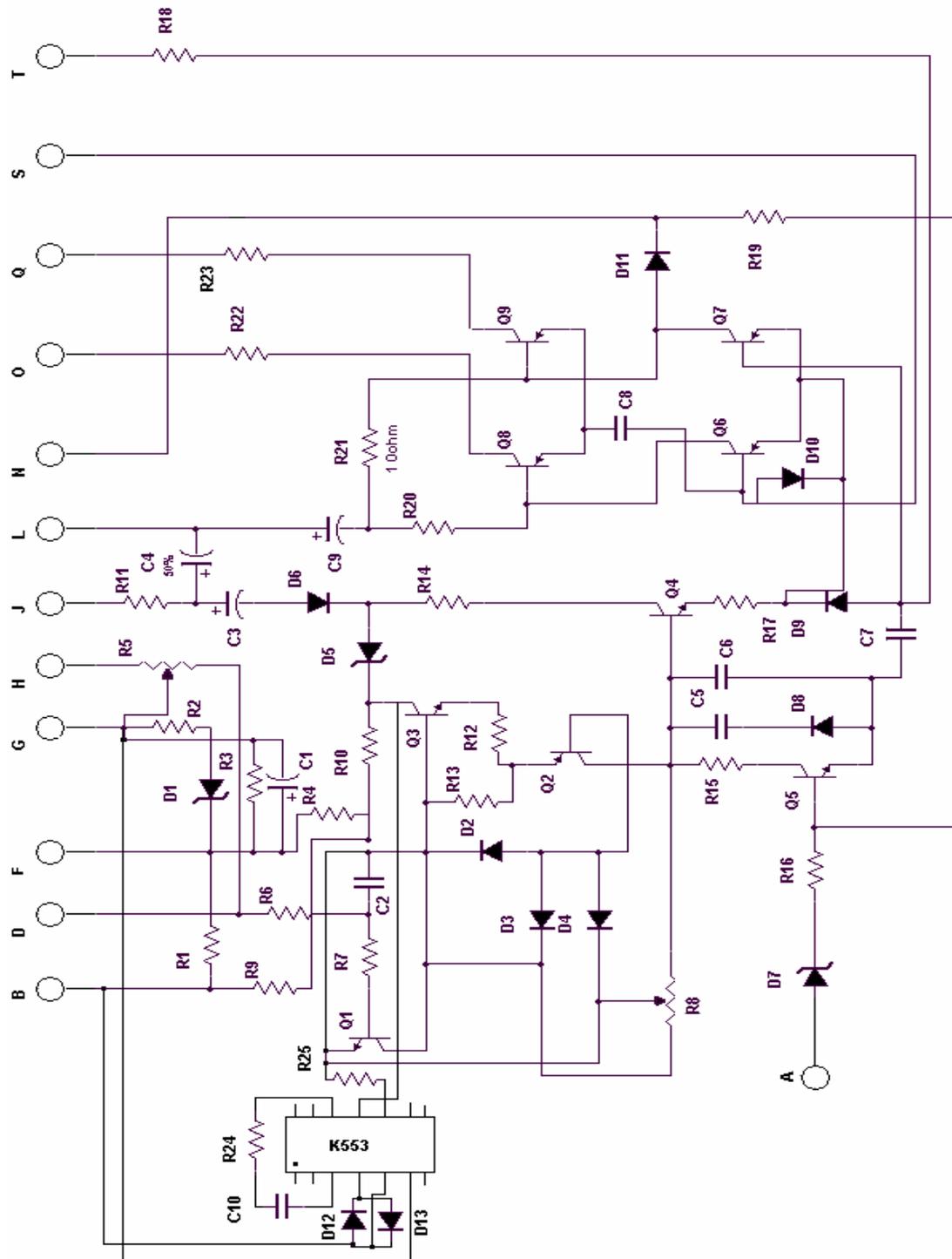
- 1- Rashid, M. H. Electrónica de Potencia. Editorial Pueblo y Educación, 355 pp.
- 2- Woods, Peter. Switching Power Converters. Editorial Van Nostrand Reinhold Company, 1980, 108 pp.
- 3- Voldek, A. I. Maquinas Eléctricas. Editorial Pueblo y Educación, 1974, 555 pp.
- 4- Gualda, J. A. Electrónica Industrial y Técnicas de Potencia. Editorial Marcambo, 1985, 88 pp.
- 5- Luke, A. Fundamentos físicos de los dispositivos electrónicos. Editorial Univer Internacional, 1980, 152 pp.
- 6- Herranz, G. Convertidores Electromagnéticos de Energía. Editorial Marcambo, 1981, 102 pp.
- 7- Straughen, D. Power Semiconductor Circuits. Editorial Wiley Interscience, 1984, 128 pp.

Sitios Web consultados durante la investigación:

1. www.internal.dstm.com
2. www.minas.unalmed.edu.co
3. www.unavarra.es
4. www.ocpi.cu
5. www.upv.es
6. www.ujaen.es
7. www.sib.org.bo
8. www.economia.gob.mx
9. www.ceseand.cica.es



Anexo 2. Esquema electrónico del dispositivo БТП.



Anexo 3. Esquema electrónico del rectificador controlado.