

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
EN INGENIERÍA**

**“REHABILITACIÓN DE LA BALANCEADORA ELECTRÓNICA
DE ROTORES TIRA K300 DEL LABORATORIO DE
MECANISMOS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA – ESPE”**

LORENA ALEJANDRA FERNÁNDEZ YÁNEZ

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2007

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el proyecto de grado *“Rehabilitación de la Balanceadora Electrónica de Rotores TIRA K300 del Laboratorio de Mecanismos del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica – ESPE”* fue realizado en su totalidad por la Señorita FERNÁNDEZ YÁNEZ LORENA ALEJANDRA, bajo la dirección del Ing. HUGO ORTIZ y del Ing. WILSON YÉPEZ, como requerimiento para la obtención del título en INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

ING. HUGO ORTIZ

DIRECTOR

ING. WILSON YÉPEZ

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, que me ha dado vida y salud, alegría para seguir el camino, fuerza para llegar a la meta, soporte en los tiempos difíciles, luz en la oscuridad, valor en tiempos de debilidad y compañía de mis seres queridos.

Agradezco a mis padres y hermano, por ser un apoyo incondicional en esta etapa de la Universidad y durante toda mi vida.

Agradezco a los demás miembros de mi familia, tíos, primos, abuelos, que siempre han estado pendientes de mi desarrollo humano y profesional.

Agradezco a mis maestros, que con su dedicación han sido un ejemplo de superación y vida, y me han inculcado valores para crecer como persona y como profesional.

Agradezco a mis amigos, con quienes he compartido tiempo, alegrías, penas y luchas, todos aquellos que en todo momento han estado junto a mí, dándome fuerza para seguir adelante.

DEDICATORIA

Hay momentos en la vida en que uno da la vuelta para mirar hacia atrás y encuentra que a lo largo de su camino hubo manos cariñosas, humildes, fuertes, valientes, alegres, serenas, audaces, atrevidas, decididas y resueltas, que no vacilaron en tenderse cuando uno las necesitaba.

Algunas siguen presentes hasta el día de hoy; otras, aunque especiales, tuvieron que marcharse; varias, quizá ya no sean recordadas; pero cada una de ellas dejaron plasmado en mí las ganas de continuar y de poder ser yo una mano más que pueda ayudar a otro.

El presente proyecto lo dedico a todas esas manos y a los dueños de ellas.

A mi padre, Oswaldo, espero fervientemente llegar algún día a ser como usted.

A mi madre, Esperanza, porque la fuerza de carácter que muchas veces no entendí me ayudó a no dejarme vencer.

A mi hermano, Andrés, solo por ser mi hermano.

A mi abuelita Angelita, por el cariño que he recibido y porque todavía recuerdo que fue usted quien me crió.

A mi abuelito Aurelio, ya no está aquí pero espero que se sienta orgulloso de su nieta.

A mis hermanas de afecto, Moni y Diana, ya crecimos y cada cual tomó su camino, ojalá nos podamos encontrar algún día para seguir juntas.

A mis tías Blanca y Ana María, son mis segundas madres.

A mis tíos Juan, Román y Ramiro, son mis segundos padres.

A mis primos, Pauli, Vicente, David, Fabián, por considerarme parte de su vida.

A mis hijas del corazón, Sofi y Gaby, son mi sol de cada día.

A mi abuelita Anita, tía Esther, tío César, Anita, Mauricio, Pato, por estar pendientes de mí.

Al amor de mi vida, Mario, tú fuiste la mano que me tomó el corazón destruido en el momento más triste de mi vida y por eso te amo.

A mi comadre, Lucy, por el día en que decidiste que seríamos amigas, es el mejor regalo que tengo.

A mi ahijado, Juan Fernando, eres la luz de tu madre, bebé precioso.

A mis amigos de la U., Dianasol, Daniel, Diego, Gise, Belén, Xavier, Andrés, Alexis, Javier, Christian, Gustavo, Luis, Roberto, Víctor, Anita, los que me olvido, los que fueron, los que serán siempre, por su amistad.

PRÓLOGO

El Proyecto de Grado “Rehabilitación de la Balanceadora TIRA K300 del Laboratorio de Mecanismos del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica – ESPE” tiene como finalidad ofrecer a los usuarios del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, una herramienta principal para apoyo de sus conocimientos y desarrollo de sus destrezas.

Para esto se realiza una investigación, recopilación y análisis de la información referente al funcionamiento general de la máquina y de cada uno de los dispositivos que la componen.

Con la información recopilada y analizada es posible determinar los puntos críticos y establecer en primera instancia, donde se puede encontrar fallas que afectan al sistema. A continuación se realiza un diagnóstico de fallas, en el que se efectúan pruebas específicas para cada dispositivo y una prueba total del sistema.

El diagnóstico de fallas constituye una herramienta a través de la cual es posible determinar de manera eficiente los problemas en una máquina. Para la Balanceadora TIRA K300, el diagnóstico de fallas del sistema eléctrico y electrónico se ejecutó con las pruebas detalladas a continuación:

- Verificación del funcionamiento de contactores y relés térmicos, la energización de sus bobinas y el cambio de estado de sus contactores.

- Verificación del funcionamiento del arrancador MINISTART 5.5B y del freno BR 220-20, con la implementación de circuitos básicos para cada uno de éstos.
- Verificación del funcionamiento del motor, con pruebas de localización de interrupciones.
- Verificación del funcionamiento de la tarjeta electrónica de la Balanceadora, con el seguimiento de las conexiones entre sus elementos e implementación de circuitos de prueba.
- Verificación de cables y conexiones entre dispositivos.

El diagnóstico de fallas en el sistema informático se realizó con la verificación del hardware y software del computador y después con la comprobación del funcionamiento del software de balanceo TIRA X9000.

Una vez rehabilitada la Balanceadora TIRA K300 se realizaron varias pruebas de cálculo de desbalanceo con un cigüeñal para ratificar el funcionamiento y la precisión con la que esta máquina trabaja.

Por considerar importante se incluye una guía de operación para el usuario y un compendio de procedimientos de mantenimiento para que la Balanceadora TIRA K300 funcione adecuadamente en prácticas de laboratorio o en trabajos de balanceo y para evitar que se produzcan fallas que detengan la máquina y en el caso de producirse ésto, sea posible determinar los puntos de falla y repararlos eficientemente.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS.....	1
1.1.1 Objetivo General	1
1.1.2 Objetivos Específicos.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 ALCANCE	3
1.4 INTRODUCCIÓN AL BALANCEO	4
1.4.1 Balanceo	4
1.4.2 Tipos de Desbalanceo	5
1.4.2.1 Desbalanceo Estático	5
1.4.2.2 Par Desbalanceado	6
1.4.2.3 Desbalanceo Dinámico.....	6
1.4.3 Máquinas de Balanceo	7
1.4.3.1 Máquinas de Balanceo Estático.....	7
1.4.3.2 Máquinas de Equilibrado Dinámico	8
1.4.3.3 Balanceo “In Situ”	11
1.4.4 Rotores Rígidos y Flexibles	11
1.4.4.1 Rotores flexibles	11
1.4.4.2 Rotores rígidos	12

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA BALANCEADORA ELECTRÓNICA TIRA K300	13
2.1 GENERALIDADES	13

2.2 DATOS TÉCNICOS	13
2.3 DISEÑO CONSTRUCTIVO	14
2.3.1 Componentes de la Balanceadora K300	14
2.3.2 Botones del panel de control en la caja del motor	15
2.3.3 Fundición para la Balanceadora TIRA K300	16
2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LA BALANCEADORA TIRA K300.....	17
2.4.1 Elementos de Protección	17
2.4.1.1 Fusibles	17
2.4.1.2 Relé Térmico	19
2.4.2 Arrancador MINISTART 5.5B.....	20
2.4.3 Freno BR230-20	24
2.4.4 Contactor	26
2.4.5 Motor Eléctrico	28
2.4.6 Sensores.....	30
2.4.7 Tarjeta Electrónica	31
2.5 ESQUEMAS ELÉCTRICOS Y DETALLE DE LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES DE LA BALANCEADORA TIRA K300.....	32
2.5.1 Diagrama de Potencia	32
2.5.2 Diagrama de Control.....	34
2.5.3 Diagrama de Sensor	36
2.5.4 Tarjeta Electrónica	36

CAPÍTULO 3

PROGRAMA DE LA BALANCEADORA TIRA K300 - TIRA X 9000	38
3.1 CARACTERÍSTICAS	38
3.2 SOFTWARE TIRA X 9000	38
3.2.1 Pantalla de inicio.....	40
3.2.2 Programa Básico	41
3.2.2.1 Archivo de datos del rotor.....	41
3.2.2.2 Selección del tipo de soporte.....	42
3.2.2.3 Menú de datos del rotor	42
3.2.2.4 Menú de operación	44

3.2.2.5 Localización de desbalanceo.....	45
3.2.2.6 Textos de ayuda	47
3.2.3 Programas Especiales	48
3.2.3.1 Ajuste del sensor	48
3.2.3.2 Programas de impresión.....	49
3.2.3.2.1 Impresión Normal.....	49
3.2.3.2.2 Impresión de estadísticas.....	49

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA BALANCEADORA TIRA

K300.....	55
4.1 DIAGNÓSTICO.....	55
4.1.1 Instrumentos de Prueba.....	55
4.1.2 Recolección de Datos	55
4.1.3 Localización del problema.....	56
4.1.3.1 Verificación del sistema eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300	56
4.1.3.2 Diagnóstico del computador y programa de la Balanceadora TIRA K300	65
4.2 REPARACIÓN	65
4.2.1 Resultados del diagnóstico	65
4.2.1.1 Sistema eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300	65
4.2.1.2 Computador y programa de la Balanceadora TIRA K300.....	66
4.2.2 Reparación.....	67
4.3 PUESTA EN OPERACIÓN	70

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS.....

5.1 PRUEBAS.....	74
5.2 RESULTADOS	78

CAPÍTULO 6

MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	83
6.1 HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO	84
6.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	84
6.2.1 Mantenimiento General de la Balanceadora TIRA K300	85
6.2.1.1 Mantenimiento Diario.....	85
6.2.1.2 Mantenimiento Semanal.....	85
6.2.1.3 Mantenimiento Mensual.....	85
6.2.1.4 Mantenimiento Trimestral	85
6.2.1.5 Mantenimiento Semestral	85
6.2.2 Instalación de Equipos Eléctricos y Electrónicos	85
6.2.2.1 Instalación del Arrancador MINISTART 5.5 B	86
6.2.2.2 Instalación del Freno BR230-20	87
6.2.3 Instalación del Computador y Programa.....	87
6.2.3.1 Instalación del Computador	87
6.2.3.2 Instalación del Sistema Operativo DOS 6.22.....	88
6.2.3.3 Instalación de Windows 3.1	89
6.2.3.4 Instalación del Programa TIRA X9000.....	91
6.2.4 Ubicación de los dispositivos	91
6.2.5 Cajas de los dispositivos.....	92
6.2.6 Limpieza de dispositivos	92
6.2.7 Revisión de contactos.....	92
6.2.7.1 Limpieza de contactos	92
6.2.7.2 Reemplazo de contactos	92
6.2.8 Voltaje de bobinas	93
6.2.9 Repuestos.....	93
6.2.10 Revisión de conexiones	93
6.2.11 Mantenimiento preventivo del Computador.....	93
6.2.11.1 Limpieza del CPU	94
6.2.11.2 Limpieza de periféricos.....	94
6.2.12 Mantenimiento Preventivo del Programa TIRA X9000.....	94
6.2.13 Mantenimiento Preventivo del Motor.....	96

6.2.13.1	Análisis general del motor	96
6.2.13.2	Revisión de elementos móviles	96
6.2.13.3	Comprobación de circuitos	97
6.2.13.3.1	Localización de derivaciones	97
6.2.13.3.2	Localización de cortocircuitos	97
6.2.13.3.3	Localización de interrupciones	99
6.2.13.3.4	Determinación de la polaridad correcta.....	99
6.3	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	99
6.3.1	Daños en los contactores.....	100
6.3.2	Daños en los contactos de los contactores.....	102
6.3.3	Daños en las bobinas de los contactores.....	103
6.3.4	Fallas en el motor	104
6.3.5	Daños en el computador	107
6.3.5.1	Cambio de fuente	109
6.3.5.2	Cambio de tarjeta de adquisición.....	110
6.3.6	Fallas en el programa TIRA X9000	111
6.3.6.1	Problema con la ejecución automática del programa	111
6.3.6.2	Problemas con los archivos del programa.....	112
6.3.6.3	No aparecen los datos de balanceo del rotor en el programa TIRA X9000.....	113

CAPÍTULO 7

MANUAL DE USUARIO DE LA BALANCEADORA TIRA K300	114
7.1 INTRODUCCIÓN.....	114
7.2 REQUISITOS DEL ROTOR A BALANCEAR.....	114
7.3 PARTES DE LA BALANCEADORA TIRA K300	115
7.4 INSTALACIÓN DEL ROTOR EN LA BALANCEADORA TIRA K300.....	116
7.5 ENCENDIDO DE LA BALANCEADORA TIRA K300	116
7.6 PROGRAMA TIRA X9000	117
7.6.1 Inicio del Programa TIRA X9000.....	117
7.6.2 Archivo de datos del rotor	118
7.6.3 Selección del tipo de soporte.....	119
7.6.4 Menú de datos del rotor	120

7.6.5 Menú de operación de balanceo.....	123
7.6.6 Localización de desbalanceo	124
7.6.7 Textos de ayuda	125
7.6.8 Impresión	126
7.6.8.1 Impresión estándar	126
7.6.8.2 Impresión de estadísticas	127

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
8.1 CONCLUSIONES	133
8.2 RECOMENDACIONES.....	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
ANEXOS	140
ÍNDICE DE FIGURAS	154
ÍNDICE DE TABLAS.....	167
GLOSARIO	169
ÍNDICE DE DATASHEETS.....	173

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Poner en operación a la Balanceadora TIRA K300 y realizar un plan de operación y mantenimiento de la misma.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información y analizar el funcionamiento de los sistemas eléctrico y electrónico de la Balanceadora K300.
- Analizar el estado de la Balanceadora K300, en lo que se refiere a los sistemas eléctrico, electrónico e informático.
- Diagnosticar y reparar los sistemas eléctricos y electrónicos averiados de la Balanceadora TIRA K300.
- Desarrollar un manual de mantenimiento preventivo y correctivo para la Balanceadora TIRA K300.
- Desarrollar un manual de usuario para la Balanceadora TIRA K300.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La balanceadora electrónica TIRA K300 es una máquina de origen alemán, cuya función es realizar un balanceo dinámico a cualquier tipo de rotores cuyo peso esté en el rango de 3-300 Kg. y con un diámetro máximo de 1000 mm.

La aplicación de este tipo de maquinaria en la industria es muy importante debido a que al analizar y diagnosticar el estado de las máquinas giratorias tan comunes en procesos industriales como son turbinas, generadores, motores eléctricos, etc., se determinan las medidas necesarias que permiten que se eviten efectos de desgaste como son:

- Vibraciones periódicas del equipo y transmitidas a otros equipos
- Daños en rodamientos
- Daño en uniones y soldaduras
- Calentamiento y ruido
- Daños a sistemas eléctricos y electrónicos

Para lograr el adecuado mantenimiento de ésta, sea preventivo o correctivo, es necesario que la persona encargada de la misma tenga un conocimiento completo, tanto del diseño constructivo de la máquina, el tipo de control, los dispositivos que la componen, la función de cada uno de ellos, las conexiones entre dispositivos, la interrelación con el usuario, la aplicación final, etc. De esta manera, es posible lograr que cualquier maquinaria, por más compleja que sea o por más funciones que realice, esté en funcionamiento periódicamente, o en caso de producirse una falla, se la pueda recuperar en el menor tiempo posible.

La información dada por el fabricante en la entrega de la Balanceadora TIRA K300 es insuficiente, debido a que el enfoque de dicha información es para un operador, mas no para realizar el mantenimiento completo que se hace necesario debido al ambiente en el que se desarrolla la máquina, es decir, en el ambiente estudiantil en donde es una máquina de pruebas.

La inversión realizada por la ESPE cuando se adquirió la Balanceadora fue de alrededor de los cien mil dólares, lo que implica que al no tener en funcionamiento a la máquina, la inversión se pierde por completo.

En vista de esto, es importante lograr la rehabilitación de la Balanceadora TIRA K300, con lo que se obtendría una herramienta de aplicación que permita a los docentes la demostración de las teorías de balanceo y vibración, etc.; y a los estudiantes, realizar pruebas que afiancen sus conocimientos y que les facilite su desempeño en la realización de proyectos a futuro.

Además, al contar con una máquina de las características de la Balanceadora TIRA K300, la ESPE podría brindar servicios de balanceo de rotores a la industria que lo requiera con el respectivo rédito económico.

1.3 ALCANCE

El conocimiento del balanceo permite brindar una atención adecuada a cualquier máquina rotatoria, ayudando a la reducción del consumo de energía de las máquinas, reducción de niveles de vibración e incremento de la vida de los rodamientos.

Por otra parte, el mantenimiento produce un bien real, que puede resumirse en capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

Actualmente, en que todo el planeta está inmerso en una economía globalizada y mercados altamente competitivos, se debe considerar dentro de cualquier industria un plan de mantenimiento unido a la producción, cuya finalidad sea reparar desperfectos de manera rápida, barata y sin afectar la elaboración de los productos.

Es por esto que la rehabilitación total de la Balanceadora TIRA K300 y la documentación completa de la misma, permitirán tanto a docentes, estudiantes y cualquier persona que se interese en el funcionamiento de una máquina de este

tipo, conocer y brindar servicios en diferentes industrias como de aviación y marítima, para balanceo de los ejes de las hélices; eléctricas para balanceo de turbinas, etc., y con esto contribuyan al desarrollo de la industria y por ende, el desarrollo del país.

1.4 INTRODUCCIÓN AL BALANCEO

El desbalanceo de la maquinaria es una de las causas más comunes de la vibración. El desbalanceo se debe a que el centro de gravedad de un cuerpo giratorio no coincide generalmente con su centro de rotación.

Las causas son:

1. En la práctica es imposible conseguir que la masa esté uniformemente distribuida alrededor del centro geométrico del cuerpo.
2. El eje sobre el cual gira el cuerpo se deforma flexionándose por efecto de la carga, desplazando al centro de gravedad fuera del eje verdadero, que pasa por el eje geométrico o línea central de los cojinetes.

1.4.1 Balanceo

“El balanceo es la técnica de corregir o eliminar fuerzas o momentos generadores de perturbaciones vibratorias (¹)”. En un ciclo completo de operación se pueden dar varios esfuerzos sobre los soportes de un mecanismo que provoquen vibraciones. Las vibraciones producen fallos en las piezas por fatiga, e incluso pueden llegar a ser peligrosas. Para evitar esto, es necesario controlar las fuerzas de inercia y lograr el mínimo de vibraciones en un mecanismo.

Cualquier elemento en rotación, puede estar equilibrado estática y dinámicamente al eliminar las fuerzas que producen vibraciones. Sin embargo, el equilibrio estático es más fácil de obtener y es suficiente en la mayoría de los casos.

¹ www.fi.uba.ar/materias/7306/VibraTorroba.pdf

En la práctica, siempre habrá un pequeño desequilibrio en el elemento en rotación debido a las tolerancias. La magnitud y ubicación del desequilibrio pueden ser determinadas con exactitud con los procedimientos de balanceo y se puede adicionar o remover material en las ubicaciones correctas para compensarlo.

1.4.2 Tipos de Desbalanceo

1.4.2.1 Desbalanceo Estático. El desbalanceo estático existe cuando el eje principal de inercia del rotor y el eje del árbol están paralelos, tal como se muestra en la Figura. 1.1.

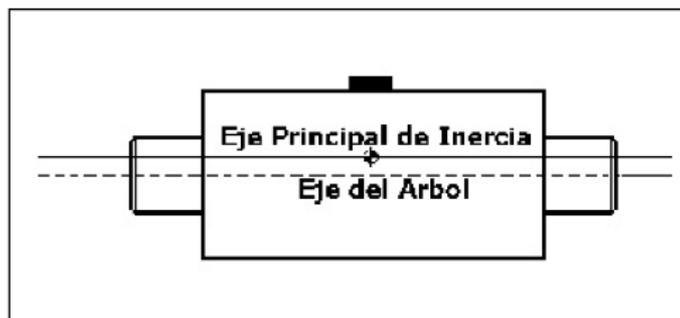


Figura. 1. 1. Desbalanceo estático

Para determinar el desbalanceo estático se puede realizar lo que se indica en la Figura. 1. 2., se coloca el rotor sobre unas paralelas y se deja que gire por sí mismo hasta que se detenga. La parte más pesada del rotor quedará en la parte baja y la menos pesada en la parte alta. Se debe señalar el punto más bajo. Se debe repetir este procedimiento varias veces de manera que si los puntos señalados coinciden o están muy cerca, quiere decir que existe desequilibrio estático y si los puntos están alrededor del rotor, el desbalanceo estático es nulo.

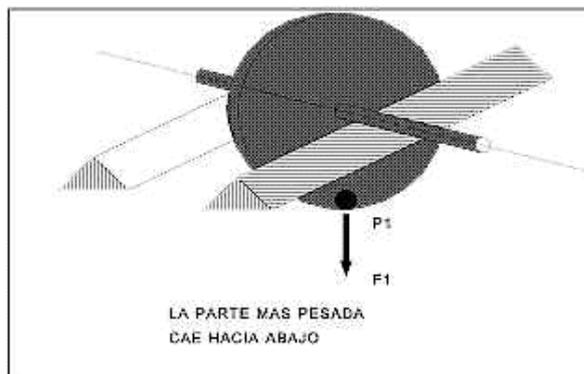


Figura. 1. 2. Determinación de desbalanceo estático

Para compensar el desbalanceo estático se puede colocar una masa en sentido contrario al desequilibrio o una masa en el centro del rotor que sea la suma total del desbalanceo estático en cada punto.

1.4.2.2 Par Desbalanceado. El par desbalanceado ocurre cuando el eje de inercia del rotor y el eje del árbol se intersecan en el centro de gravedad del rotor y no son paralelos, tal como se muestra en la Figura. 1. 3.

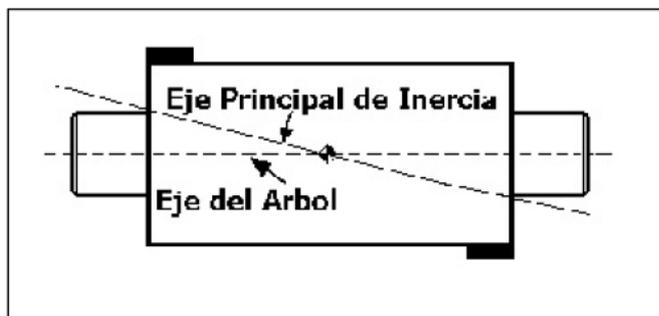


Figura. 1. 3. Par desbalanceado

1.4.2.3 Desbalanceo Dinámico. El desbalanceo dinámico se presenta cuando el eje principal de inercia del rotor y el eje del árbol se intersecan pero no en el centro de gravedad del rotor, tal como se muestra en la Figura. 1.4.

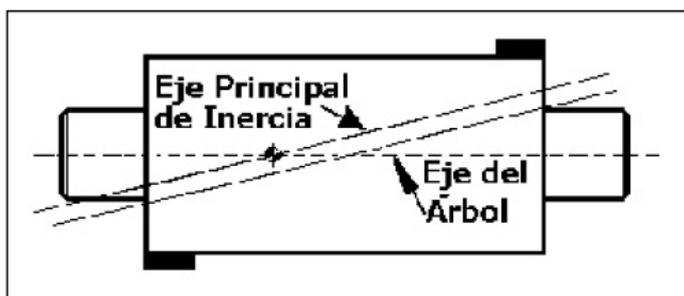


Figura. 1. 4. Desbalanceo dinámico

1.4.3 Máquinas de Balanceo

Una máquina de balanceo tiene como función principal determinar si un elemento giratorio está equilibrado, y en caso de no estarlo, establece la magnitud y ubicación del desbalanceo.

1.4.3.1 Máquinas de Balanceo Estático. Las máquinas para balanceo estático se utilizan sólo para mecanismos de dimensiones pequeñas, como son: engranes, poleas, ruedas, ventiladores, etc. El desbalanceo que estas máquinas determinan es en un solo plano. “El equilibrado estático es un proceso de pesado en el que se aplica a la pieza una fuerza de gravedad o una fuerza centrífuga (²)”. Hay diversos métodos para encontrar la ubicación del desbalanceo. Puede ser por fuerza de gravedad, como el procedimiento que muestra la Figura. 1. 2., al determinar el punto más pesado y más liviano del rotor. Otro método es haciendo rotar la pieza a velocidad constante, para medir la reacción y magnitud de los cojinetes y utilizando estas magnitudes para encontrar la magnitud del desequilibrio.

Para un mayor número de piezas, es posible utilizar un sistema de péndulo, como el que se muestra en la Figura. 1. 5., que da como resultado la magnitud (mediante el ángulo θ) y la ubicación (mediante dirección de inclinación) del desequilibrio sin hacer girar la pieza.

² www.fi.uba.ar/materias/7306/VibraTorroba.pdf

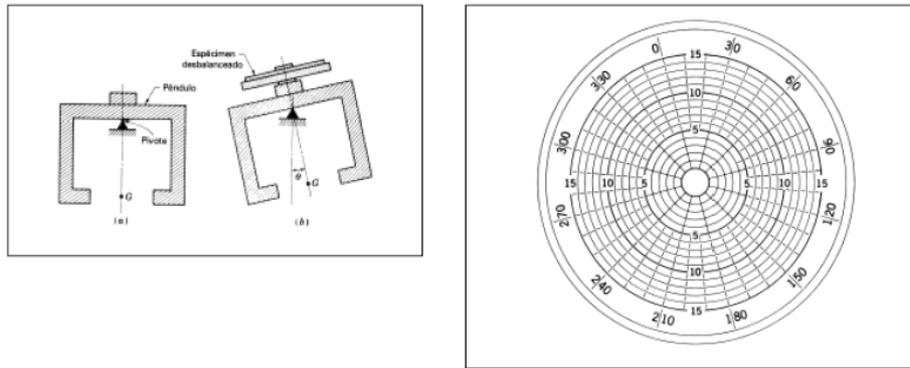


Figura. 1. 5. Sistema de péndulo

1.4.3.2 Máquinas de Equilibrado Dinámico. “El objetivo del balanceado dinámico es medir el par desequilibrado y agregar un nuevo par en la dirección opuesta y de la misma magnitud ⁽³⁾”. Este nuevo par se aplica a través de la adición o eliminación de masas en los lugares de corrección seleccionados. Para esto hay tres métodos:

- **Bastidor Basculante.** En la Figura. 1. 6. se muestra el bastidor basculante, en el que se coloca un rotor sobre rodillos sujetos a una base soporte. El extremo derecho del rotor se engancha a un motor por medio de un acople universal. Se hace oscilar el soporte alrededor de uno de los dos pivotes, los cuales se ajustan para concordar con los planos de corrección del elemento a equilibrar.

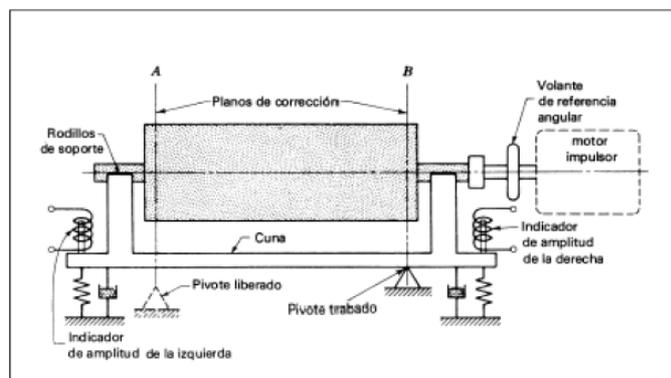


Figura. 1. 6. Bastidor Basculante

³ www.fi.uba.ar/materias/7306/vibraTorroba.pdf

En la Figura. 1. 6., el pivote izquierdo está en posición liberada, y el bastidor y el rotor a equilibrar oscilan libremente alrededor del pivote derecho. Los resortes y amortiguadores del conjunto se ajustan a la frecuencia del sistema de manera que éste coincida con la velocidad del motor. Además ayudan a mantener la calibración del sistema sin que le afecte las condiciones ambientales.

Las lecturas tomadas en un plano de corrección son independientes a las mediciones tomadas en el otro plano de corrección. Es decir, el desequilibrio medido con el pivote derecho fijo se corrige en el plano izquierdo de corrección. En cambio, para corregir el desequilibrio en el plano de corrección derecho, se fija el pivote izquierdo.

- **Punto Nodal.** El punto nodal de balanceo se realiza con la separación de los planos de balanceo a través de un punto de vibración cero, tal como se muestra en la Figura. 1. 7.

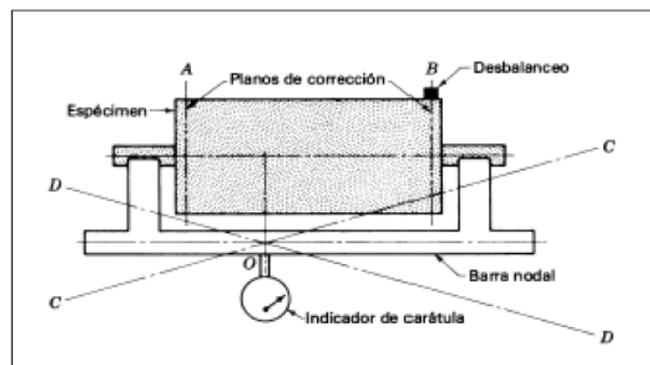


Figura. 1. 7. Punto nodal

El rotor a balancear se coloca sobre cojinetes sujetos a un soporte llamado barra nodal. Se supone que la pieza está equilibrada en uno de los planos de corrección (plano A) mientras que existe desequilibrio en el otro plano (plano B). Este desequilibrio produce la vibración del elemento, y la barra nodal oscila en el punto nulo (O), ocupando las posiciones CC y DD. Para localizar el punto nulo se utiliza un reloj comparador en la

barra nodal que determina el punto donde el movimiento es mínimo. Al colocar el reloj comparador en el punto nodal, éste puede determinar si la hipótesis inicial es verdadera o si existe un desbalanceo en el plano A. En caso de que existiera el desbalanceo, el reloj comparador determinará su magnitud. De la misma manera se puede encontrar el punto nodal para el plano B.

- **Compensación Mecánica.** Para la compensación mecánica, mientras un rotor gira, se introducen fuerzas equilibrantes en cada plano de corrección de un rotor, de manera que compensen las fuerzas que provocan la vibración del mismo. Cuando el rotor se detiene se mide la magnitud y ubicación de las fuerzas introducidas para obtener la corrección que se requiere. Para la compensación mecánica no afecta la velocidad a la que gire el rotor durante el balanceo porque el equipo estará calibrado para cualquier velocidad. El desequilibrio se mide en ambos planos de balanceo y la magnitud y ubicación se obtienen directamente.

En la Figura. 1. 8. se presenta uno de los planos de corrección con el desbalanceo a corregir ($\omega \cdot r$).

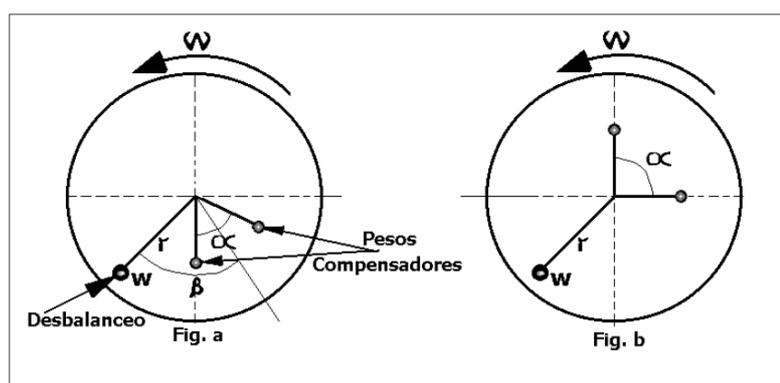


Figura. 1. 8. Compensación Mecánica

Los pesos compensadores y el desbalanceo deben girar a la misma velocidad angular ω , pero se puede variar la posición de los pesos compensadores en relación al peso no equilibrado, a través de dos controles:

- El **control de magnitud**, que varía el ángulo α entre los pesos compensadores y provee del resultado cuando se compensa el desbalanceo del rotor.
- El **control de ubicación**, varía el ángulo β , es decir la posición de los pesos compensadores con relación al desbalanceo. Cuando se equilibra el rotor en este plano, un indicador señala el desfase angular del desbalanceo.

1.4.3.3 Balanceo “In Situ”. Se realiza un balanceo “in situ” cuando se necesita equilibrar rotores de gran tamaño, de tal manera que no es posible llevarlos hasta la localización de la máquina balanceadora. Inclusive este tipo de balanceo se realiza en rotores de alta velocidad, los cuales necesitan volverse a balancear en el lugar de trabajo debido a deformaciones que se producen al transportar dichos elementos, o por condiciones ambientales a las que están expuestos.

1.4.4 Rotores Rígidos y Flexibles

1.4.4.1 Rotores flexibles. Son rotores que tienden a flexionarse a medida que se alcanza la velocidad de servicio, además de otros parámetros como temperatura y carga.

Es por esto que necesitan ser balanceados en varios planos, en condiciones similares a las de servicio, para evitar que se generen otras fuerzas dinámicas mientras alcanzan su velocidad de operación.

El balanceo de rotores flexibles debe realizarse en una máquina cuyos soportes tengan una rigidez similar a los pedestales de la máquina donde opera el rotor, lo que definitivamente excluye a las máquinas de apoyos flexibles para balanceo de rotores flexibles.

1.4.4.2 Rotores rígidos. Son aquellos rotores, que siendo balanceados en dos planos cualesquiera, no cambiarán su comportamiento dinámico con el incremento de velocidad, aún cuando se llegue a la velocidad máxima de operación.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LA BALANCEADORA ELECTRÓNICA TIRA K300

2.1 GENERALIDADES

La máquina balanceadora K300 con soporte horizontal determina cualquier desbalanceo de un rotor en uno o dos planos. Dicho desbalanceo se representa gráficamente con un sistema de medición específico (TIRA X9000), controlado por computador.

La balanceadora TIRA K300 especifica en su modelo las siguientes características:

K = Soportes rígidos

300 = El peso máximo (kg) de un rotor que se puede balancear

Debido a que es una máquina con soportes rígidos, es posible balancear rotores flexibles.

2.2 DATOS TÉCNICOS

En la Tabla. 2. 1. se presentan los datos técnicos de la Balanceadora TIRA K300.

Tabla. 2. 1. Datos técnicos de la Balanceadora TIRA K300

Peso del rotor:	3 – 300 Kg.
Diámetro máximo del rotor:	1000 mm.
Diámetro del eje:	15 – 120mm.
Drive:	Motor AC asíncrono de polos reversibles
Velocidad de balanceo:	invariable aprox. 325/650 rpm aprox. 875/1750 rpm 1750 rpm: 3 – 30 Kg. 650 rpm: 30 – 100 Kg. 325 rpm: 100 – 300 Kg.
Consumo de potencia:	aproximadamente 6 kVA 220V trifásico
Peso de la máquina:	aproximadamente 1250 Kg.
Dimensiones del armario de control: (ancho x profundidad x altura)	610mm. x 640mm. x 1700mm.
Dimensiones de la máquina: (ancho x profundidad x altura)	2500 mm. x 700 mm. x 950 mm.
Dimensiones de la plataforma adicional: (ancho x profundidad x altura)	1000 mm. x 700 mm. x 250 mm.
Requerimiento total de espacio: (ancho x profundidad)	5000 mm. x 2000 mm.

2.3 DISEÑO CONSTRUCTIVO

2.3.1 Componentes de la Balanceadora K300

Como se muestra en la Figura. 2. 1., la máquina balanceadora K300 tiene los siguientes componentes:

1. caja del motor
2. plataforma de la máquina
3. soportes removibles
4. armario de control, que contiene un computador, monitor y teclado
5. Plataforma adicional

La plataforma adicional puede ponerse junto a la plataforma principal o instalarse a una distancia dependiendo del cable de los soportes. De acuerdo a esto, los rotores con más de 1000 mm. también pueden ser balanceados.

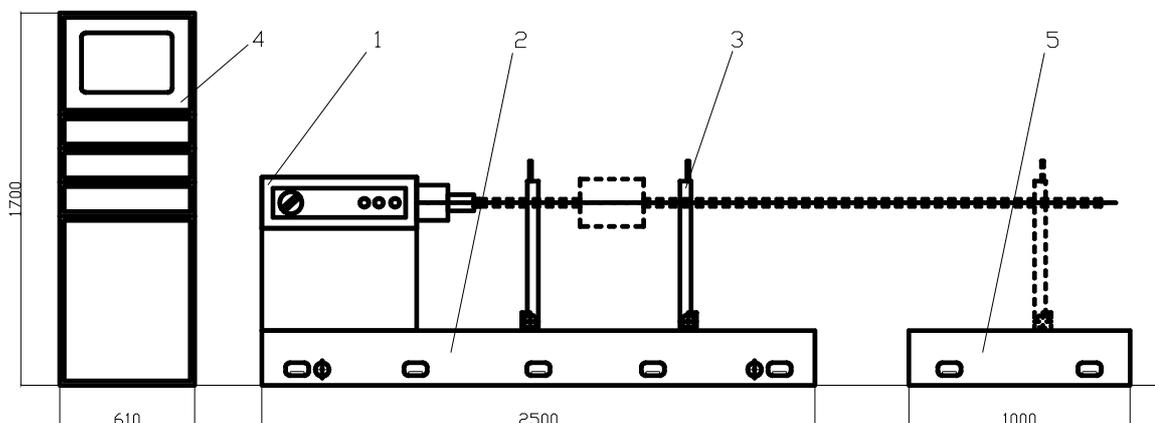


Figura. 2. 1. Componentes de la Balanceadora TIRA K300

2.3.2 Botones del panel de control en la caja del motor

En la parte frontal de la caja del motor hay varios dispositivos de control de alimentación de la Balanceadora K300 así como de las velocidades a las que el motor puede rotar. Como se muestra en la Figura. 2. 2., estos dispositivos son:

1. Interruptor de encendido / apagado de la Balanceadora K300
2. Pulsador de operación a velocidad 1 (n1)
3. Pulsador de operación a velocidad 2 (n2)
4. Pulsador de parada

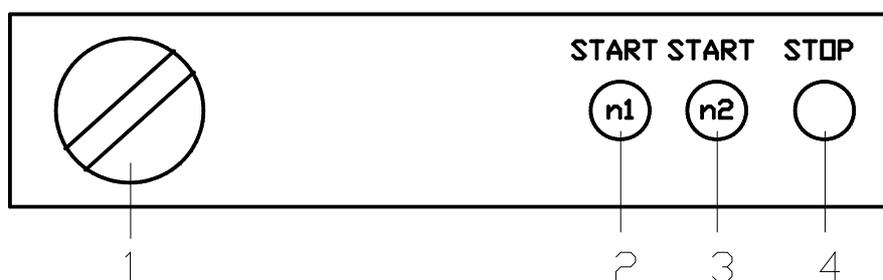


Figura. 2. 2. Botones del panel de control en la caja del motor

- 1. Interruptor de encendido / apagado.** Es el interruptor principal, cuando se lo ubica en la posición de ON se energizan todos los dispositivos electrónicos y eléctricos además del computador.
- 2. Pulsador de operación a velocidad 1.** Es el botón de encendido del motor a la menor velocidad.
- 3. Pulsador de operación a velocidad 2.** Es el botón de encendido del motor a la mayor velocidad.
- 4. Pulsador de parada.** Para detener cualquier movimiento del motor.

2.3.3 Fundición para la Balanceadora TIRA K300

La Balanceadora TIRA K300 debe instalarse de manera que quede fija, es por esto que se debe realizar la fundición de la misma, tal como se muestra en el diagrama de la Figura. 2. 3.

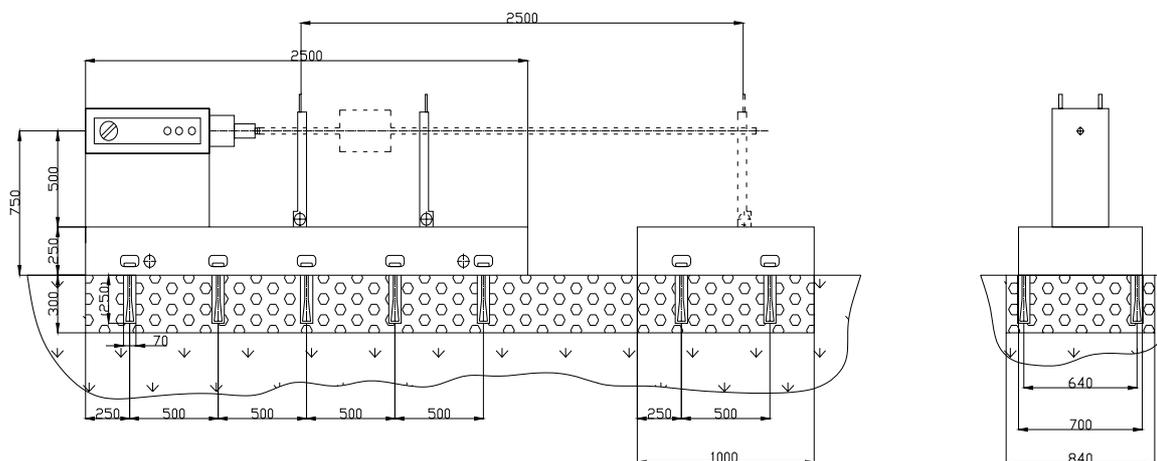


Figura. 2. 3. Fundición para la Balanceadora TIRA K300

2.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE LA BALANCEADORA TIRA K300

La Balanceadora TIRA K300 está conformada por un sistema eléctrico y electrónico, cuya función principal es controlar el motor de la balanceadora y realizar el intercambio de datos para que el programa sea capaz de determinar la magnitud y ubicación del desbalanceo del rotor de prueba.

2.4.1 Elementos de Protección

Los elementos de protección se utilizan para evitar que cortocircuitos y sobrecargas alteren o eliminen completamente el funcionamiento de una máquina eléctrica.

2.4.1.1 Fusibles. Un fusible es un aparato de maniobra cuya función principal es proteger contra cortocircuitos al desconectar automáticamente un circuito eléctrico cuando la corriente que fluye por éste rebasa un determinado valor.

La clasificación según su uso está dada por dos letras⁽⁴⁾, de acuerdo con la Norma IEC 60269-1, la primera minúscula y la segunda mayúscula.

La primera letra indica:

g: fusible limitador de corriente, actúa tanto en presencia de corrientes de cortocircuito como en sobrecarga.

a: fusible limitador de corriente, actúa solamente en presencia de corrientes de cortocircuito. No actúa en situaciones de sobrecarga (no es provisto del punto M de fusión).

La segunda letra indica:

G: fusible para protección de circuitos de uso general.

L: fusible para protección específica de líneas.

M: fusible para protección específica de circuitos de motores.

⁴ es.wikipedia.org/wiki/Fusible

R: fusible de actuación rápida o ultra-rápida para protección de circuitos con semiconductores de potencia.

Para la Balanceadora K300 se utilizan fusibles del tipo gR y gL.

- **Características Técnicas.** Se utilizan fusibles de diferente intensidad nominal y diferente tipo de encapsulado, como los que se presentan en la Figura. 2. 4., de acuerdo a la ubicación y los dispositivos que protegen en el circuito eléctrico.

1. Para el arrancador

Tipo: gR

Intensidad nominal: 35A

Voltaje: 660VAC

2. Para el freno

Tipo: gL

Intensidad nominal: 25A

Voltaje: 500VAC

3. Para el circuito de control

Tipo: gL

Intensidad nominal: 10A

Voltaje: 230VAC

4. Para los tomacorrientes polarizados

Tipo: gL

Intensidad nominal: 6A

Voltaje: 230V



Figura. 2. 4. Tipos de encapsulado de fusibles

2.4.1.2 Relé Térmico. Un relé térmico es un elemento de protección contra sobrecargas, el cual actúa bajo el efecto del calor, deformando placas bimetálicas para realizar la apertura automática de contactos auxiliares que corten la energía del circuito cuando se alcanza el calentamiento límite. El tiempo de desconexión depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias ⁽⁵⁾.

El relé térmico de la Balanceadora K300 es **Siemens 3UA52 00-2C**. La vista frontal y la placa de este relé térmico se indican en la Figura. 2. 5. y Figura. 2. 6.

- **Características Físicas**

Protección de falla de fase

Botón de RESET (azul)

Compensación de la temperatura ambiente

Botón TEST (rojo)

Terminal para bobina del contactor

Rango de Temperatura: -25°C – 55 °C

Contactos auxiliares: 1 NO y 1 NC

- **Características Técnicas**

Voltaje nominal: 220VAC

Corriente: Hasta 25 A

Voltaje de aislamiento U_i : 690V

Voltaje mínimo U_{imp} : 6 V

Sección del conductor

- Sólido o multifilar: de 2.5 – 6 mm²

Pérdida de potencia por polo:

- Mínima: 0.9 W
- Máxima: 2.25 W

⁵ MOLINA, Jorge, *Apuntes de Control Industrial*, Tercera edición, Quito

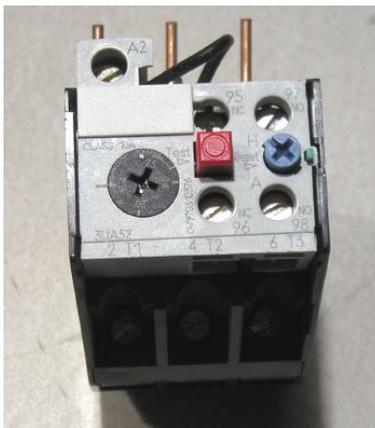


Figura. 2. 5. Vista frontal del relé térmico Siemens 3UA52 00-2C



Figura. 2. 6. Placa de características técnicas del relé térmico

2.4.2 Arrancador MINISTART 5.5B

Un arrancador es un dispositivo eléctrico que limita la corriente de arranque del motor, evitando sobrecargas y llevándolo hasta su velocidad nominal.

El arrancador MINISTART 5.5B tiene además la posibilidad de frenado, incluyendo un freno en el circuito ⁽⁶⁾. El MINISTART 5.5 B se presenta en la Figura. 2. 7.

⁶ www.peter-electronic.de



Figura. 2. 7. MINISTART 5.5B

- **Características Físicas**

Tres fases controladas para arranque/freno suave

Diseño de terminales ideal para conexión del mecanismo de control

Para montaje en una riel DIN 35mm

Relé de “bypass” integrado para conexión directa entre fases y el motor

Varias funciones de monitoreo

Estructura de revestimiento metálica

No requiere conductor de neutro (N)

Soporta voltajes por sobre 600V

Reducción de picos de corriente

- **Funciones**

Arranque suave – freno suave

Cuatro parámetros ajustables: torque de inicio, tiempo de aceleración, tiempo de desaceleración, torque suave de parada.

Control de voltaje 10VDC a 30 VDC para arranque y freno suave

Salida de potencial para indicación de falla

Salida de potencial para estado de operación – 250V/8A

Monitoreo de temperatura

- **Diagrama de Bloques.** En la Figura. 2. 8. se muestra el diagrama de bloques del arrancador MINISTART 5.5B, en el cual se especifican las

entradas y salidas de potencia y de control, necesarias para hacer funcionar al motor con seguridad.

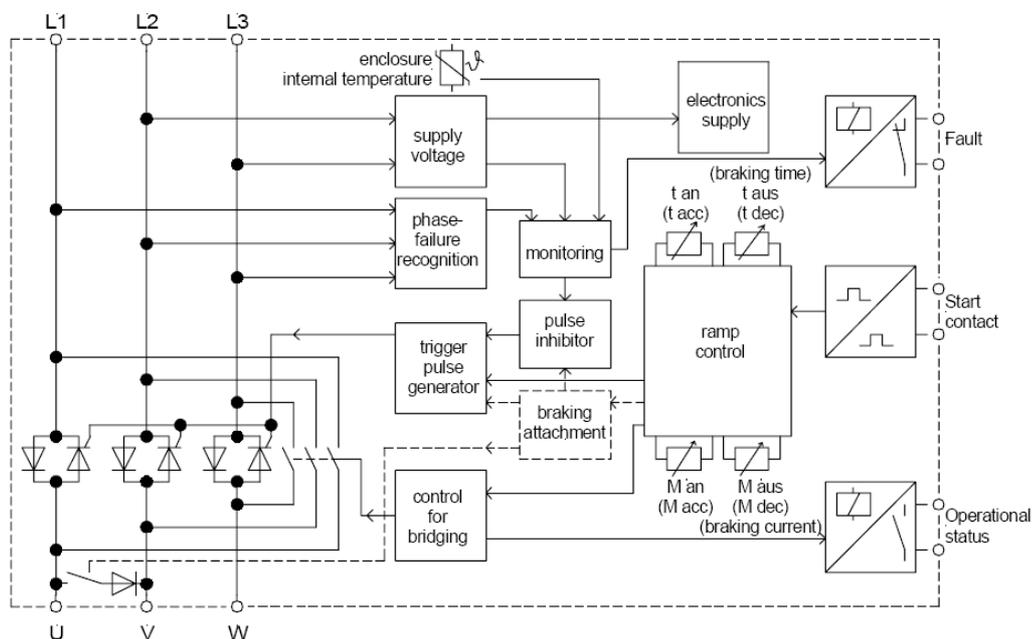


Figura. 2. 8. Diagrama de bloques del arrancador MINISTART 5.5B

- **Detalle de terminales de entrada/salida**

Unidad de potencia

- Terminal 1: Línea 1
- Terminal 2: Línea 2
- Terminal 3: Línea 3
- Terminal U: Terminal del motor U1
- Terminal V: Terminal del motor V1
- Terminal W: Terminal del motor W1

Unidad de Control

- Terminal 1: Fase L
- Terminal 2: Sin conexión
- Terminal 3: Neutro N
- Terminal 4: Sin conexión
- Terminal 5: GND (Tierra)

Terminal 6: Entrada – voltaje de control DC
Terminal 7: Entrada – voltaje DC +10-30V/15mA
Terminal 8: Salida 24VDC/10mA
Terminal 9: Salida de relé – Motor energizado
Terminal 10: Salida de relé – Motor energizado
Terminal 11: Salida de relé – Falla
Terminal 12: Salida de relé – Falla

- **Funcionamiento.** El arrancador MINISTART 5.5B actúa sobre las tres líneas de alimentación del motor. El ángulo de desfase del tiristor incluido en cada fase permite controlar la corriente que fluye desde valores pequeños en forma creciente. Durante el tiempo de aceleración ajustado, el torque del motor se incrementa desde el valor ajustado hasta el que se deba alcanzar. Después del tiempo de aceleración, los tiristores se intercambian por relés, permitiendo así una conexión directa entre las fases y el motor.

- **Características Técnicas**

Voltaje de motor (DIN EN 50160): 400V +/- 15%

Frecuencia: 50/60 Hz

Corriente nominal del dispositivo: 12A

Fusible de protección: 35A de alta velocidad

Potencia (a 230V): 3.5KW

Carga mínima del motor: 10% de la potencia del motor 0.55KW

Torque de inicio: 0-80%

Tiempo de aceleración: 1-20s

Torque de parada suave: 20-80%

Tiempo de desaceleración: 0-20s

Tiempo de Reset: 200ms

Temperatura ambiente: 0-45°C

Temperatura de almacenamiento: -25°C – 75°C

Peso: 1,35 Kg

- **Aplicaciones Típicas.** El MINISTART 5.5B tiene aplicación en diversas máquinas, entre las cuales están bombas, ventiladores, grúas, mecanismos rotatorios, cintas transportadoras, lavadoras, secadoras, máquinas de trabajo en madera, etc.

2.4.3 Freno BR220-20

El freno de la serie BR220-20 actúa, junto con el arrancador MINISTART 5.5B, para realizar un frenado suave del motor (⁷).

Actualmente, este modelo de freno ya no se comercializa, en su lugar está el BR230-20, que posee las mismas características y funciones.

- **Características Generales**

Compatible con cualquier tipo de motor asíncrono

Soporta voltajes mayores a 600V para dispositivos de 20A y voltajes mayores a 690V para dispositivos de 40A

Fácil instalación, para montaje sobre una riel DIN 35mm

Leds indicadores de acción/falla del dispositivo

- **Funciones**

Frenado por DC

Dos parámetros ajustables: corriente de frenado y tiempo de frenado

- **Características Técnicas**

Voltaje nominal: 220V/240V +/-10V

Frecuencia: 50/60Hz

Corriente: 20A

Fusible de protección: 20A de alta velocidad

Rango de voltaje en frenado: 0-130VDC en 220/240VAC

Rango de tiempo de frenado: 2-14 s.

Temperatura de operación: 0-45°C

⁷ www.peter-electronic.de

Temperatura de almacenamiento: $-25^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$

Número de parte (fabricante): 21600-22020

- **Diagrama de Bloques.** En la Figura. 2. 9. se presenta el diagrama de bloques del Freno BR230-20. Se distinguen las entradas y salidas de potencia además de las señales que se necesitan para que realice su función de frenado.

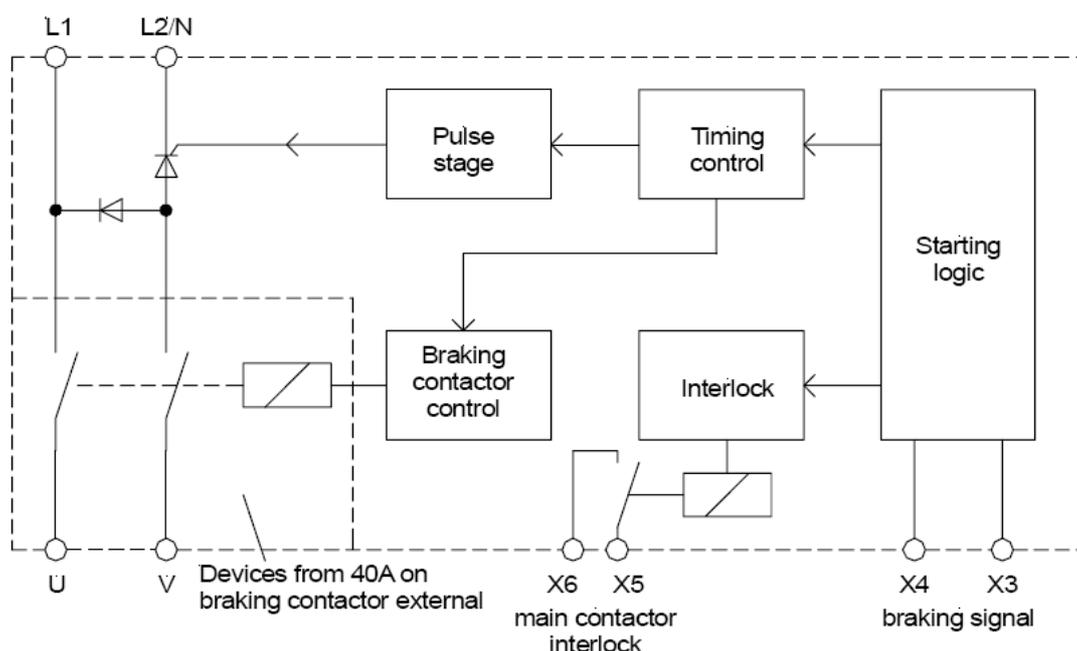


Figura. 2. 9. Diagrama de Bloques del Freno BR230-20

- **Funcionamiento.** Luego de energizar el circuito, el contacto entre X5 y X6 se cierra y el motor trabaja. El freno actúa cuando se cierra el contacto de la señal de freno (X3, X4). Durante el frenado, el contactor principal se enclava con el contacto X5-X6. Después del tiempo de retraso en que el voltaje remanente de motor decae a un valor suficiente para los semiconductores, el contactor de freno se activa. Después se aplica un voltaje DC ajustable al bobinado del motor. El campo magnético resultante permite que el rotor se detenga. El voltaje DC se genera por un tiristor de control de fase. Con el potenciómetro "I" se ajusta el torque de

freno. Con el potenciómetro “t” se ajusta el tiempo de frenado entre 2 a 14 segundos. Cuando expira el tiempo, el voltaje de freno termina y el contactor de freno vuelve a su posición original y se cierra el contacto X5-X6 con lo que el motor recobra su marcha.

- **Aplicaciones.** Las aplicaciones más comunes donde el freno es utilizado son sierras eléctricas, máquinas centrífugas, máquinas para trabajo en madera, máquinas textileras, etc.

2.4.4 Contactor

El contactor (⁸) es un dispositivo que se encarga de interrumpir la corriente en un circuito eléctrico y funciona a través de un mando a distancia, éste se muestra en la Figura. 2. 10.

El contactor utilizado es un contactor electromagnético, el cual se acciona por un electroimán.

Las partes de un contactor electromagnético son:

- **Contactos principales.-** Actúan directamente sobre la carga que van a activar, generalmente sobre el motor. Se identifican por números de una sola cifra (1-2, 3-4, 5-6). El número de contactos principales determina si el contactor es unipolar o tripolar. Son normalmente abiertos (NO).
- **Contactos auxiliares.-** Actúan sobre el circuito de mando. Pueden ser normalmente abiertos (NO) o normalmente cerrados (NC). Están diseñados para trabajar con voltaje igual al de los contactos principales, pero soportan una corriente de entre 3 y 10A. Se identifican con números de dos cifras, siendo para los NC 21-22, 31-32 y para los NO 13-14, 43-44.

⁸ MOLINA, Jorge, *Apuntes de Control Industrial*, Tercera edición, Quito

- **Electroimán.-** Se encarga de accionar las piezas móviles de los contactos. Consta de un circuito que permite cambiar la energía eléctrica en magnetismo para mover elementos mecánicos. Este circuito consta de los siguientes elementos:
 - o **Bobina.** Elemento que produce una fuerza de atracción cuando le atraviesa una corriente eléctrica. Su tensión de alimentación más común es 220V. Se identifica con A1 y A2.
 - o **Armadura.** Desplaza los contactos principales y auxiliares por la acción de la bobina.
 - o **Núcleo.** Parte fija por la que se cierra el flujo magnético producido por la bobina.
 - o **Resorte.** Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa la fuerza de atracción.

Cuando una corriente circula a través de la bobina y la excita, mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, cambiándolos de estado y estableciendo la conexión de la carga con el circuito eléctrico. Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

El contactor utilizado en la Balanceadora K300 es **Siemens 3TF-3300-0A**.

- **Características Técnicas**

Número de polos: 3

Accionamiento: electromagnético

Voltaje nominal (Ve): 220/230VAC

Frecuencia: 60Hz

Potencia nominal: 7.5HP 5.7KW
Voltaje de aislamiento (Ui): 600 V
Voltaje nominal de la bobina: 220VAC 60Hz
Número de contactos auxiliares: 2 NO y 2 NC (3TX-4010-2A)
Corriente de contactos auxiliares: 6A
Categoría de servicio: AC3 para motores con rotor en cortocircuito.



Figura. 2. 10. Contactor Siemens 3TF-3300-0A

2.4.5 Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, siendo generalmente la rotación de un eje (⁹). Hay dos tipos de motores eléctricos: motores monofásicos y trifásicos. Los motores trifásicos son los más utilizados por su eficiencia y su facilidad de mantenimiento. La Figura. 2. 11. presenta un motor AC asíncrono.

El motor eléctrico consta de dos partes:

- **Rotor.** Es la parte rotatoria del motor. Está formado por barras de cobre o aluminio, unidas entre sí por anillos.

- **Estator.** Es la parte fija del motor y está formada por:
 - o **Carcasa.** Es el soporte del núcleo magnético, hecha con hierro fundido o acero laminado.

⁹ MOLINA, Jorge, *Apuntes de Control Industrial*, Tercera edición, Quito

- **Núcleo Magnético.** Compuesto de láminas ferromagnéticas aisladas por barnices.
 - **Bobinado estático.** Son las bobinas que producen el campo magnético, se encuentran en las ranuras de núcleo.
 - **Bornera.** Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcasa, que sirve para conectar el motor al circuito eléctrico. Se identifican con U1, V1, W1, U2, V2 y W2.
- **Características Técnicas**
 - Tipo de motor: motor AC asíncrono de polos reversibles
 - Tamaño del armazón: 213T según norma NEMA
 - Montaje: Horizontal
 - Número de fases: 3
 - Potencia: 3.6KW
 - Frecuencia: 60Hz
 - Velocidad nominal: 3600 rpm
 - Voltaje nominal: 220V
 - Corriente nominal: 25A
 - Aumento permisible de temperatura sobre el ambiente: < 33°C
 - Factor de servicio: 1 (motores de uso general)



Figura. 2. 11. Motor AC asíncrono

2.4.6 Sensores

Los sensores utilizados en la Balanceadora K300 son llamados piezo-sensores o sensores piezoeléctricos (¹⁰).

Los sensores piezoeléctricos son los más versátiles para las aplicaciones en cualquier industria. Fue en 1950 que los sensores piezoeléctricos comenzaron a formar parte de las aplicaciones industriales. Desde entonces, este principio de medida ha tenido un crecimiento constante y es uno de los de mayor confiabilidad. Entre sus características principales están que su frecuencia natural es sumamente alta y su linealidad es excelente en gran rango. Además, la tecnología piezoeléctrica es insensible a los campos electromagnéticos y radiación.

De estos sensores el que se utiliza es un sensor de fuerza, que es un dispositivo que mide la tensión en un solo eje y se muestra en la Figura. 2. 12.



Figura. 2. 12. Sensor de fuerza

- **Características Técnicas**

Voltaje de operación: 24VDC

Rango de medición de fuerza: 150nN - 3.3KN

¹⁰ www.piezocryst.com/piezoelectric_sensors.php#quartz

2.4.7 Tarjeta Electrónica

Como se muestra en la Figura. 2. 13., la tarjeta electrónica de la Balanceadora TIRA K300 comprende varios dispositivos eléctricos y electrónicos que sirven para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos de control y de potencia, de manera que exista interacción entre el programa TIRA X9000 y los sistemas eléctrico y electrónico. El voltaje utilizado para esta tarjeta es 24VDC.

Los elementos que se incluyen en la tarjeta electrónica son:

- Diodos 1N4001. utilizados para protección de las bobinas de los relés.
- Relés K1 y K3: El relé K1 controla el arranque y la lectura de datos y el relé K3 controla el freno.

Además de la tarjeta electrónica, también forma parte del sistema electrónico de la Balanceadora TIRA K300 un relé denominado K2, el cual también influye en el control del arranque y freno del motor.

- **Características Técnicas**

Voltaje de salida: 24VDC

Corriente: 6A

Número de contactos

K1: 2NO y 2NC

K2: 2NO y 2NC

K3: 1NO y 1NC

Conector DB-25

Borneras de conexión

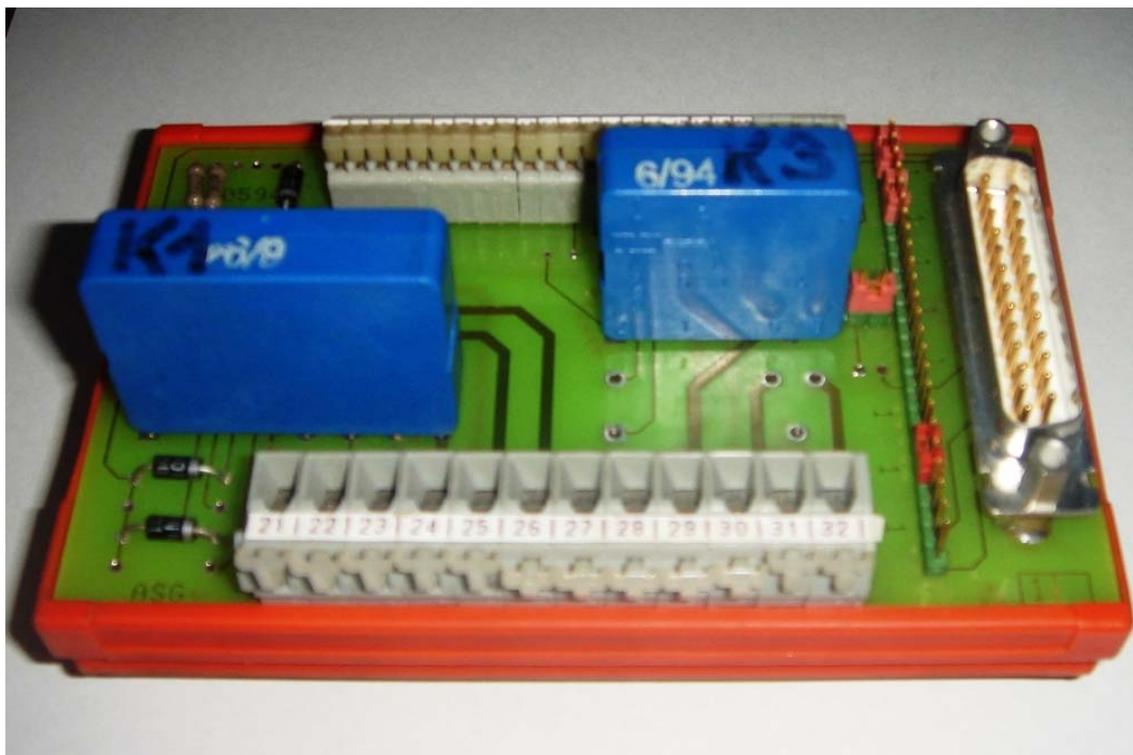


Figura. 2. 13. Tarjeta electrónica de la Balanceadora TIRA K300

2.5 ESQUEMAS ELÉCTRICOS Y DETALLE DE LOS DIAGRAMAS DE CONEXIONES DE LA BALANCEADORA TIRA K300

Un esquema eléctrico es una representación simbólica de una red eléctrica o parte de ésta, en la que se indican las relaciones existentes entre componentes.

Para lograr una buena comprensión del funcionamiento de la Balanceadora TIRA K300 se han realizado los siguientes esquemas eléctricos:

2.5.1 Diagrama de Potencia

Es el diagrama eléctrico en el que están representados todos los dispositivos eléctricos que componen el sistema de potencia de la Balanceadora y se muestra en la Figura. 2. 14.

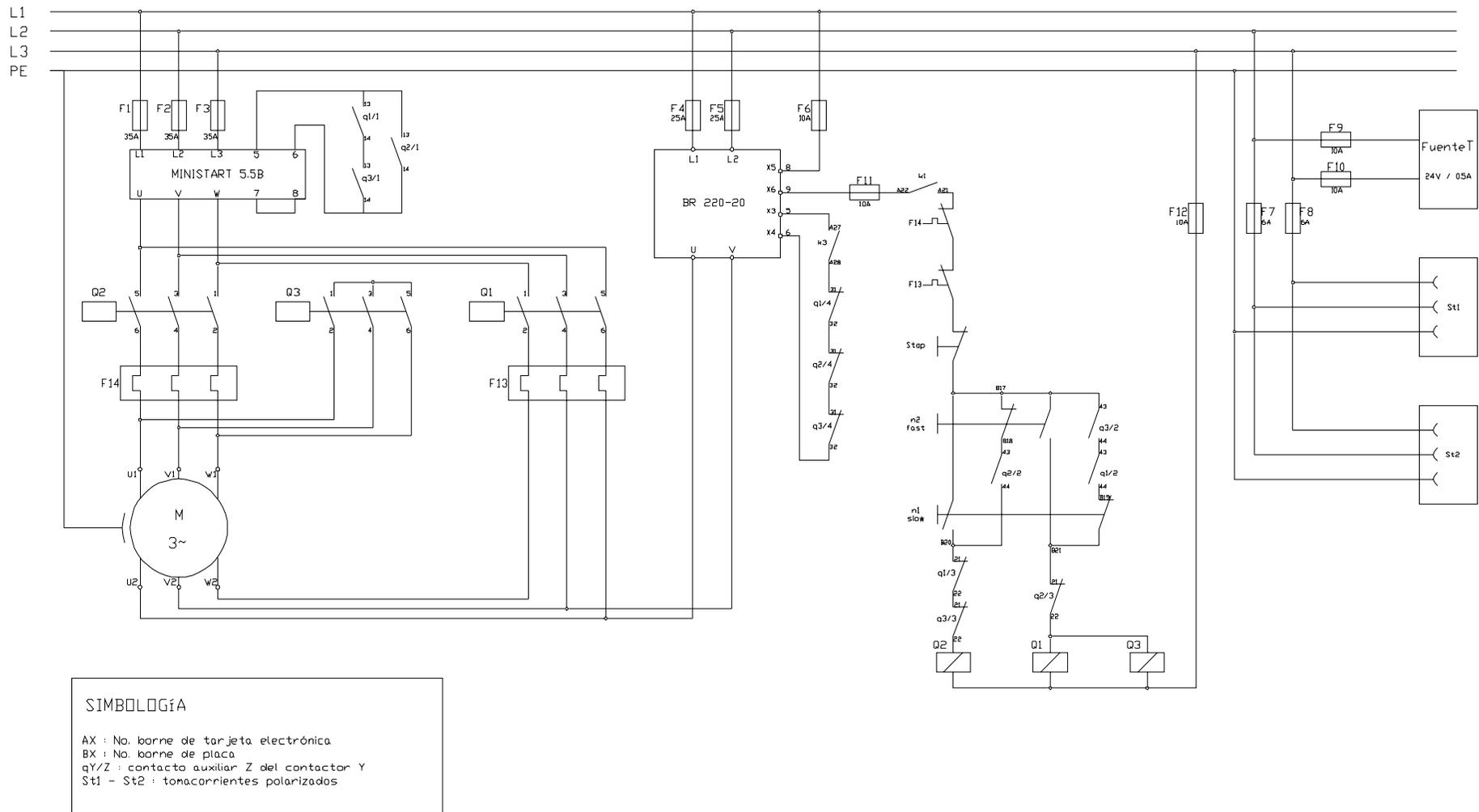


Figura. 2. 14. Diagrama de Potencia de la Balanceadora TIRA K300

Se puede apreciar las conexiones existentes entre el motor trifásico y el arrancador MINISTART 5.5B, además de las conexiones del motor con el freno y la relación de los pulsadores de velocidades n1 y n2 con la activación de los contactores para la iniciación del trabajo.

En este diagrama hay varios detalles que se deben tener en cuenta:

- Para la representación de los contactos auxiliares de los contactores se ha dispuesto la identificación de la siguiente manera:

q Y / Z

en donde:

q significa que pertenece a un contactor

Y es el número del contactor al que pertenece el contacto auxiliar

Z es el número de contacto auxiliar del contactor

- Específicamente en la sección de control que está relacionada a un terminal del freno, existe la siguiente simbología:

AX: que significa el borne de la tarjeta electrónica al que está conectado un punto de la red.

BX: que significa el borne de la placa de la máquina al que está conectado un punto de la red.

2.5.2 Diagrama de Control

Es el diagrama en el que se representan las conexiones de los dispositivos electrónicos de la Balanceadora, es decir las conexiones principales de la tarjeta electrónica y su relación con los pulsadores de velocidad y de parada; se muestra en la Figura. 2. 15.

En este diagrama también se toma en cuenta la simbología de bornes, se especifican los pines del conector DB-25 (de puerto paralelo) que definen controles de inicio y de parada del trabajo y que permiten la interrelación entre el programa TIRA X9000 y la sección de potencia de la Balanceadora.

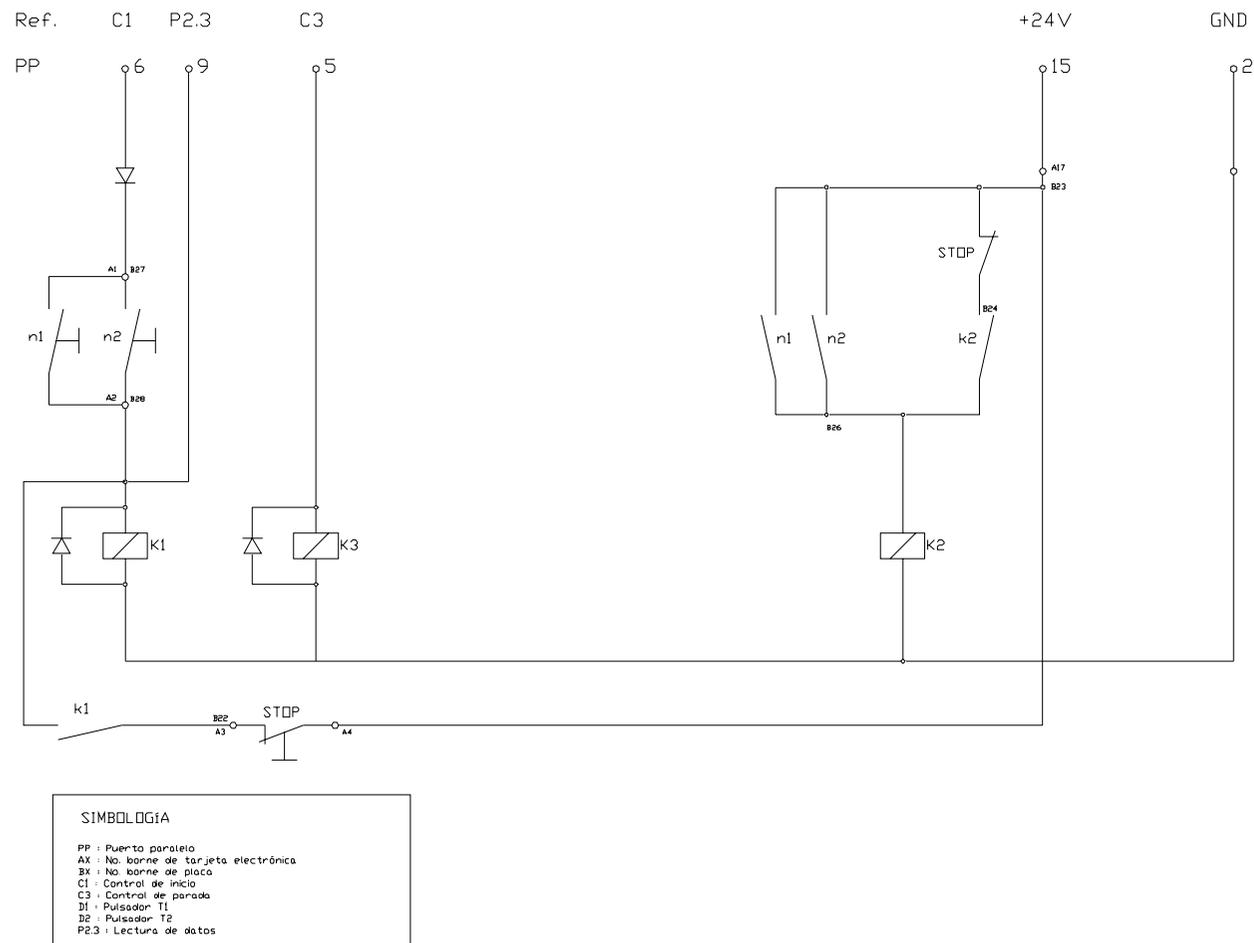


Figura. 2. 15. Diagrama de Control de la Balanceadora TIRA K300

2.5.3 Diagrama de Sensor

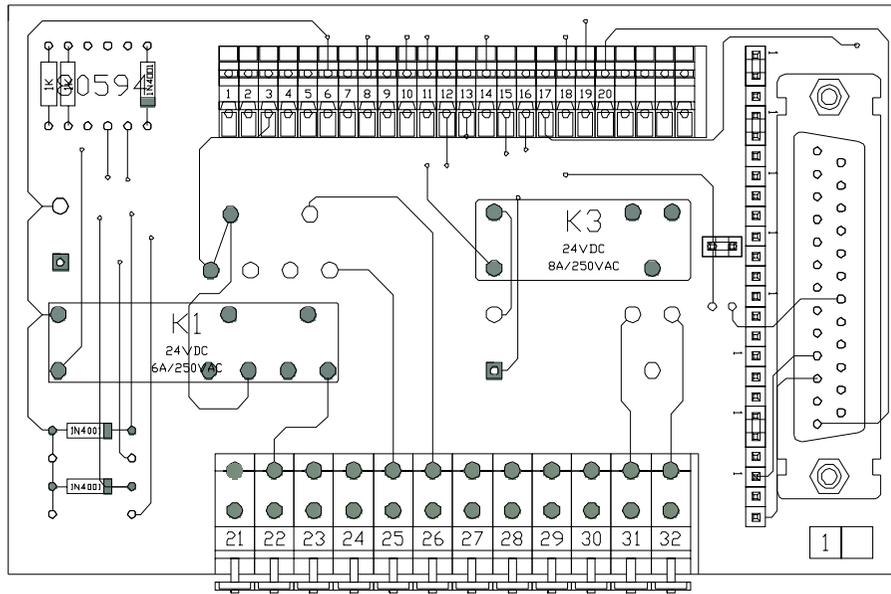
Es el diagrama que representa el sensor y su relación con el resto del sistema a través de un conector DB-9. Son dos sensores, derecho e izquierdo, que se conectan al computador de la Balanceadora TIRA K300 tal como lo muestra la Figura. 2. 16.



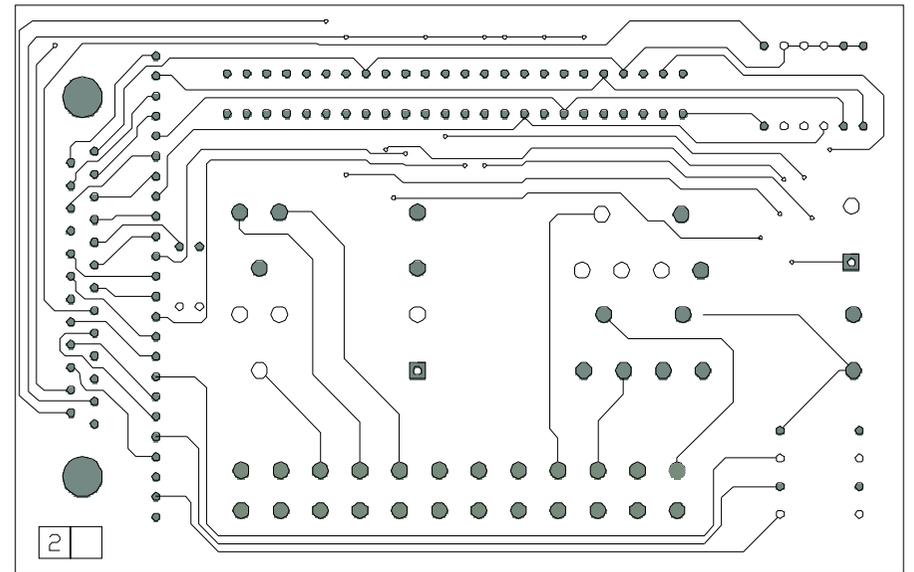
Figura. 2. 16. Diagrama de sensores de fuerza

2.5.4 Tarjeta Electrónica

Es el diagrama de representación física de la tarjeta electrónica en la que se encuentran el plano anterior y el plano posterior, tal como se muestra en la Figura. 2. 17.



vista anterior



vista posterior

Figura. 2. 17. Tarjeta electrónica

CAPÍTULO 3

PROGRAMA DE LA BALANCEADORA TIRA K300 - TIRA X 9000

3.1 CARACTERÍSTICAS

- Trabaja bajo el Sistema Operativo DOS 6.22.
- Eficaz para trabajar con balanceo en uno o dos planos.
- De fácil operación.
- Alta precisión en corto tiempo de balanceo.
- Ciclo de medición automático con monitoreo integral de rpm.
- Tiempo de medición óptimo de acuerdo a la precisión de balanceo requerida.

3.2 SOFTWARE TIRA X 9000

El software TIRA X 9000 ⁽¹¹⁾ ayuda a la eficiencia del balanceo de la máquina K300 puesto que a través de éste es posible detectar fácilmente la ubicación del desbalanceo para su reparación.

Se puede representar la operación del software TIRA X9000 con el diagrama de flujo de la Figura. 3. 1.:

¹¹ TIRA MASCHINENBAU GMBH RAUENSTEIN, *Computer measuring unit TIRA X9000*

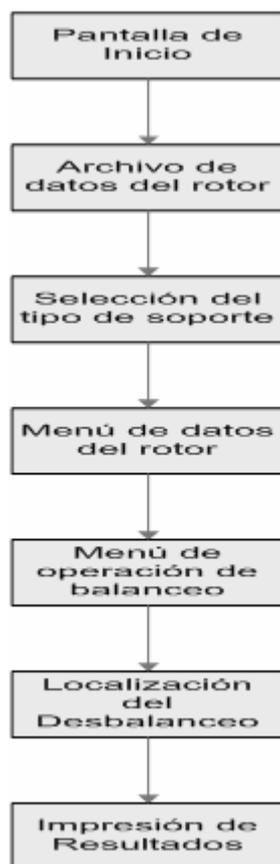


Figura. 3. 1. Diagrama de flujo del programa TIRA X9000

El programa TIRA X9000 está dividido en dos partes:

- **Programa Básico.** Determina los pasos necesarios para determinar el desbalanceo de cualquier máquina rotatoria.
 - Archivo de datos del rotor
 - Selección del tipo de soporte
 - Menú de datos del rotor
 - Menú de operación de balanceo
 - Localización de desbalanceo
 - Textos de ayuda
- **Programas especiales**
 - Ajuste del sensor

- Programas de impresión
 - Normal
 - Estadísticas
- Programas de compensación de excentricidad del eje
- Programas de vista en pantalla
 - Cantidad de desbalanceo
 - Programa de extensión de huecos
 - Sector invariante en pantalla
 - Componentes de pantalla
 - Programas personalizados
- Selección del resultado de medición – gráfico de valor versus tiempo de medición
- Programas de calibración
- Programas de corrección de peso

3.2.1 Pantalla de inicio

Como se muestra en la Figura. 3. 2., la pantalla de inicio presenta el logo de la compañía y el tipo de máquina balanceadora. En la sección inferior contiene un menú, a través del cual se puede ingresar al programa básico TIRA X9000.

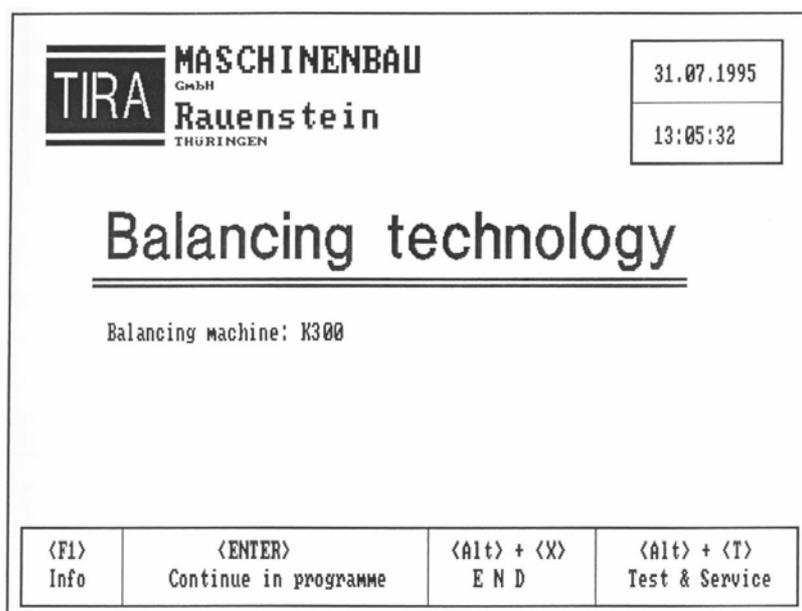


Figura. 3. 2. Pantalla Principal TIRA X9000

3.2.2 Programa Básico

3.2.2.1 Archivo de datos del rotor. Se puede ingresar más de 500 rotores diferentes en el archivo de almacenamiento de datos del rotor.

Cuando se inicia por primera vez la máquina aparecen tres clases de rotor en el archivo de datos del rotor, el que se muestra en la Figura. 3. 3. Estos son “calibration rotor” (rotor de calibración), “fictitious rotor” (rotor ficticio) y “new rotor” (nuevo rotor).

Cualquier alteración en este menú afectan únicamente al rotor activo. Si los datos están completos se puede ingresar directamente al menú de balanceo para realizar los cálculos de desbalanceo respectivos.

Los códigos en la columna “Ident” tienen el siguiente significado:

- M** La calibración de la máquina es válida para este rotor
- R** El rotor ha sido calibrado específicamente
- S** Se ha compensado la excentricidad del eje
- P** Se ha compensado los apoyos del rotor

TIRA Maschinenbau GmbH		ROTOR DATABASE		05.11.1993	
Cons.nu.	Rotor - name	Ident	Drawing-no.	Date	
1	Calibration rotor			10.10.93	
2	Fictitious rotor			23.10.93	
3	belt pulley 1	M S	123/7	01.11.93	
4	rotor	R S P	1-2-3-4-5	02.11.93	
5	belt pulley 2	R S	25/6	03.11.93	
6	New rotor				

<F1> Help	Cursor Rotor selection	<ALT>+<E> Delete data	<F2> Balancing	<Enter> Rotor input	<ALT>+<S> Statistics
--------------	---------------------------	--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------------

Figura. 3. 3. Archivo de datos del rotor

3.2.2.2 Selección del tipo de soporte. En esta pantalla, que se muestra en la Figura. 3. 4., se selecciona el tipo apropiado de soporte sobre el cual el rotor a balancear está instalado y se ingresa a la pantalla de menú de datos del rotor.

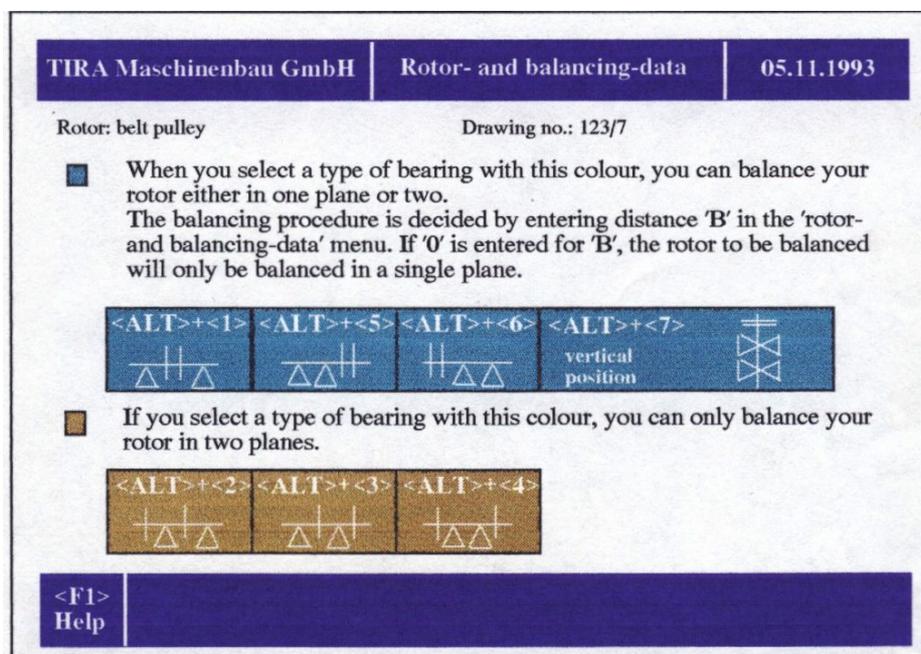


Figura. 3. 4. Selección del tipo de soporte

3.2.2.3 Menú de datos del rotor. Como se muestra en la Figura. 3. 5., en la mitad superior de la pantalla el rotor seleccionado se presenta simbólicamente en verde. Este incluye:

- Soporte: 2 triángulos azules,
- Lugar de compensación de desbalanceo: 2 cuadrados rojos,
- Cálculos.

La pantalla de entradas aparece en la mitad inferior de la pantalla. Los parámetros indicados en el sector izquierdo deben ingresarse, mientras que los del lado derecho son opcionales.

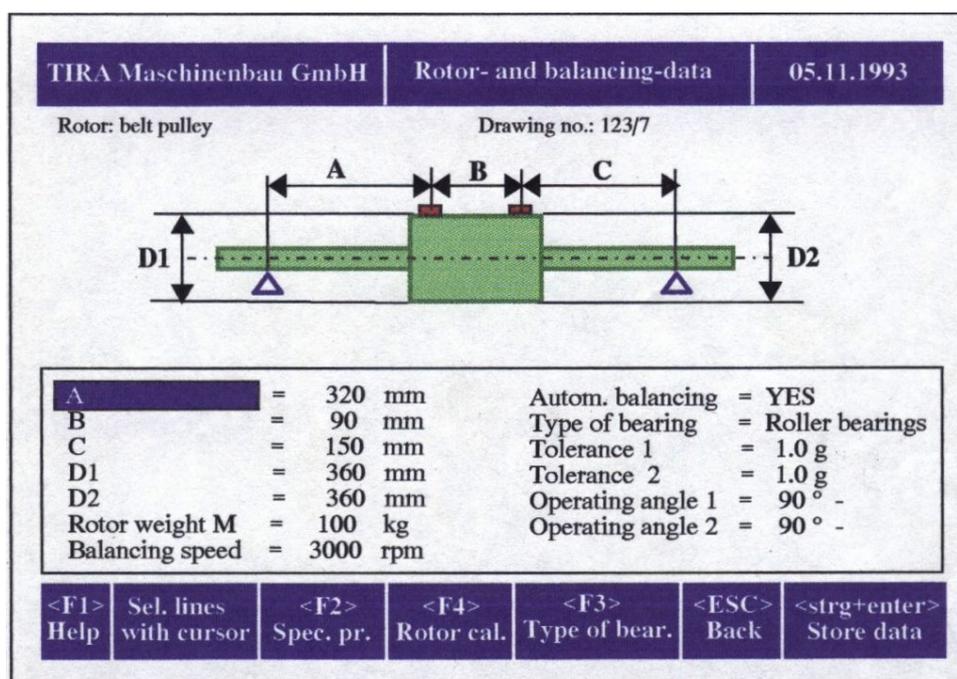


Figura. 3. 5. Menú de datos del rotor

A continuación se explica la simbología de los datos del rotor que se deben incluir:

- A** Identifica la distancia entre el plano de balanceo izquierdo de la balanceadora y el plano de balanceo izquierdo del rotor. El número ingresado debe tener máximo 4 dígitos en mm. incluido el punto decimal.
- B** Identifica la distancia entre los planos de balanceo izquierdo y derecho del rotor. El número ingresado debe tener máximo 4 dígitos en mm. incluido el punto decimal.
- C** Identifica la distancia entre el plano de balanceo derecho de la balanceadora y el plano de balanceo derecho del rotor. El número ingresado debe tener máximo 4 dígitos en mm. incluido el punto decimal.

D1-D2	Identifica el diámetro con el que se corrige el desbalanceo en los dos lados del rotor. El número ingresado debe tener máximo 4 dígitos en mm. incluido el punto decimal.
Peso del rotor	Se debe ingresar este dato con un error menor al 10% del valor original. El número ingresado debe tener máximo 4 dígitos en Kg. incluido el punto decimal.
Velocidad del rotor	Este parámetro debe se ingresado con cuidado porque de éste depende la precisión y operación del sistema de medición. El número ingresado debe tener máximo 4 dígitos en rpm incluido el punto decimal.
Tipo de soporte	Hay tres tipos de soportes: soportes de prisma, soportes de rodillo y soportes propios. Por defecto la selección es “roller bearings” (soportes de rodillo).
Tolerancia 1-2	Este parámetro es opcional, mientras la balanceadora trabaja, la tolerancia permitida se presenta como un círculo verde oscuro en el radio de cantidad de desbalanceo.
Ángulo de operación 1-2	El valor de este parámetro se ingresa con ENTER y dependiendo si se quiere quitar o aumentar peso se selecciona con la barra espaciadora “+” (para aumentar) o “-” (para quitar peso).

3.2.2.4 Menú de operación. Como se muestra en la Figura. 3. 6., la pantalla del menú de operación presenta gráficamente el desbalanceo en coordenadas polares en tiempo real con la ubicación de un punto rojo en el sistema de coordenadas.

Cuando se ingresan las tolerancias de balanceo en los datos del rotor, se presenta un círculo verde de tolerancia en el centro del sistema de coordenadas. El radio de la distancia del punto rojo de la mitad del círculo al radio del círculo de tolerancia representa el radio de reducción de desbalanceo requerido.

También en este menú se puede revisar la velocidad actual de balanceo.

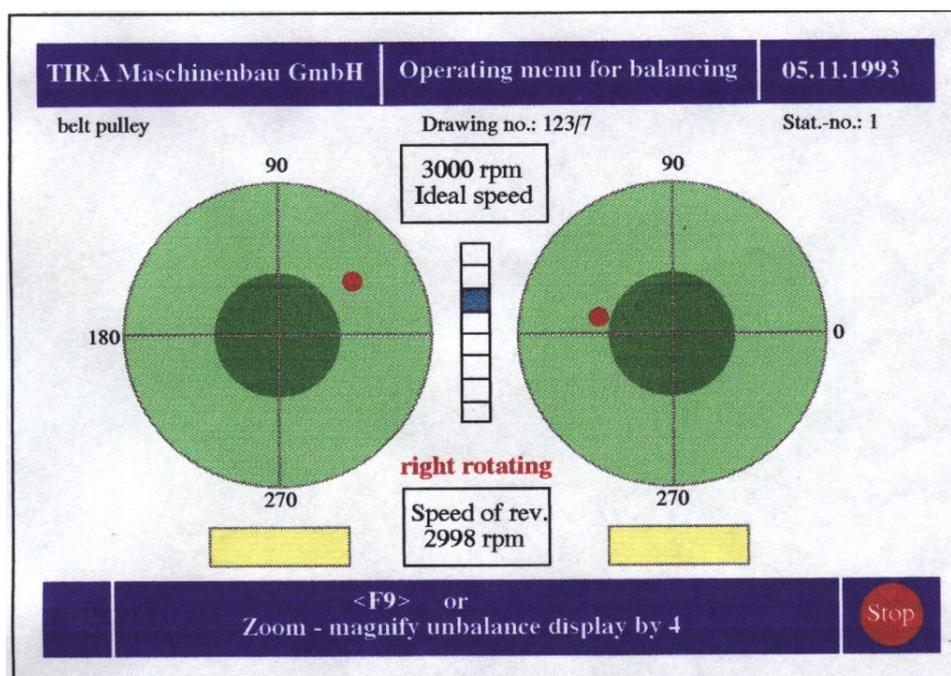


Figura. 3. 6. Menú de operación

3.2.2.5 Localización de desbalanceo. Después que la medición de desbalanceo ha finalizado, la cantidad de desbalanceo se presenta como un punto amarillo en el sistema de coordenadas de la máquina, tal como lo muestra la Figura. 3. 7. Esta imagen es exactamente la que resulta del rotor visto desde la derecha y arriba.

Por ejemplo:

- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta a la derecha del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte posterior.

- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta arriba del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte superior.

- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta abajo del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte inferior.

- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta a la izquierda del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte frontal.

Si hay facilidad de compensar el desbalanceo en la máquina balanceadora, se presenta simbólicamente un triángulo fuera del círculo rojo. Como el punto amarillo siempre presenta desbalanceo, cuando se realiza la compensación reduciendo el peso, la presentación de desbalanceo se debería posicionar debajo del dispositivo de compensación.

Sin embargo, cuando la compensación se realiza aumentando peso, la presentación de desbalanceo debería localizarse exactamente opuesto al dispositivo de compensación.

Los ángulos de balanceo facilitan para la corrección de pesos sean separadas por ambos planos y pueden ajustarse en la periferia de los “círculos rojos”.

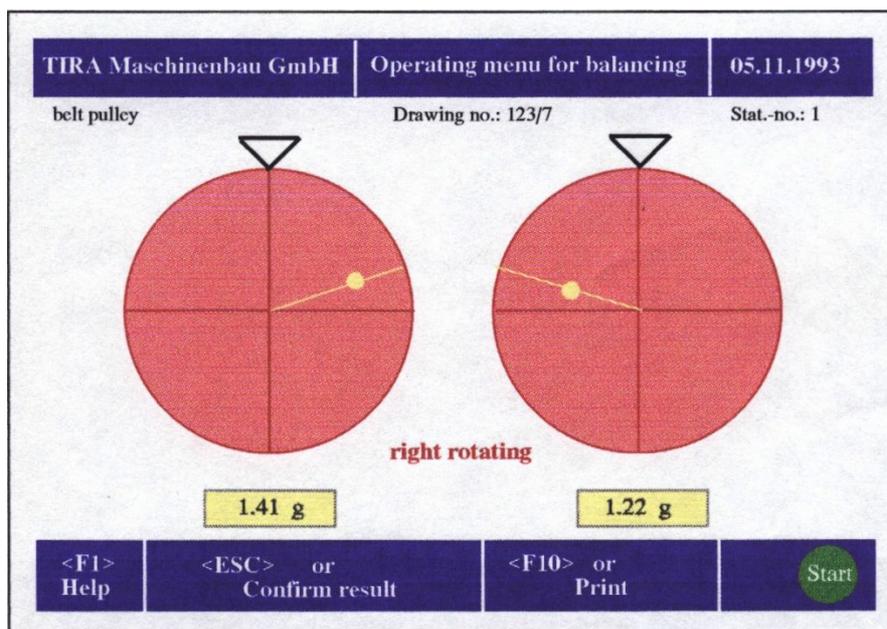


Figura. 3. 7. Localización de desbalanceo – Diagrama Polar Rojo

3.2.2.6 Textos de ayuda. Para todas las pantallas hay textos de ayuda, que proveen de información acerca del menú seleccionado, tal como se muestra en la Figura. 3. 8.

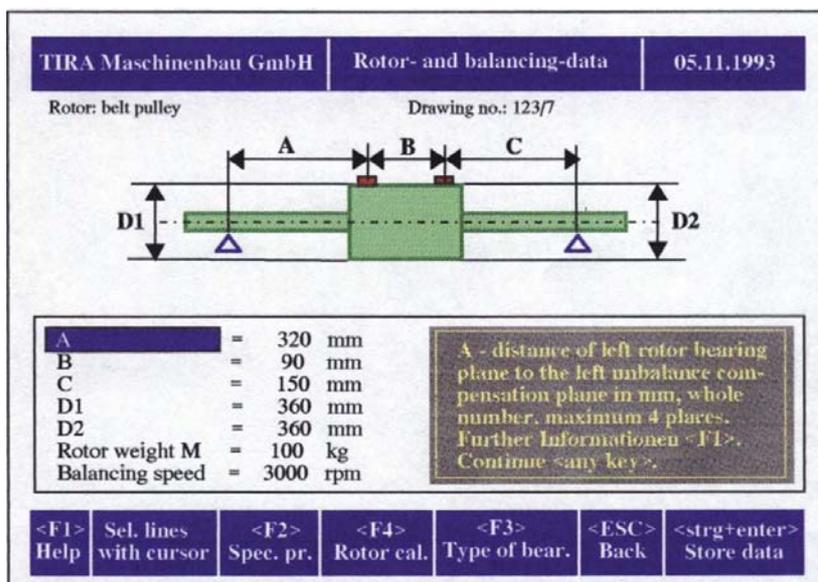


Figura. 3. 8. Presentación del texto de ayuda para el parámetro A del rotor

3.2.3 Programas Especiales

En esta sección se presentan los programas especiales más utilizados del programa TIRA X9000, los cuales son un valor agregado a los resultados proporcionados por la Balanceadora K300.

3.2.3.1 Ajuste del sensor. Para medir el desbalanceo es necesario tener un impulso de cero en cada rotación del rotor.

Se puede cambiar el cero del sensor con el menú que se presenta en la Figura. 3. 9. Esto es necesario cuando al medir el desbalanceo se produce un impulso de cero para cada revolución del rotor. Esto se hace en la rotación sincrónica del codificador.

Después de ajustar los sensores y siguiendo con la calibración del rotor, el sensor no debe ser reajustado.

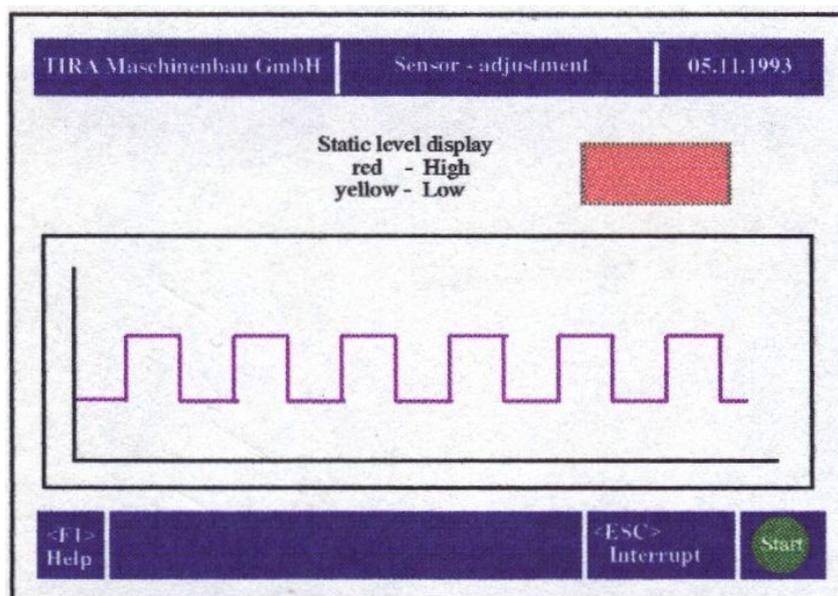


Figura. 3. 9. Ajuste del sensor con una muestra

3.2.3.2 Programas de impresión. Para la impresión de resultados se pueden realizar dos procedimientos.

3.2.3.2.1 Impresión Normal. Muestra los resultados del último cálculo de desbalanceo realizado y se presenta en la Figura. 3. 10.

Balancing report - standard	
Balancing machine	: K 300
Company name	: TIRA Maschinenbau GmbH, Poststrasse 1-3, 96528 Rauenstein
Operator	: Mustermann
Date	: 05.11.1993
<u>Rotor data</u>	
Rotor name	: Pulley rotor
Drawing number	: 123/7
Type of bearing	: Roller bearings
Balancing speed	: 3000 rpm
Tolerance left	: 1.0 g
Tolerance right	: 1.0 g
<u>Balancing data</u>	
Unbalance before balancing left	: 1.14 g
Unbalance before balancing right	: 1.22 g
Unbalance after balancing (check run) left	: 0.53 g
Unbalance after balancing (check run) right	: 0.45 g

Figura. 3. 10. Impresión normal del reporte de balanceo

3.2.3.2.2 Impresión de estadísticas. Como lo muestra la Figura. 3. 11., las estadísticas se pueden obtener de cualquier rotor incluido en el archivo de almacenamiento de rotores, activando la función de estadística y se presentan en una tabla de resultados varios datos como:

- Número consecutivo
- Desbalanceo original izquierdo y derecho
- Desbalanceo residual izquierdo y derecho (cantidad y ángulo de ambos)
- Fecha

Además se puede seleccionar tres parámetros que se deseen para evaluaciones posteriores.

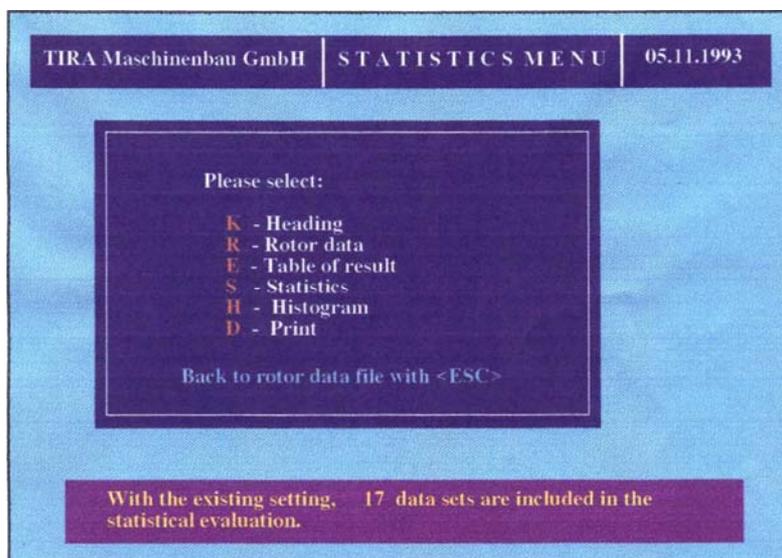


Figura. 3. 11. Menú de estadísticas

En el menú de estadísticas se presentan los siguientes parámetros:

- **K – Encabezado.** Se incluyen los datos generales del rotor, a quien pertenece y quien lo opera, como lo muestra la Figura. 3. 12.

El nombre del operador y la compañía se pueden cambiar, el tipo de máquina y fecha son ingresados automáticamente por el computador.



Figura. 3. 12. Encabezado

- **R – Datos del rotor.** Se presentan los detalles del rotor guardados en el menú “rotor and balancing data” (datos del rotor y balanceo). Esta información se puede incluir en el reporte de estadísticas para imprimir y se presenta en la Figura. 3. 13.

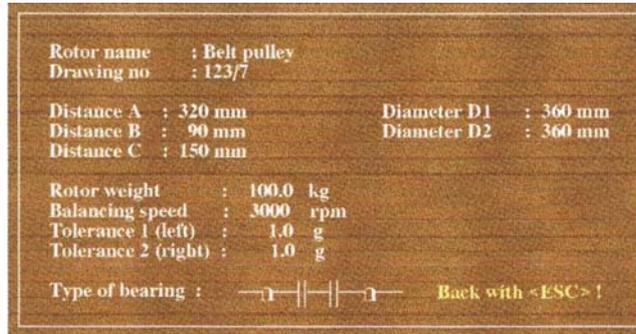


Figura. 3. 13. Datos del rotor

- **E – Tabla de resultados.** Se presentan los resultados de medición guardados incluida fecha, número consecutivo y 3 parámetros adicionales.

En la pantalla que se presenta en la Figura. 3. 14. es posible seleccionar los datos de medición y prepararlos para las estadísticas a través del criterio de selección.

Con. No.	Original unbalance				Residual unbalance				Date
	left		right		left		right		
	g	°	g	°	g	°	g	°	
1	7.21	91	4.12	229	0.24	88	0.22	212	10.01.95
2	7.41	91	4.32	231	0.56	102	0.12	212	10.01.95
3	7.42	91	4.32	231	0.34	92	0.23	213	10.01.95
4	6.71	80	4.74	242	0.33	77	0.34	230	10.01.95
5	8.17	88	5.16	252	0.56	82	0.44	250	10.01.95
6	5.28	89	3.86	248	0.23	86	0.23	250	10.01.95
7	5.55	61	3.27	262	0.55	58	0.21	261	11.01.95
8	6.08	79	3.24	205	0.45	70	0.23	200	11.01.95
9	7.90	98	8.04	256	0.34	94	0.56	252	11.01.95
10	5.40	88	1.16	255	0.56	86	0.13	252	11.01.95
11	8.26	95	7.81	245	0.55	92	0.87	240	11.01.95
12	5.45	98	2.26	300	0.25	101	0.22	298	11.01.95
13	8.21	95	7.95	247	0.67	91	0.54	240	11.01.95
14	8.29	92	3.88	206	0.45	90	0.32	200	11.01.95
15	5.56	106	4.18	229	0.38	99	0.22	212	11.01.95
16	8.95	97	7.03	261	0.33	92	0.34	258	12.01.95
17	9.05	97	6.95	261	0.87	90	0.60	259	12.01.95

<F1> Help	<ALT>+<E> Delete set	<ALT>+ Delete series	m Mark	<ESC> Back	<ALT+W> Evaluation	<ALT+D> More data
--------------	-------------------------	----------------------------	-----------	---------------	-----------------------	----------------------

Figura. 3. 14. Tabla de Resultados

Criterio de selección de la tabla de resultados. El criterio de selección depende de las necesidades del operador o cliente. Se puede seleccionar en el cuadro azul de la Figura. 3. 15. y puede incluir rotores, números consecutivos, fechas, etc.

Con.no.	g	Original unbalance	Residual unbalance	Date
1				10.01.95
2				10.01.95
* 3				10.01.95
* 4				10.01.95
* 5				10.01.95
6				10.01.95
7				11.01.95
8				11.01.95
9				11.01.95
* 10				11.01.95
* 11				11.01.95
* 12				11.01.95
13				11.01.95
14				11.01.95
15				11.01.95
16				12.01.95
17		9.05 97 6.95 261	0.87 90 0.66 259	12.01.95

Compile the selection criteria for the statistics yourself. What do you wish to include in the statistics?
Select with (Y/N):

Identity marking * (Y/N) : Y
Consecutive number (Y/N) : Y
Date (Y/N) : Y
Identity code 1 (Y/N) : Y
Identity code 2 (Y/N) : Y
Identity code 3 (Y/N) : Y

Quit the setting with <ESC> !
If all selection criteria are marked with 'N' all result data sets will be included in the statistics.

<F1> Help	<ALT>+<E> Delete set	<ALT>+ Delete series	m Mark	<ESC> Back	<ALT+W> Evaluation	<ALT+D> More data
--------------	-------------------------	----------------------------	-----------	---------------	-----------------------	----------------------

Figura. 3. 15. Selección de parámetros de la tabla de resultados para estadísticas

- **S – Estadísticas.** La Figura. 3. 16. muestra la pantalla de estadísticas de medición seleccionadas en la tabla de resultados. Estas estadísticas pueden incluir los siguientes cálculos:
 - Valor principal
 - Variación estándar
 - Coeficiente de variación

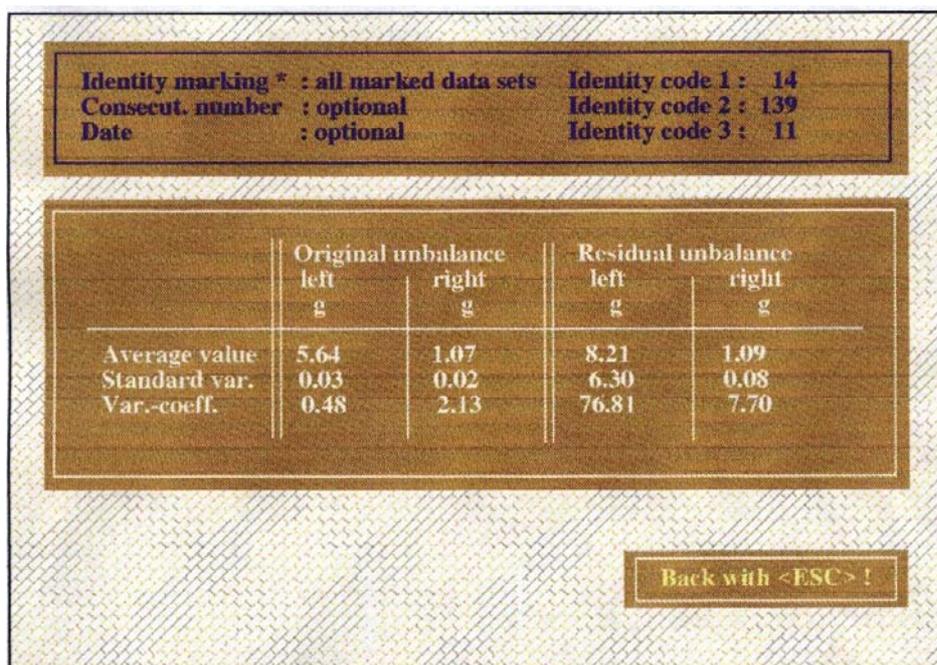


Figura. 3. 16. Presentación de los parámetros seleccionados de la tabla de resultados

- **H – Histogramas.** El desbalanceo original de datos incluido en las estadísticas se presenta gráficamente en coordenadas polares en la Figura. 3. 17. Mediante estos gráficos se puede reconocer anomalías.

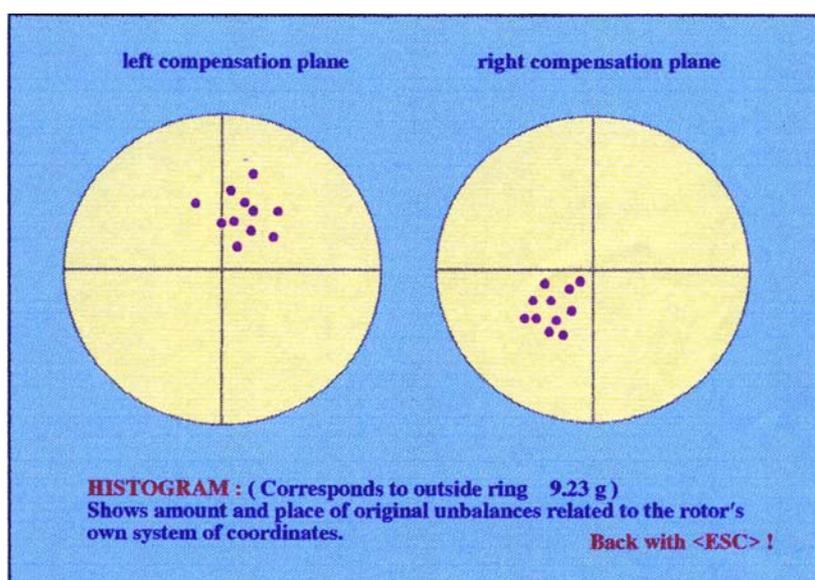


Figura. 3. 17. Histogramas

- **D – Impresión.** Se imprime el informe de estadísticas definido por el usuario en los puntos anteriores. Un ejemplo se muestra en la Figura. 3. 18.

Statistics report				
***** MACHINE DATA *****				
Balancing machine	: K 300			
Company name	: TIRA Maschinenbau GmbH, Poststrasse 1-3, 96528 Rauenstein			
Operator	: Mustermann			
Date	: 12.01.1994			
***** TABLE OF STATISTICS *****				
	Original unbalance		Residual unbalance	
	left	right	left	right
	g	g	g	g
Average value	5.64	1.07	8.21	1.09
Standard var.	0.03	0.02	6.30	0.08
Var.-coeff.	0.48	2.13	76.81	7.70
***** ROTOR DATA *****				
Rotor name	: Belt pulley			
Drawing no	: 123/7			
Distance A	: 320 mm	Diameter D1	: 360 mm	
Distance B	: 90 mm	Diameter D2	: 360 mm	
Distance C	: 150 mm			
Rotor weight	: 100.0 kg	Tolerance 1 (left)	: 1.0 g	
Balancing speed	: 3000 rpm	Tolerance 2 (right)	: 1.0 g	
Type of bearing	: 			

Figura. 3. 18. Impresión de Estadísticas

CAPÍTULO 4

DIAGNÓSTICO Y PUESTA EN OPERACIÓN DE LA BALANCEADORA TIRA K300

4.1 DIAGNÓSTICO

El diagnóstico se refiere a la detección y localización de fallas en un circuito, es decir, además de determinar si existe una falla, se localiza el dispositivo que causa la misma.

4.1.1 Instrumentos de Prueba

Para lograr la detección de fallas es necesario contar con varios instrumentos que permitan la realización de pruebas y verificaciones pertinentes, entre ellos están el osciloscopio, multímetro, etc.

4.1.2 Recolección de Datos

Para realizar un buen diagnóstico es necesario recopilar toda la información técnica de la máquina Balanceadora TIRA K300, incluyendo también los diagramas de conexiones eléctricas y electrónicas.

De acuerdo a ello se realizó un estudio analítico de los diagramas de conexión, revisando con detalle si las conexiones entre dispositivos estaban acorde a lo indicado por el fabricante, en el caso del arrancador y el freno, o cumplían con la aplicación para la que estaban instalados.

4.1.3 Localización del problema

Para la localización del problema se realizaron varias pruebas, entre ellas están:

4.1.3.1 Verificación del sistema eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300

- **Verificación de cables de alimentación principal.** Se verificó que los cables que conectan la Balanceadora K300 al braker del laboratorio de Mecanismos no tengan algún daño físico que pueda interrumpir la corriente o producir daños tales como explosión o cortocircuitos, además que estén conectados adecuadamente a los bornes principales de la máquina para su energización.
- **Verificación de fusibles.** Se verificó que los fusibles estén operativos y cumplan con las características técnicas especificadas en las hojas técnicas de la Balanceadora TIRA K300 y de los dispositivos electrónicos como el arrancador y el freno para que soporten el paso de corriente de acuerdo a cada fase del circuito.
- **Verificación de conexiones entre dispositivos eléctricos y electrónicos.** Se realizó la comprobación de las conexiones entre los dispositivos de potencia, es decir, fusibles y contactores, además de los dispositivos electrónicos avanzados utilizados como arrancador y freno; todos éstos utilizados para el control del motor a dos velocidades diferentes.
- **Verificación de niveles de voltaje de AC y DC.** Se verificó que los niveles de AC para energizar a los dispositivos eléctricos sea de 220VAC y para la tarjeta electrónica sea 24VDC.
- **Verificación del funcionamiento de los contactores.** Se comprobó la energización correcta de cada una de las bobinas de los tres contactores,

además el funcionamiento de los contactos NA y NC pertenecientes a cada uno, que se utilizan para las diferentes conexiones y habilitaciones.

Tal como se muestra en la Figura. 4. 1., cuando la bobina del contactor no se energiza, los contactos principales se mantienen abiertos mientras que los contactos auxiliares mantienen su estado normal, es decir, los NC cerrados y los NO, abiertos.

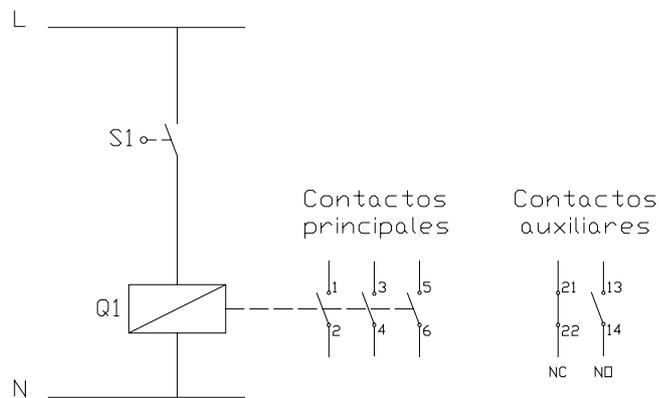


Figura. 4. 1. Estado de los contactos principales y auxiliares del contactor sin energización

De otro modo, como lo indica la Figura. 4. 2., cuando se energiza la bobina del contactor, los contactos principales se cierran y los contactos auxiliares cambian de estado, los NO se cierran y los NC se abren.

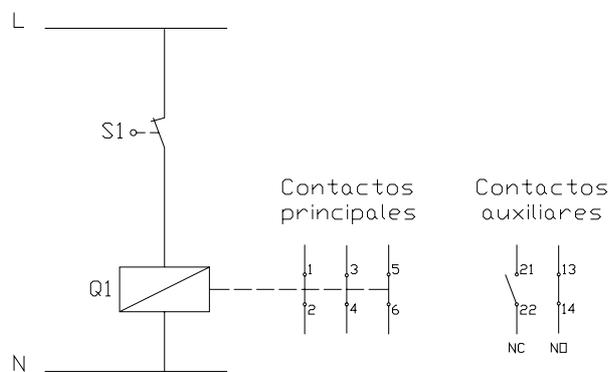


Figura. 4. 2. Estado de los contactos principales y auxiliares del contactor con energización

- **Verificación del funcionamiento de los relés térmicos.** Se verificó que los relés térmicos estén operativos, con sus contactos cerrados en posición normal.
- **Verificación del funcionamiento del arrancador MINISTART 5.5B y del freno BR220-20.** Se energizaron el arrancador y el freno para comprobar que su funcionamiento fuera acorde al indicado en las respectivas hojas técnicas.

Para la verificación del funcionamiento del arrancador MINISTART 5.5 B se realizó un circuito básico de funcionamiento del mismo, el cual se presenta en la Figura. 4. 3.

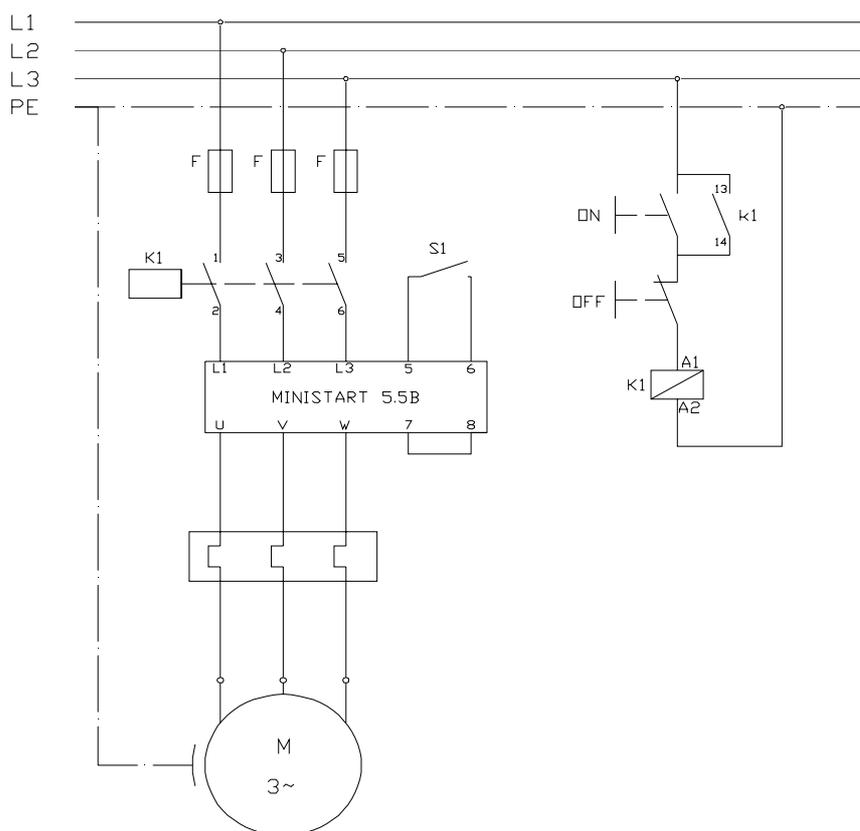


Figura. 4. 3. Circuito básico de prueba del MINISTART 5.5B

Se energizó el arrancador y se comprobó el estado de operación del arrancador a través de sus leds indicadores. El estado de operación que marca cada uno de los leds se presenta en la Tabla. 4. 1.

Tabla. 4. 1. Led indicadores de estado operación del MINISTART 5.5B

Led indicador (color)	Nombre	Estado de operación del MINISTART 5.5 B
Verde	“SUPPLY”	Listo para operar.
Amarillo (izquierda)	“START”	Arranque por entrada externa.
Amarillo (derecha)	“BY PASS”	Determina que el motor está conectado directamente a la línea.
Rojo	“FAULT”	Ocurre una falla.

Cuando se energiza el arrancador, se enciende el led verde, que indica que está listo para operar, tal como se muestra en la Figura. 4. 4.

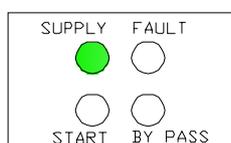


Figura. 4. 4. Estado de los leds indicadores cuando se energiza el MINISTART 5.5B

Los terminales 5, 6, 7, 8 controlan el arranque, por lo que se realizó una conexión en la cual los terminales 7 y 8 se conectan directamente mientras que se incluye un interruptor (S1) entre los terminales 5 y 6, tal como se muestra en la Figura. 4. 5., de manera que cuando este interruptor se cierra, da lugar al arranque. En la Figura. 4. 6. se muestra el mismo circuito posicionado en el arrancador.

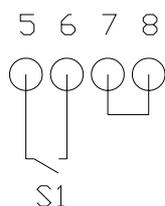


Figura. 4. 5. Circuito de control de arranque del MINISTART 5.5 B

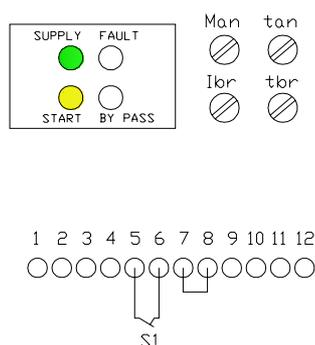


Figura. 4. 6. Acción en los terminales de control de arranque y estado de los leds indicadores

Cuando se realiza el control de arranque se debe tener en cuenta el estado de cada uno de los potenciómetros, puesto que éstos se encargan de los tiempos de arranque y parada, del torque de inicio y de la corriente de frenado. De acuerdo a la hoja técnica del arrancador MINISTART 5.5B, se colocaron estos potenciómetros en las posiciones que se indican en la Tabla. 4. 2.:

Tabla. 4. 2. Posición de los potenciómetros de control de variables de arranque y frenado

Potenciómetro	Variable que manejan	Posición
Man	Torque de inicio	Mínimo (extremo izquierdo)
tan	Tiempo de aceleración	Centro
lbr	Corriente de frenado	Mínimo (extremo izquierdo)
tbr	Tiempo de frenado	Centro

Para la verificación del funcionamiento del freno BR220-20 se realizó un circuito básico de funcionamiento, el que se muestra en la Figura. 4. 7.

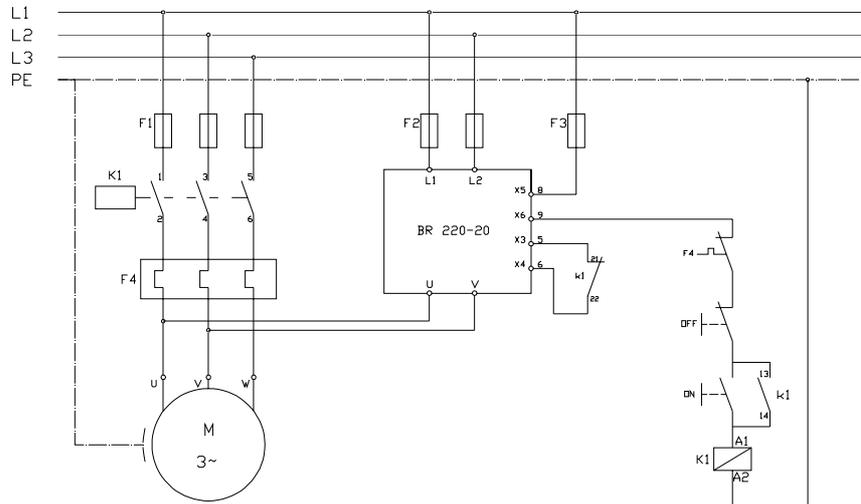


Figura. 4. 7. Circuito básico de prueba del freno BR220-20

Cuando se presiona el pulsador de encendido (ON), se activa la bobina de K1, se cierran los contactos principales para alimentar al motor, se abre el contacto entre X3 y X4 y el circuito entre X5 y X6 se cierra, con esto el motor arranca. Para el freno se debe cerrar la conexión entre X3 y X4, para ello se pulsa OFF, se cierra el contacto entre X3 y X4 y se envía una corriente DC al motor para detenerlo.

La Tabla. 4. 3. muestra los leds indicadores que posee el freno BR220-20 para determinar su estado de operación.

Tabla. 4. 3. Leds indicadores de operación del freno BR 220-20

Led indicador (color)	Estado de operación del BR220-20
Verde	El freno está energizado
Rojo	Se realiza el frenado

- **Pruebas de la tarjeta electrónica.** Para la tarjeta electrónica se realizó una prueba de continuidad para verificar conexiones entre los dispositivos integrados a ésta de acuerdo al diagrama de conexión incluido en el manual del fabricante de la Balanceadora y que se muestra en la Figura. 4. 8.

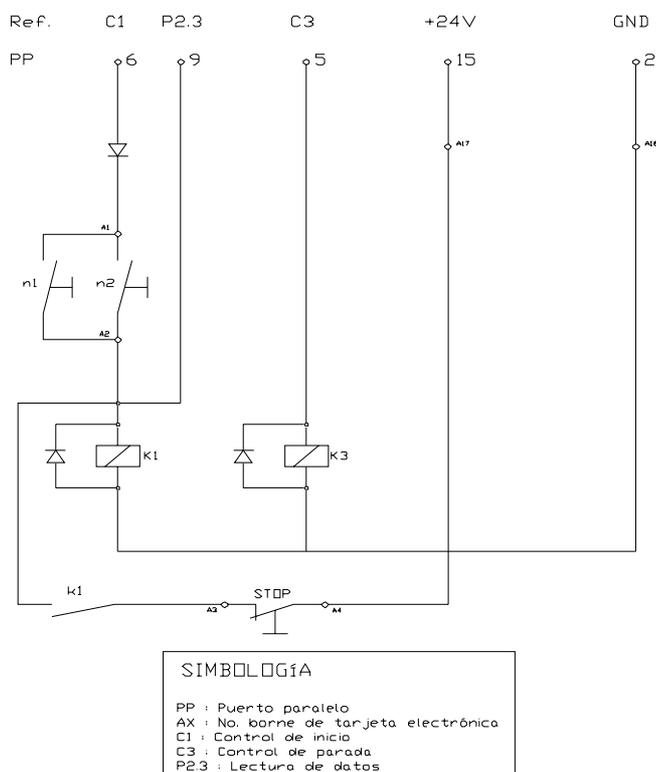


Figura. 4. 8. Sección del diagrama de conexión perteneciente a la tarjeta electrónica

Posteriormente, se realizó el circuito de la Figura. 4. 9., el cual es similar al de la máquina. En éste se incluyeron pulsadores para simular n1, n2 y STOP propios de la Balanceadora e interruptores S1 y S2 para simular las señales de control que envía el programa TIRA X9000 para operar el motor y realizar la determinación del desbalanceo.

En el circuito el interruptor S1 simula la señal de control de inicio enviada por el programa TIRA X9000, mientras esta señal no se envíe, no se puede realizar ninguna operación de balanceo. Esta señal de inicio se envía a través del pin 6 del puerto paralelo. Cuando se cierra S1, el

- **Verificación del motor.** Se verificó el funcionamiento del motor realizando pruebas de los cables y de los circuitos propios del mismo.

Se verificó que los cables que conectan al motor con el resto del circuito de la Balanceadora TIRA K300 estuvieran en buenas condiciones, de modo que no ocurran fallas por daño de los mismos.

Después se realizó una prueba de comprobación de circuitos, tal como lo muestra la Figura. 4. 10, en la cual se mide la continuidad en cada uno de los devanados para determinar que las bobinas de cada uno no estén abiertas y con ello confirmar el buen funcionamiento del motor. Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla. 4. 4.

Tabla. 4. 4. Resultados de localización de interrupciones

Punto 1	Punto 2	Continuidad
U	X	SI ($\sim 2\Omega$)
V	Y	SI ($\sim 2\Omega$)
W	Z	SI ($\sim 2\Omega$)

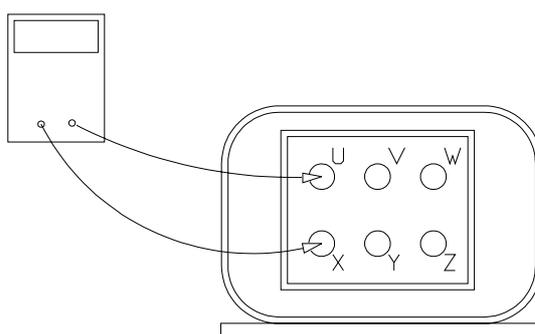


Figura. 4. 10. Localización de interrupciones en el devanado U – X

4.1.3.2 Diagnóstico del computador y programa de la Balanceadora TIRA K300. Se realizó un diagnóstico del computador IBM propio de la Balanceadora TIRA K300. Se revisó el funcionamiento del floppy y del disco duro. Se revisó que físicamente no tuvieran ningún daño la tarjeta de adquisición de datos TIRA196KR13, propia del fabricante, y de una tarjeta interna denominada WIBU – BOX, la cual es una protección en hardware para el programa TIRA X9000. Por otra parte, se hizo una revisión del sistema operativo con el que funciona (DOS 6.22) y del programa propio de la Balanceadora K300.

4.2 REPARACIÓN

4.2.1 Resultados del diagnóstico

Después de realizar el diagnóstico de cada uno de los elementos y dispositivos de la Balanceadora TIRA K300 se obtuvieron los siguientes resultados:

4.2.1.1 Sistema eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300

- **Cables de alimentación principal.** Los cables se encontraron en buen estado. Sin embargo, se pudo constatar que no estaban bien conectados a los bornes principales de la Balanceadora K300 para energizarla, el cable de una de las fases estaba desconectado de su respectivo borne.
- **Fusibles.** Se encontró que los fusibles estaban en buen estado y acorde a los requerimientos de los sistemas eléctrico y electrónico de la Balanceadora.
- **Conexiones entre dispositivos eléctricos y electrónicos.** Al revisar la conexión entre dispositivos se pudo constatar que en algunos casos faltaban puntos de conexión de acuerdo a los diagramas; y en otros casos, las conexiones realizadas en el circuito no concordaban con lo establecido en los diagramas.

-
- **Niveles de voltaje de AC y DC.** Efectivamente, los niveles de voltaje de AC y DC fueron correctos, estableciendo 220VAC para los dispositivos eléctricos y 24VDC para la tarjeta electrónica.
 - **Contactores.** Las bobinas y los contactos principales y secundarios de cada contactor funcionaron bien al energizar los contactores.
 - **Relés térmicos.** Los relés térmicos funcionan bien, sus contactos se mantienen cerrados permitiendo que el funcionamiento del motor.
 - **Verificación del funcionamiento del arrancador MINISTART 5.5B y del freno BR220-20.** Tal como se indica en las hojas técnicas de cada uno de estos dispositivos, el funcionamiento de éstos fue normal.
 - **Tarjeta electrónica.** La tarjeta electrónica presentó algunos defectos, especialmente en lo relacionado a conexiones, ya que una de las pistas se había desgastado y no había continuidad entre puntos.
 - **Motor.** El motor funcionó correctamente. Las pruebas de comprobación de circuitos fueron óptimas y se determinó que no existe ningún problema con los devanados del motor.

4.2.1.2 Computador y programa de la Balanceadora TIRA K300

- **Hardware.** El hardware se encontró en perfectas condiciones para su funcionamiento dentro de la Balanceadora TIRA K300.
- **Software.** El disco duro del computador estaba formateado, por lo que no fue posible explorar en ese momento el programa de la Balanceadora.

4.2.2 Reparación

Con los resultados del diagnóstico fue posible determinar los sectores específicos que necesitaban reparación, los que se indican a continuación:

- **Conexiones entre dispositivos.** En el relé K2 se encontró una falla de conexión. Como se muestra en la Figura. 4. 11., inicialmente la bobina de este relé estaba conectada al punto común de uno de sus contactos. El NC estaba conectado a los pulsadores n1 y n2 y el NO se conectada al pulsador STOP. Los tres pulsadores se conectaban a VCC (24VDC). Cuando se pulsaba n1 o n2 se energizaba la bobina por estar conectada al NC, el contacto cambiaba de posición y el NO se cerraba, con lo que, en teoría, aún permanecía energizada la bobina por estar cerrado el circuito y el contacto debía cambiar de posición únicamente cuando se pulse STOP. Sin embargo, en la práctica, al pulsar n1 o n2, el tiempo que se demoraba el contacto en cambiar de posición hacía que la bobina no se mantenga energizada y el contacto cambie de posición ininterrumpidamente.

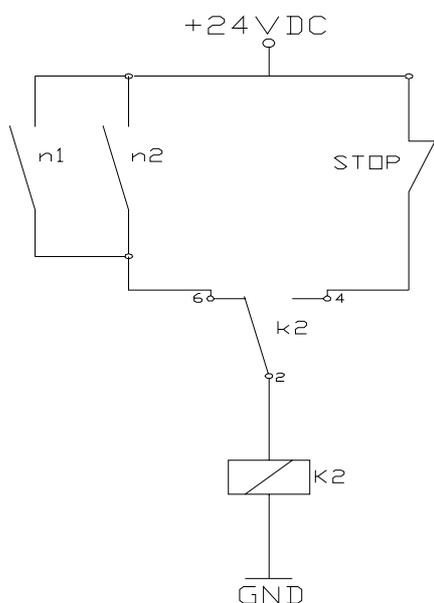


Figura. 4. 11. Conexión inicial del relé K2

Para resolver este problema, se procedió a configurar de otra manera la conexión, tal como se muestra en la Figura. 4. 12., se conectó en serie el contacto NO de K2 con el pulsador STOP y se conectó a la bobina los pulsadores n1 y n2 y en ese mismo punto el común del contacto. Con esta configuración cuando se pulsa n1 o n2, la bobina se energiza directamente, se cierra el contacto NO y se enclava el circuito por lo que la bobina permanece energizada hasta que se pulsa STOP.

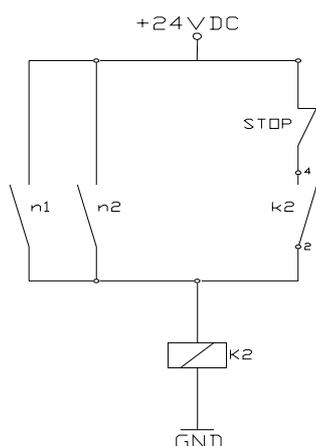


Figura. 4. 12. Nueva conexión de K2

- **Tarjeta Electrónica.** Como se indicó anteriormente, hubo una pista que estaba deteriorada, la cual conectaba el pin de alimentación de 24VDC a uno de los contactos del pulsador STOP y sin ésta era imposible que la máquina parara con el pulsador. Para reparar se realizó una conexión externa a la tarjeta con cable de cobre para unir estos dos puntos.

En el circuito de la Figura. 4. 13., se identifica con unas "X" la pista dañada, la cual es principal por ser de alimentación de 24VDC.

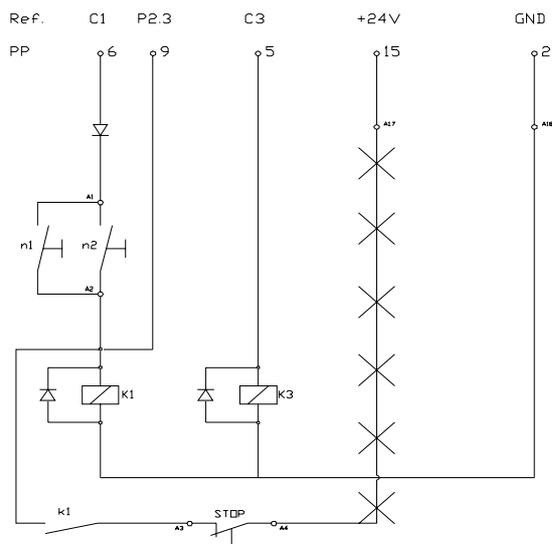


Figura. 4. 13. Localización de la pista dañada de la tarjeta electrónica

Esta pista dañada se extendía también hasta el pin 13 del conector del puerto paralelo. Para reparar se procedió a la conexión de los puntos con la utilización de un cable de cobre con revestimiento plástico. En la Figura. 4. 14. se presenta una sección de la parte posterior de la tarjeta electrónica, y con una línea gruesa, la conexión que se reparó y los puntos que se conectaron.

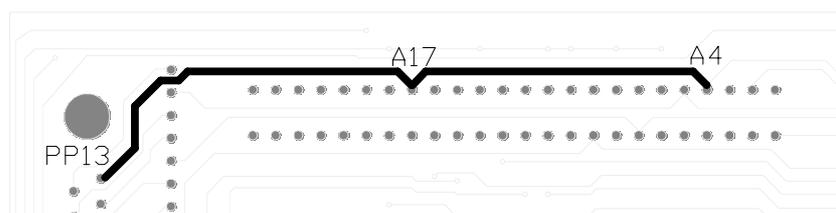


Figura. 4. 14. Sección posterior superior de la tarjeta electrónica donde se reparó la conexión

- **Cables de alimentación principal.** Se realizó una conexión del cable que estaba desconectado de uno de los bornes de la Balanceadora K300.

- **Computador.** El disco duro del computador estaba formateado, por lo que era necesario instalar nuevamente el Sistema Operativo DOS 6.22. Junto con la Balanceadora K300, el fabricante envió varios disquetes entre los que estaban los instaladores del DOS 6.22. Pero puesto que los disquetes son bastante propensos a daños, algunos de éstos ya no funcionaron por lo que fue necesario buscar nuevamente este sistema operativo. A más de esto, al ser la computadora apenas 486, sus prestaciones son mínimas y el programa TIRA X9000 trabaja sobre este mismo sistema operativo.

Se procedió a reinstalar el Sistema Operativo DOS 6.22 y luego de esto, el programa TIRA X9000 de la Balanceadora. Con el software en orden, se pudo constatar también que las tarjetas de adquisición estaban en perfecto estado y listas para el envío y recepción de datos de la máquina.

4.3 PUESTA EN OPERACIÓN

Antes de la puesta en operación se armó un sistema, el cual se muestra en la Figura. 4. 15., que es similar al utilizado en la máquina con los pulsadores correspondientes a las velocidades n_1 y n_2 , al que además se incluyó un motor asincrónico jaula de ardilla para sustituir al propio de la máquina. Con esto se verificó el funcionamiento de todos los dispositivos y el cambio de velocidad de acuerdo a los pulsadores n_1 y n_2 .



Figura. 4. 15. Circuito de prueba para el Sistema Eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300

Para la realización de esta prueba se tienen tres pulsadores, STOP, n1 y n2, los cuales cuentan con un contacto normalmente abierto (NO) y un contacto normalmente cerrado (NC) que se ubican en los sistemas de control y potencia del circuito para operar el arranque y parada del motor a través de los contactores y relés. Para que el circuito pueda operar y arranque el motor, se utiliza el interruptor S1, que simula la señal de inicio que envía el programa TIRA X9000, se cierra y en seguida se pueden pulsar n1 o n2 dependiendo de la velocidad que se requiera. Hay que recordar que con n1, el motor gira a la velocidad menor y con n2, el motor gira a la velocidad mayor.

Cuando se pulsa n1, se energiza la bobina del contactor Q2, cambian de estado sus contactos principales y auxiliares, el arrancador MINISTART 5.5B se acciona y se produce un arranque directo del motor, con lo que su velocidad es lenta. Por otra parte, cuando se pulsa n2, se energizan las bobinas de los contactores Q1 y Q3, cambian de estado sus contactos principales y auxiliares, el arrancador MINISTART 5.5B se acciona y el motor arranca en estrella, con lo que alcanza su velocidad nominal.

Para detener la acción de la máquina se debe cerrar el interruptor S2 que simula la señal de parada que envía el programa TIRA X9000 y es posible hacerlo también a través del pulsador STOP.

Con un resultado óptimo de esta prueba, se procedió a ubicar esta placa en la Balanceadora y realizar las conexiones de ésta con los cables de alimentación principal, cables del motor, cables de conexión de la computadora y de las tarjetas de adquisición.

En la Figura. 4. 16. se presenta el diagrama de conexión que se realizó para este circuito de prueba.

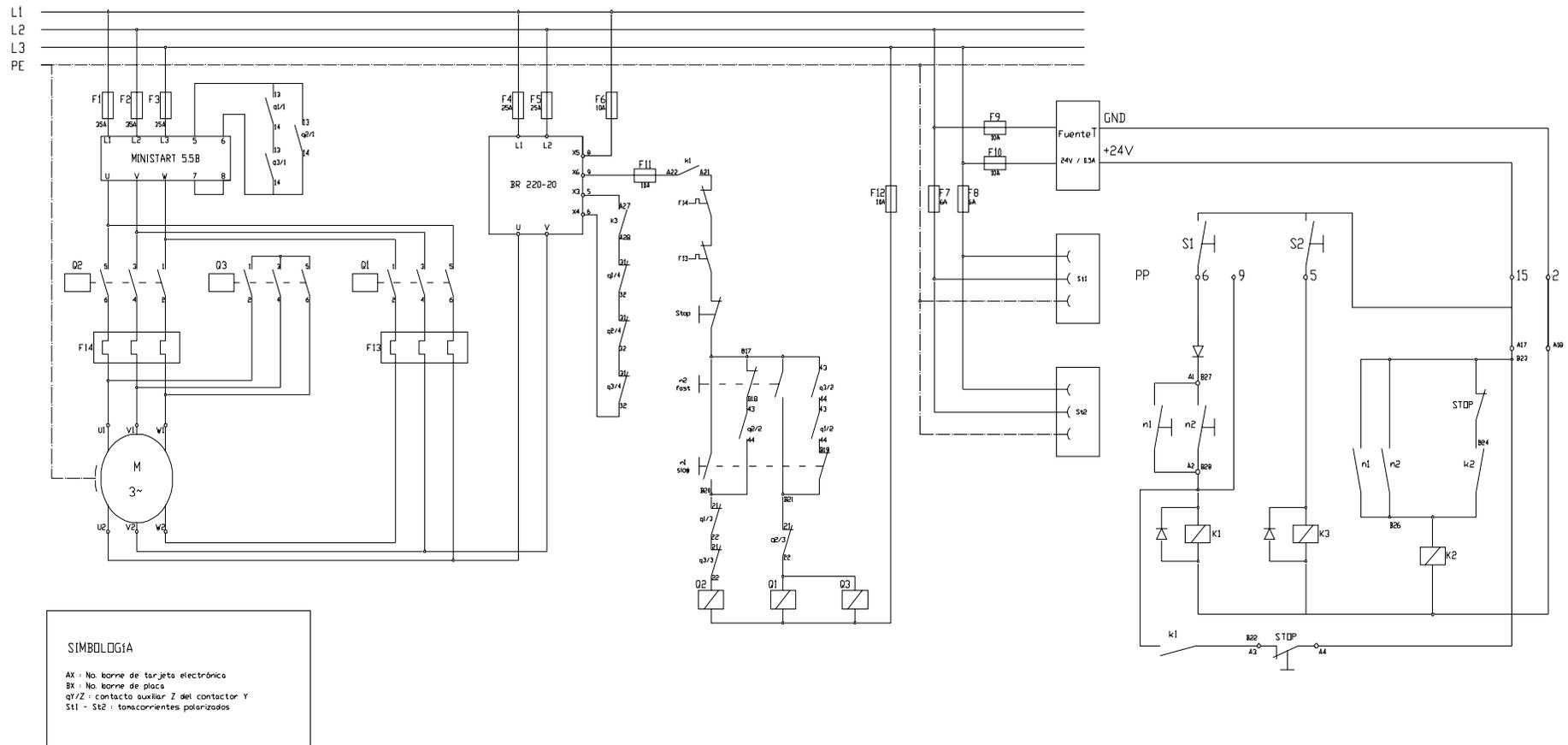


Figura. 4. 16. Diagrama total del circuito de prueba del Sistema Eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 PRUEBAS

Para comprobar que la Balanceadora TIRA K300 funciona correctamente se realizó una prueba con un cigüeñal de 15 Kg de peso, el cual se encuentra en el Laboratorio de Mecanismos del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

Un cigüeñal es un eje con codos y contrapesos presente en ciertas máquinas, el cual transforma el movimiento rectilíneo en circular y viceversa.

Tal como se presenta en la Figura. 5. 1., este elemento rotatorio se ubica sobre los soportes izquierdo y derecho de la Balanceadora K300, de modo que sobre éstos recaiga el peso del cigüeñal y también que el extremo izquierdo del mismo se una al motor de la máquina a través de un acople.



Figura. 5. 1. Ubicación del cigüeñal en los soportes de la Balanceadora K300

El proceso entonces se centra en la determinación de la ubicación y magnitud del desbalanceo a través del software TIRA X9000.

Se ingresa el nombre del rotor a balancear y un número de dibujo. Como se muestra en la Figura. 5. 2., el objeto de prueba se llamará “ciguenal”, y su número será 441.

TIRA Maschinenbau GmbH		ROTOR DATABASE		
Cons.nu.	Rotor - name	Ident	Drawing-no.	Date
1	Calibration rotor			10.10.93
2	Fictitious rotor			23.10.93
3	ciguenal		441	30.03.07
4	New rotor			
5				
6				

<F1> Help	Cursor Rotor selection	<ALT>+<E> Delete data	<F2> Balancing	<Enter> Rotor input	<ALT>+<S> Statistics
--------------	---------------------------	--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------------

Figura. 5. 2. Pantalla para ingresar nombre del rotor

Después se indica en el programa el tipo de soportes que se requiere, como se va a balancear sobre dos soportes la elección es la que se muestra en la Figura. 5. 3.:



Figura. 5. 3. Elección del tipo de soportes

En la siguiente pantalla se ingresan los datos del cigüeñal, los que incluyen medidas, tal como se muestra en la Figura. 5. 4., peso, velocidad de balanceo, tolerancias y ángulos de operación.

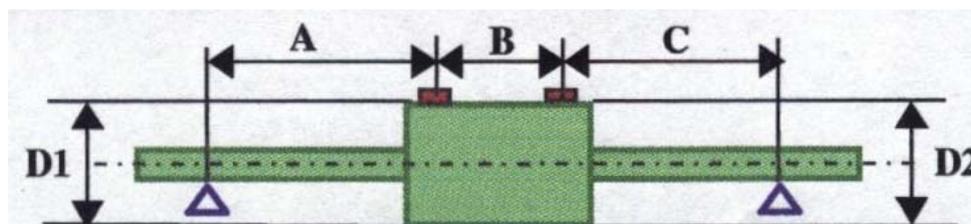


Figura. 5. 4. Diagrama de las medidas del cigüeñal

Las medidas corresponden a:

- **A:** La distancia entre el soporte izquierdo de la Balanceadora y el plano del balanceo izquierdo del rotor.
- **B:** la distancia entre el plano de balanceo izquierdo y el plano de balanceo derecho del rotor.
- **C:** La distancia entre el plano de balanceo derecho del rotor y el soporte derecho de la Balanceadora.
- **D1 - D2:** Los diámetros con los que se corrige el desbalanceo del rotor.

Los datos del cigüeñal incluidos en esta sección del programa son los siguientes:

- **A** = 40 mm.
- **B** = 300 mm.
- **C** = 40 mm.
- **D1** = 120 mm.
- **D2** = 120 mm.
- **Peso del cigüeñal** = 15 Kg.
- **Velocidad de balanceo** = 300 rpm.
- **Tipo de soportes** = Soportes de rodillo
- **Tolerancia 1** = 1.00 g.
- **Tolerancia 2** = 1.00 g.
- **Ángulo de operación 1** = 90° -
- **Ángulo de operación 2** = 90° -

Con todos los datos del cigüeñal ingresados se pasa a la siguiente pantalla del programa, en donde ya se realiza la determinación del desbalanceo, como se muestra en la Figura. 5. 5.

Para determinar el desbalanceo, se procede a inicial el motor a velocidad n_1 , mientras el programa recoge los datos a través de los sensores no se realiza ninguna otra acción ya que eso generaría un error en la toma de datos. Cuando el programa determina el desbalanceo en cada uno de los puntos a examinar aparece en pantalla una circunferencia en color violeta con las letras "Cf" que indica que el motor debe pararse.

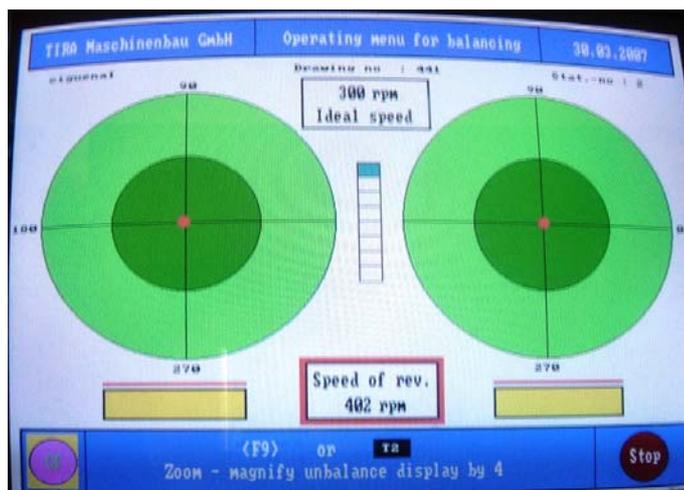


Figura. 5. 5. Menú de operación de balanceo del cigüeñal de prueba

A partir de la siguiente pantalla se presentan los resultados.

5.2 RESULTADOS

La ubicación del desbalanceo del cigüeñal se presenta en diagramas de localización, en donde se presenta el lugar del desbalanceo a través de una línea de color verde. Tal como se muestra en la Figura. 5. 6., en esta misma pantalla se presenta también la magnitud de desbalanceo en los dos puntos.

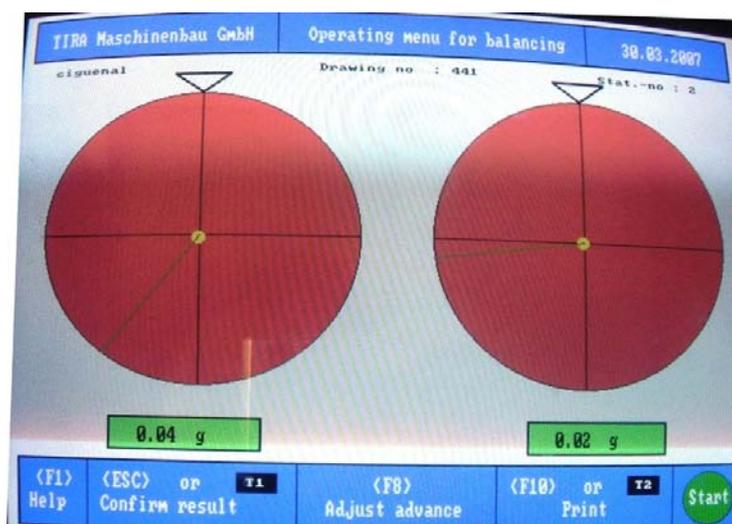


Figura. 5. 6. Diagramas de localización del desbalanceo

Para este cigüeñal se determinó que la magnitud de desbalanceo en el lado izquierdo es 0.04 g. y en el lado derecho 0.02 g. El rango de tolerancia ingresado en los datos del cigüeñal fue de 1.00 g. por lo que estos resultados están dentro de la tolerancia.

La localización del desbalanceo se encuentra determinada de la siguiente manera:

- La localización del desbalanceo en el sector izquierdo está en aproximadamente 225° .
- La localización del desbalanceo en el sector derecho está en aproximadamente 185° .

Como se muestra en la Figura. 5. 7., para determinar físicamente el lugar en donde se encuentra el desbalanceo se debe hacer coincidir la línea amarilla con el triángulo ubicado a 90° del sistema de coordenadas (hay que recordar que los 90° también se determinaron en los datos del rotor). La línea verde se mueve al girar manualmente el cigüeñal en cualquier sentido. Cuando el triángulo ubicado en la pantalla toma un color morado indica que es el lugar donde se debe hacer la disminución de peso.

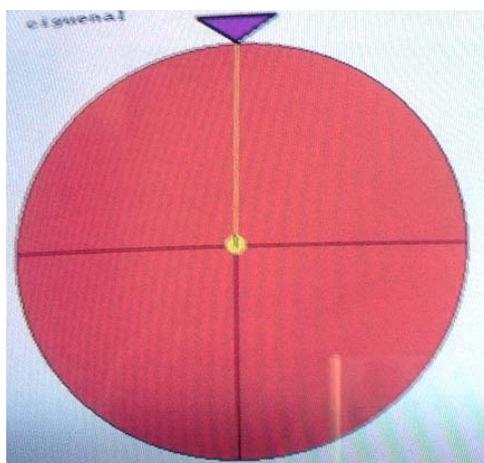


Figura. 5. 7. Coincidencia de la línea de ubicación del desbalanceo con el triángulo a 90°

Se realizaron tres pruebas con este cigüeñal obteniendo los mismos resultados en todas ellas. Para obtener todos estos resultados se hace uso de la sección de estadísticas incluida también en el programa TIRA X9000, la que se muestra en la Figura. 5. 8.

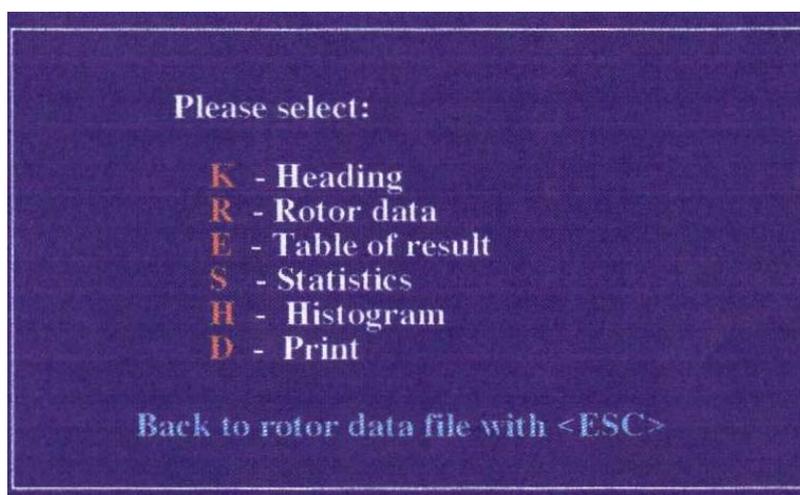


Figura. 5. 8. Menú de estadísticas

A través de este menú se puede ingresar los datos del operador y la compañía a la que pertenece con la opción K, que se muestra en la Figura. 5. 9., las demás opciones indican los datos del cigüeñal y los resultados obtenidos en las pruebas.

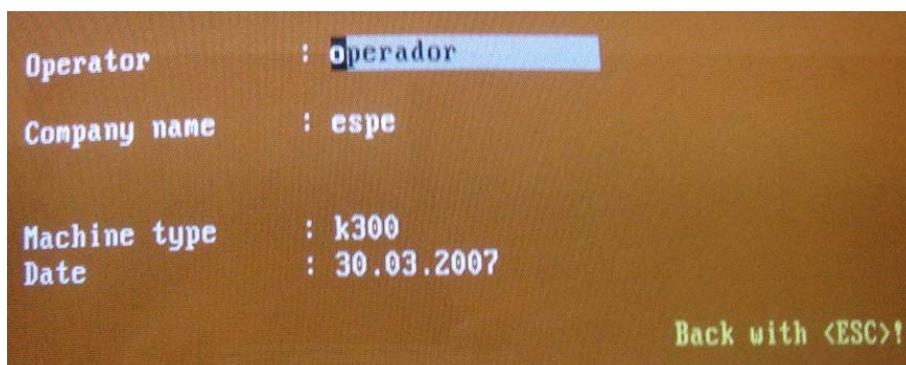


Figura. 5. 9. Opción K (Encabezado)

Para imprimir se escoge la opción D. Junto con ésta aparece el mensaje “Por favor escoja su reporte de estadísticas. Ingrese su selección”. Aquí se debe ingresar las letras correspondientes al menú que se desea imprimir. Para el cigüeñal se escogieron las letras: K, R, E y S. El resultado de la impresión se presenta en la siguiente página.

Statistics report

***** MACHINE DATA *****

Balancing machine : k300
 Company name : espe
 Operator : morito
 Date : 30.03.2007

***** Rotor data *****

Rotor name : ciguenal
 Drawing no : 441
 Distance A : 40 mm Diameter left : 120 mm
 Distance B : 300 mm Diameter right : 120 mm
 Distance C : 40 mm
 Rotor weight : 15 kg Tolerance left : 1.00 g
 Balancing speed : 300 rpm Tolerance right : 1.00 g
 Type of bearing : —n—||—||—n—

***** TABLE OF RESULTS *****

Con.No.	Original unbalance				Residual unbalance			
	left		right		left		right	
	g	°	g	°	g	°	g	°
1	0.03	154	0.02	90	0.04	135	0.02	90
2	0.04	135	0.02	90	0.04	135	0.02	90
3	0.04	124	0.02	90	0.04	124	0.02	90
4	0.04	315	0.02	270	0.04	315	0.02	270

***** TABLE OF STATISTICS *****

The following are included in the statistics:

Identity marking * : optional
 Consecutive number : optional
 Date : optional
 Identity marking 1 : optional
 Identity marking 2 : optional
 Identity marking 3 : optional

	Original unbalance		Residual unbalance	
	left	right	left	right
	g	g	g	g
Average value	0.04	0.02	0.04	0.02
Stand. variat.	0.00	0.00	0.00	0.00
Var.-coeff.	10.09	8.34	6.15	5.53

CAPÍTULO 6

MANUAL DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un servicio que incluye varias actividades que al ser realizadas permiten lograr un alto grado de confiabilidad de instalaciones, equipos, maquinaria, etc.

A nivel industrial y de producción, el mantenimiento cumple con los siguientes objetivos:

- Disminuir el número de fallas que puedan presentarse en un equipo o instalación.
- Reducir la gravedad de las fallas que no se puedan evitar.
- Disminuir los costos de reparación de equipos.
- Evitar accidentes y daños materiales y personales.
- Ampliar la vida útil de las maquinarias.

6.1 HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO

Sin importar el tipo de mantenimiento que se vaya a realizar, es importante que el técnico de mantenimiento cuente con las siguientes herramientas:

- Multímetro o pinza voltiamperimétrica, que mida voltaje y corriente continua (dc) y alterna (ac) y que tenga un medidor de continuidad.
- Óhmetro.
- Medidor de temperatura.
- Tacómetro o medidor de velocidad.
- Juego de llaves.
- Juego de destornilladores, planos, estrella y diferentes tamaños.
- Herramientas para la reparación de conexiones eléctricas y electrónicas.
- Cautín y soldadura.
- Material aislante.
- Equipo de engrase.

6.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es un tipo de mantenimiento programado en forma periódica, en base a un plan establecido. Su función principal es advertir las fallas antes de su aparición o en su fase inicial, de manera que los sistemas, equipos e instalaciones de una industria mantengan niveles óptimos de operación

y se reduzcan los tiempos de parada por reparación. Con un buen mantenimiento preventivo es posible determinar los puntos de falla más frecuentes de una maquinaria y cómo resolverlos.

El mantenimiento preventivo se realiza sin necesidad de que haya una falla en la máquina. La regularidad con que se realice este mantenimiento depende de las horas de trabajo de la máquina.

6.2.1 Mantenimiento General de la Balanceadora TIRA K300

6.2.1.1 Mantenimiento Diario. Engrase los rodamientos.

6.2.1.2 Mantenimiento Semanal. Engrase los eslabones por los que ruedan los soportes de la plataforma de la máquina.

6.2.1.3 Mantenimiento Mensual. Revise la posición y firmeza de la plataforma de la Balanceadora K300. Revise si los datos de amplitud y ubicación de desbalanceo son correctos con un rotor balanceado y con pesos adicionales ubicados en una posición determinada.

6.2.1.4 Mantenimiento Trimestral. Revise la condición del eje de acoplamiento.

6.2.1.5 Mantenimiento Semestral. Realice una lubricación total de todos los componentes mecánicos que lo necesiten, como son motor, eje de acoplamiento, rodamientos, eslabones de movimiento de soportes, etc.

6.2.2 Instalación de Equipos Eléctricos y Electrónicos

La instalación inicial debe ser revisada y probada completamente antes de poner a la máquina en funcionamiento. Debe inspeccionarse detenidamente el conjunto en su totalidad y las conexiones entre equipos de manera que se asegure que el trabajo ha sido bien realizado.

6.2.2.1 Instalación del Arrancador MINISTART 5.5 B. El arrancador MINISTART 5.5 B debe instalarse en una superficie vertical, montado sobre un riel DIN 35mm. Se debe evitar que resistencias u otros elementos electrónicos o eléctricos estén debajo de éste. Se puede instalar junto con otros dispositivos pero se debe mantener un ducto de ventilación entre el dispositivo y los cables de conexión para evitar exceso de calor.

Para el montaje sobre un riel DIN 35mm. se realiza el procedimiento que se muestra en la Figura. 6. 1.:

1. Se engancha la parte superior del dispositivo al riel DIN y se lo mantiene a un ángulo aproximado de 10° sobre el riel.
2. Se ejerce presión contra el riel hasta que la parte inferior del dispositivo quede sujeta a ésta.

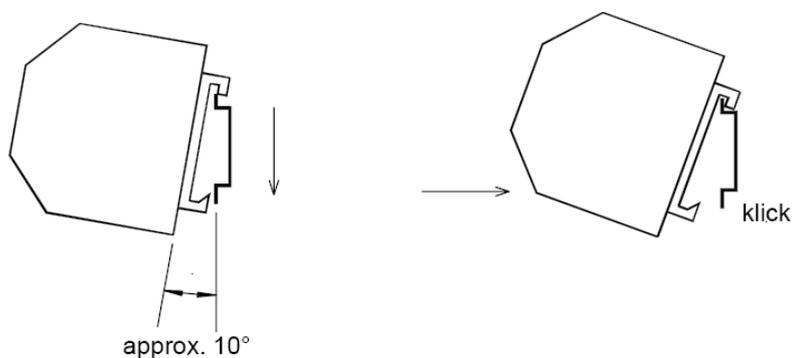


Figura. 6. 1. Montaje del MINISTART 5.5B sobre la riel DIN 35mm.

Para remover el dispositivo arrancador se realiza el procedimiento que se muestra en la Figura. 6. 2.:

1. Se presiona el dispositivo hacia abajo y se hala hasta lograr que el gancho bajo se salga de la riel DIN.

2. Se hala el dispositivo hacia arriba.

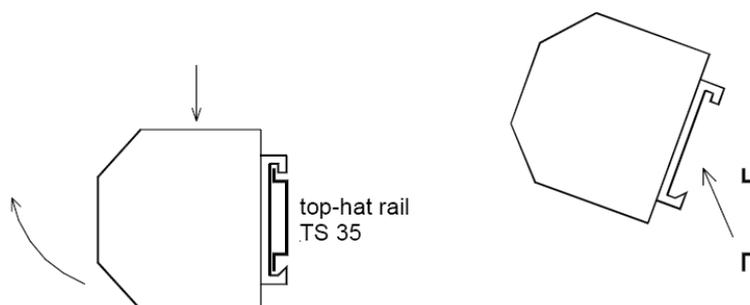


Figura. 6. 2. Desmontaje del MINISTART 5.5B

Las conexiones del MINISTART 5.5B deben realizarse tal como se indica en el diagrama de conexiones.

6.2.2.2 Instalación del Freno BR230-20. El freno BR230-20 se instala sobre un riel DIN 35mm. sobre una superficie vertical. Las conexiones que deben realizarse son de acuerdo al diagrama de conexiones.

6.2.3 Instalación del Computador y Programa

6.2.3.1 Instalación del Computador. El CPU del computador debe instalarse sobre la superficie horizontal determinada dentro del armario de la Balanceadora. Sobre este espacio existe uno de mayor capacidad con una puerta transparente, el cual es para el monitor. El teclado se incluye sobre una superficie móvil, para poder sacarlo del armario para el manejo del programa de la Balanceadora TIRA K300. El armario donde se instala el computador debe estar en un lugar limpio y libre de vibraciones. La temperatura ambiente debe estar entre 15°C – 25°C.

Dentro del computador se encuentran tarjetas de adquisición de datos con salida externa detrás del CPU. A este lugar del CPU se deben conectar los siguientes cables:

- Transmisor izquierdo
- Transmisor derecho
- Codificador
- Cable de control (DB-25)
- Teclado
- Monitor
- Impresora
- Cables de conexión eléctrica

6.2.3.2 Instalación del Sistema Operativo DOS 6.22. Para la instalación del Sistema Operativo DOS 6.22 se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se debe asegurar que el disco duro está vacío, para ello se lo debe formatear. Para formatear se ingresa el disquete con la etiqueta “MS-DOS V. 6.22 Disco de inicio”.
2. Se reinicia el computador y se deja que realice los procesos del disquete.
3. Cuando está el prompt A:\> se tecldea “format c: /s”. A la pregunta de si está seguro se contesta con “Y” (Sí).
4. Cuando termina de formatear se retira el disquete y se ingresa el disquete con la etiqueta “MS-DOS V. 6.22 Disco de Instalación 1 de 3”.
5. Se reinicia el computador. Con este disquete comienza la instalación del Sistema Operativo DOS 6.22. Al seguir con el proceso de instalación automáticamente pide el disquete 2, este disquete es de la etiqueta “MS-DOS V. 6.22 Disco de Instalación 2 de 3”. Luego pide ingresar el disquete 3, y el que se ingresa es el “MS-DOS V. 6.22 Disco de Instalación 3 de 3”. Con este disquete finaliza la instalación.

6. Para instalar funciones extra del Sistema Operativo DOS 6.22 se inserta el disquete de la etiqueta “Zusatzdiskette MS-DOS Series Version 6.22” y se tecldea en A:\> install ↵

7. Se deja que se instalen las funciones extra y se reinicia el computador.

6.2.3.3 Instalación de Windows 3.1. La instalación de este sistema operativo es para poder instalar la impresora EPSON LQ-100. Los disquetes para instalación de Windows 3.1 no son booteables, es decir, no se puede instalar directamente el sistema operativo desde éstos como se realiza con el DOS 6.22.

Para la instalación de Windows 3.1 realice los siguientes pasos:

1. Reinicie el computador.

2. Cree en C:\ el directorio WIN31.
C:\> md win31 ↵

3. Verifique que la carpeta se creó con el comando dir.

4. Ingrese sucesivamente los disquetes con etiqueta “windows 3.1” y copie todos los archivos.
C:\> copy a:*.* c:\win31*.* ↵

5. Cuando se han copiado todos los archivos, retire el último disquete e ingrese a la carpeta win31.
C:\> cd win31 ↵

6. Ejecute el archivo “instalar.exe”.
C:\win31\> instalar ↵

7. En ese momento comienza la instalación de Windows 3.1. Siga los pasos que se indican en la instalación.
8. Reinicie el computador y para ingresar a Windows 3.1 se escriba en C:\>.
C:\> cd Windows ↵
C:\> win ↵
9. Inserte el disquete con la etiqueta “ESS Epson Instalador Impresora ...”
10. Ingrese al administrador de archivos y seleccione el disquete, es decir, la unidad A:.
11. Seleccione la carpeta WIN31 que está en el disquete. Los archivos y directorios del disquete se presentan en el lado izquierdo de la pantalla cuando ha seleccionado la unidad A:.
12. Seleccione y ejecute el archivo “install.exe”.
13. Aparece la pantalla de instalación de la impresora que se muestra en la Figura. 6. 3. Siga las instrucciones que le indica.

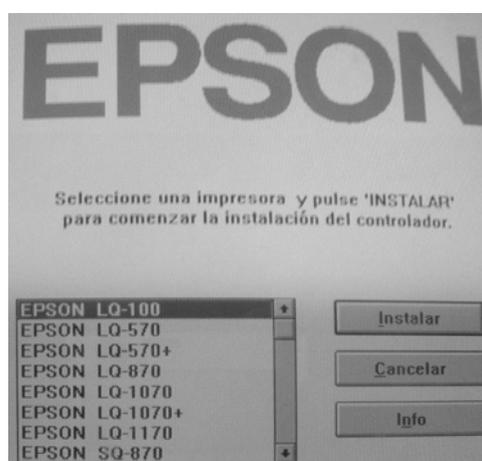


Figura. 6. 3. Pantalla de instalación de la impresora EPSON LQ-100

14. Cierre todas las ventanas y salga de Windows.

15. Reinicie el computador.

6.2.3.4 Instalación del Programa TIRA X9000. Para la instalación del programa perteneciente a la Balanceadora TIRA K300 se realizan los siguientes pasos:

1. Cuando se inicie el computador se inserta el disquete con la etiqueta "Installations diskette K300/400". Se ingresa a A:\ y se ejecuta install:

```
C:\> a: ↵
```

```
A:\> install ↵
```

2. Se sigue los pasos indicados en la instalación. Luego de que se instala el programa aparece en C:\ la carpeta wuchten. Para revisar que se haya creado escriba:

```
C:\> dir ↵
```

3. Se saca el disquete de instalación de TIRA X9000 y se inserta el de la etiqueta "c:\>wuchten"

4. Se copia el archivo rot_hori.dat

```
C:\> copy a:\wuchten\rot_hori.dat c:\wuchten\rot_hori.dat ↵
```

5. Se reinicia el computador y automáticamente accede al programa TIRA X9000.

6.2.4 Ubicación de los dispositivos

Los dispositivos y, en general, el circuito eléctrico y electrónico debe ubicarse en un lugar de fácil acceso, de manera que sea factible su revisión o su reparación cuando ocurra una falla.

Otro punto importante de la ubicación de los dispositivos es que el lugar donde se localicen esté libre de humedad y suciedad.

6.2.5 Cajas de los dispositivos

Los dispositivos eléctricos tienen su cobertura de acuerdo a las condiciones de operación para las que están fabricados, las cuales los protegen contra maltrato mecánico, manipulaciones indebidas y condiciones ambientales. Además evitan accidentes del personal, ya que aíslan las partes conductoras de corriente.

6.2.6 Limpieza de dispositivos

La suciedad en cualquier equipo electrónico puede causar mal funcionamiento o incluso una falla grave. La suciedad atrae humedad, lo que contribuye a la aparición de fallas. Se debe limpiar periódicamente, puede ser con un sistema de aspiración o sopleado de aire comprimido, a presión no muy elevada.

Una forma sencilla de eliminar la suciedad, el aceite y la humedad es a través del frotamiento de las superficies con un paño y solventes adecuados. Se requiere cuidado especial para retirar el polvo magnético que se acumula en partes imanadas.

6.2.7 Revisión de contactos

6.2.7.1 Limpieza de contactos. La oxidación que se produce, especialmente en los contactos de cobre, eleva la resistencia del contacto y no es un buen conductor de electricidad, lo que causa sobrecalentamiento y daño del contacto. Para retirar esta película de óxido se debe usar una lija de grueso medio y se debe evitar cambiar la forma del contacto.

6.2.7.2 Reemplazo de contactos. Los contactos sufren gran desgaste mecánico por su acción de abrir o cerrar un circuito. En el proceso del desgaste, se afecta la capacidad de conducción del contacto, lo que produce sobrecalentamiento. Esto

se puede evitar reemplazando los contactos muy delgados o deteriorados. Este reemplazo debe realizarse por pares de contactos, ya que como la operación de los contactos es en pares, el trabajo de un contacto viejo y uno nuevo puede acarrear fallas tempranas.

6.2.8 Voltaje de bobinas

Las bobinas deben trabajar entre el 85% y el 110% de su voltaje nominal, para garantizar un buen cierre de los contactos. Este voltaje debe medirse en los terminales de las bobinas. “Tanto los sobrevoltajes como los bajos voltajes son causa para el sobrecalentamiento de la bobina y para el desgaste y destrucción de los contactos (¹²)”.

6.2.9 Repuestos

Se debe contar con un suministro aceptable de repuestos, de modo que si ocurre una falla, el tiempo que la Balanceadora TIRA K300 esté fuera de operación sea mínimo. En lo posible, se debe tener las piezas más comunes y de bajo costo.

6.2.10 Revisión de conexiones

Si se ha realizado una reparación o un cambio de dispositivo debe asegurarse que las conexiones son las correctas.

Revise periódicamente que los contactos estén ajustados pero no excesivamente, debido a que los tornillos que unen las conexiones pueden sufrir deformaciones y aflojar la conexión. Una conexión floja es difícil de localizar y representa un problema inminente.

6.2.11 Mantenimiento preventivo del Computador

Las fallas más frecuentes que se producen en el computador se deben a la acumulación de polvo en los componentes internos, ya que éste actúa como aislante térmico y evita que el calor generado por los elementos internos del

¹² MOLINA, Jorge, *Apuntes de Control Industrial*, Tercera edición, Quito

computador se disperse adecuadamente. Es por esto que se necesita realizar una limpieza periódica del computador ⁽¹³⁾.

6.2.11.1 Limpieza del CPU. Dependiendo del lugar donde se encuentra el computador, se acumula en mayor o menor medida el polvo, el cual unido a un ambiente húmedo puede convertirse en un conductor de electricidad y dañar los componentes electrónicos. A más de eso puede interferir en la acción de los ventiladores lo que produce sobrecalentamiento.

Para realizar esta tarea es necesario contar con las herramientas necesarias, entre ellas pinzas, destornilladores de diferentes medidas, planos y de estrella, brocha de cerdas rígidas para retirar el polvo adherido a los componentes, aspiradora para recoger el polvo, un producto desengrasante, etc.

Hay que tomar en cuenta que el polvo principalmente se acumula en los ventiladores, disminuyendo su capacidad de enfriamiento, lo que genera fallas en el sistema.

6.2.11.2 Limpieza de periféricos. Los periféricos como el monitor, el teclado y la impresora necesitan de una limpieza externa con una solución limpiadora.

6.2.12 Mantenimiento Preventivo del Programa TIRA X9000

Antes de balancear un rotor, realice el ajuste del sensor para obtener resultados precisos.

Guarde periódicamente en un disquete el archivo rot_hori.dat para mantener los resultados de las operaciones de balanceo realizadas y además como respaldo en caso de que se necesite reinstalar el programa TIRA X9000.

¹³ redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/cursos/sepacomputo/manten.pdf

Para guardar el archivo rot_hori.dat realice lo siguiente:

1. Termine todos los trabajos de balanceo que esté realizando.
2. Termine el programa TIRA X9000 presionando <ALT> + <X> en la pantalla de inicio.
3. En la pantalla aparecerá C:\WUCHTEN>
4. Inserte un disquete.
5. Escriba el siguiente comando en la pantalla para copiar:
C:\WUCHTEN>copy c:\wuchten\rot_hori.dat a: ↵
6. Si quiere volver al programa TIRA X9000 ejecute el archivo intern.exe que está dentro de la carpeta WUCHTEN:
C:\WUCHTEN>intern ↵

También es importante que tenga un respaldo de las estadísticas de los trabajos de balanceo que haya realizado. Para esto realice lo siguiente:

1. Termine todos los trabajos de balanceo que esté realizando.
2. Termine el programa TIRA X9000 presionando <ALT> + <X> en la pantalla de inicio.
3. En la pantalla aparecerá C:\WUCHTEN>
4. Inserte un disquete.

5. Escriba el siguiente comando para copiar los archivos de estadísticas:

```
C:\WUCHTEN> copy c:\wuchten\*.st a: ↵
```

6.2.13 Mantenimiento Preventivo del Motor ⁽¹⁴⁾

6.2.13.1 Análisis general del motor. Este análisis se realiza de forma visual, tratando de ubicar fallas en el exterior de la máquina como eje torcido, conexiones o conductores en mal estado, zonas quemadas, etc. Si existe alguna irregularidad se realizan otras pruebas para confirmar el estado del motor.

6.2.13.2 Revisión de elementos móviles. Si se escucha ruido cuando el motor está en movimiento puede ser debido a falta de grasa o desgaste en los rodamientos. También se debe verificar si los pernos de sujeción del motor a la caja están ajustados.

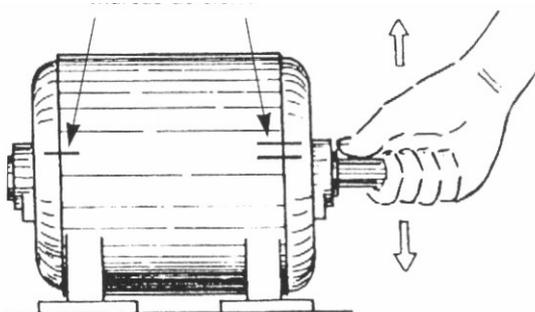


Figura. 6. 4. Prueba para revisar los rodamientos

Para revisar los rodamientos, con el motor parado se toma su eje y se intenta moverlo en diferentes direcciones, como se muestra en la Figura. 6. 4. Si hay movimiento del eje respecto al cuerpo del motor se debe cambiar rodamientos.

¹⁴ PERAGALLO, Raúl, *Manual Básico de Motores Eléctricos*, Cuarta Edición, Editorial Paraninfo, Madrid 2000

6.2.13.3 Comprobación de circuitos. Para la comprobación de circuitos se utiliza un megaóhmetro.

6.2.13.3.1 Localización de derivaciones. La derivación es toda unión eléctrica entre el devanado de un motor y el estator. Con el funcionamiento del motor, el polvo, el calentamiento de los devanados, la temperatura y la humedad del ambiente, se va disminuyendo la resistencia óptima entre el devanado del motor y la carcasa. En condiciones normales, el aislamiento entre el devanado y la carcasa debe ser infinito, es decir, de un valor muy elevado. Para localizar estas derivaciones se utiliza un megaóhmetro, tocando uno de sus conductores al motor y el otro a cada circuito, tal como se muestra en la Figura. 6. 5. Si el megaóhmetro marca cero, hay una derivación.

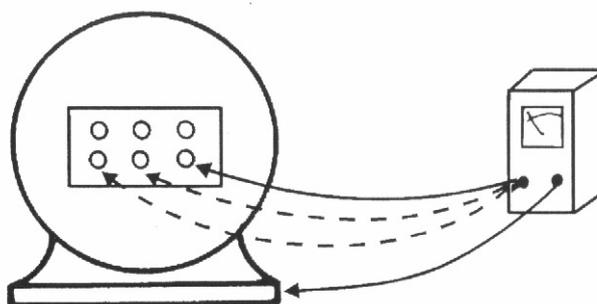


Figura. 6. 5. Localización de derivaciones

Para reparar la derivación se introduce un nuevo material aislante entre el núcleo y la bobina afectada. Si esto no es posible se debe proceder al rebobinado del motor.

Es importante realizar la verificación del aislamiento, ya que al existir una derivación, no solo hay peligro para la máquina, sino también para el operador.

6.2.13.3.2 Localización de cortocircuitos. Los cortocircuitos entre bobinas se producen por falla de los aislamientos, debido a su calentamiento excesivo o por someter al motor a cargas excesivas. Los cortocircuitos se detectan porque hay

humo cuando funciona el motor o porque éste requiere de una corriente excesiva cuando funciona sin carga.

Se pueden detectar dos tipos de cortocircuitos:

Cortocircuito entre fases. En este tipo de cortocircuitos puede ocurrir que los dispositivos de protección salten antes de que el motor arranque, o en el peor de los casos, que exista una gran impedancia por la cantidad de espiras intercaladas, el motor arranca y se sobrecalienta, incluso llegando a quemarse. El procedimiento para realizar esta prueba se muestra en la Figura. 6. 6.

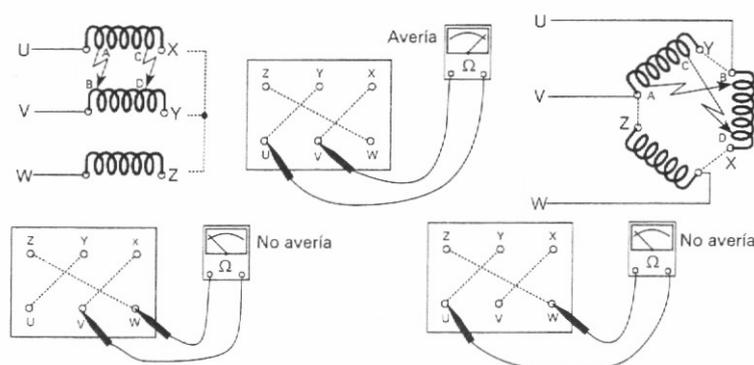


Figura. 6. 6. Localización de cortocircuitos entre fases

Cortocircuito de espiras en una misma fase. Si el cortocircuito es en el devanado del estator, es posible que el motor no arranque. Si el cortocircuito en el estator se da cuando el motor está girando, se sobrecalentará y aumentará la corriente de la fase defectuosa, lo que hará que el relé térmico actúe y desconecte el motor.

Si el cortocircuito es en el rotor de un motor de anillos, si el motor está parado es posible que arranque, pero con mucho ruido y la corriente absorbida oscilará durante el arranque.

6.2.13.3.3 Localización de interrupciones. Las interrupciones se deben a la ruptura del hilo en una bobina o por conexiones flojas. Esto se manifiesta con arranques difíciles o cuando el motor no llega a su velocidad nominal o no arranca.

Para reparar una interrupción se localiza el lugar exacto de la misma y se procede a su reconexión. El procedimiento para realizar esta prueba se muestra en la Figura. 6. 7.

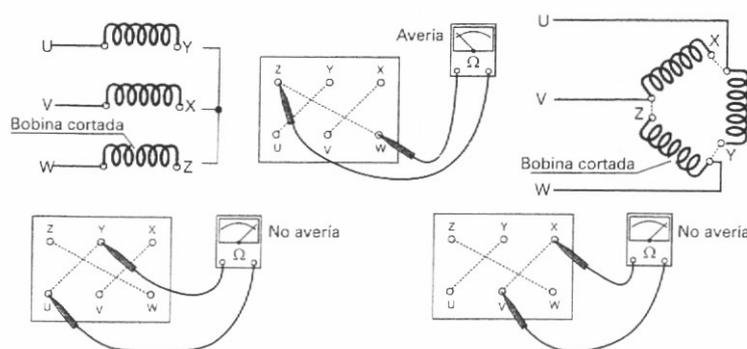


Figura. 6. 7. Localización de interrupciones

6.2.13.3.4 Determinación de la polaridad correcta. Cuando las bobinas no están conectadas correctamente se produce un funcionamiento incorrecto del motor, arranca con dificultad o no puede arrancar. La forma más óptima de determinar si las bobinas están conectadas correctamente es alimentar cada fase a un voltaje continuo, de entre 6 y 12V y recorrer el bobinado con una brújula. Si la brújula indica norte y sur en forma intercalada, la polaridad es correcta.

6.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es un tipo de mantenimiento que se ocupa de la reparación de un equipo cuando se ha producido una falla. Existen dos tipos de mantenimiento correctivo:

- **No Planificado.** Ocurre cuando se necesita una reparación urgente del equipo, para evitar daños materiales o personales más graves de los que se hayan producido en el momento de la falla.
- **Planificado.** Se presenta cuando se necesita realizar la reparación de un equipo sin interferir con la producción. Este tipo de mantenimiento se lo programa con anticipación y se organiza el trabajo de modo que la maquinaria funcione normalmente y la reparación se haga en tiempos determinados, con el personal y los repuestos necesarios.

6.3.1 Daños en los contactores

En la Tabla. 6.1. se indican los problemas que pueden ocurrir en los contactores, sus causas y cómo resolverlos.

Tabla. 6. 1. Posibles daños en los contactores

Problema	Causa	Solución
El contactor no funciona.	No llega voltaje a la bobina.	Comprobar conexiones y revisar los circuitos principal y auxiliar del contactor.
		Revisar el voltaje en las líneas de alimentación principal.
	No hay suficiente voltaje en la bobina.	Localizar el punto donde se produce la caída de voltaje.
	Pieza interior en posición anormal.	Revisar la acción de las partes móviles del contactor.
	Bobina interrumpida.	Cambiar de bobina.
	Relé térmico disparado.	Resetear el relé térmico.

El contactor no se enclava.	Conexiones incorrectas o no hay conexión.	Comprobar esquema de conexiones.
	No cierra el contacto de enclavamiento.	Revisar el estado del contacto y cambiarlo si es necesario.
El contactor no abre al pulsar el botón de STOP.	Conexiones incorrectas o no hay conexión.	Comprobar esquema de conexiones.
	Falla en el pulsador de STOP.	Revisar, reparar o cambiar el pulsador de STOP.
	Contactor inmóvil.	Revisar la acción de las partes móviles del contactor.
	Contactos soldados.	Revisar si hay cortocircuito o caída de tensión en los contactos y cambiarlos si es necesario.
El contactor no cierra bien o produce mucho ruido.	No hay suficiente voltaje en la bobina.	Revisar el circuito y comprobar el voltaje de línea.
	El voltaje cae en el arranque.	Cambiar la bobina.
		Alimentar independientemente el circuito de mando.
	Conexiones incorrectas.	Revisar el diagrama de conexiones.
	Espira de sombra rota.	Cambiar la espira o el núcleo del electroimán.
	Algo impide que el electroimán se cierre.	Limpiar las superficies de atracción.
Comprobar la acción de las piezas móviles.		

		Comprobar la posición de los contactos.
	Superficies de atracción dañadas.	Reparar las superficies de atracción, conservando el entrehierro.
	Superficies de atracción desgastadas.	Cambiar las armaduras del electroimán.
El contactor cambia de posición (abre, cierra) por intervalos.	Relé térmico no bloqueado.	Cambiar el dispositivo de bloqueo del relé térmico.

6.3.2 Daños en los contactos de los contactores

En la Tabla. 6.2. se indican los problemas que pueden ocurrir los contactos de los contactores, sus causas y cómo resolverlos.

Tabla. 6. 2. Posibles daños en los contactos de los contactores

Problema	Causa	Solución
Los contactos se sobrecalientan.	Oxidación de las superficies de los contactos.	Si los contactos son de cobre, lijarlos levemente para retirar el óxido.
	Puntos de contacto flojos.	Limpiar y apretar los tornillos. Determinar si hay caída de tensión en ellos.
	Presión baja de contactos.	Sustituir los contactos gastados.
Los contactos se han desgastado rápidamente.	Corriente excesiva.	Sustituir el contactor por otro que soporte más corriente.
	Se ha lijado los contactos	Cambiar los contactos.

	y han quedado muy delgados.	No lijar los contactos que no sean de cobre. Lijar los contactos de cobre solo para quitar el óxido. No cambiar la forma del contacto.
Los contactos ejercen presión débil o no ejercen presión.	Falla del resorte.	Revisar temperatura de las piezas.
	Bajo voltaje de alimentación.	Corregir la tensión de alimentación.
Los contactos están soldados.	Accionamiento en intervalos cortos.	Reemplazar el contactor por otro de acuerdo a la categoría de servicio.

6.3.3 Daños en las bobinas de los contactores

En la Tabla. 6.3. se indican los problemas que pueden ocurrir en las bobinas de los contactores, sus causas y cómo resolverlos.

Tabla. 6. 3. Posibles daños en las bobinas de los contactores

Problema	Causa	Solución
La bobina se sobrecalienta.	Temperatura superior a 35°C.	Cambiar de lugar el contactor.
	Bobina con categoría de servicio incorrecta.	Cambiar por una bobina de acuerdo a la categoría de servicio.
	Cortocircuito en las espiras de la bobina.	Cambiar de bobina.
	Bajo voltaje de alimentación.	Comprobar que el voltaje de alimentación de la bobina no sea menor al 85% de su voltaje nominal.

		Comprobar que todas las conexiones del circuito de alimentación estén ajustadas.
	Sobrevoltaje.	Comprobar que el voltaje de alimentación de la bobina no sea mayor al 110% de su voltaje nominal.
La bobina está rota.	Vibración del circuito magnético.	Ajustar el circuito y cambiar la bobina.
	La bobina no está bien sujeta al núcleo.	Cambiar la bobina y realizar el ajuste conveniente al núcleo.

6.3.4 Fallas en el motor

Los motores eléctricos son máquinas confiables, que no requieren un mantenimiento específico y que son capaces de funcionar en condiciones óptimas por muchos años.

Cuando hay una falla en el motor se debe tener en cuenta si el motor es el que falla o la falla se debe a una causa externa. De ser así, es preciso eliminar la causa del daño y reemplazar el motor si así lo requiere.

La falla más común es cuando el motor no arranca. Esto se debe principalmente a causas externas, como que al motor no llega el voltaje necesario, cargas excesivas del motor o una conexión mal hecha. También es común la falta de lubricación interna del motor que evita su rotación.

Otro problema importante en el motor es la temperatura excesiva, ya que esto definitivamente disminuye la vida útil del motor. La temperatura del motor no debe ser mayor a 40°C sobre la temperatura ambiente (aproximadamente 70°C).

En la Tabla. 6.4. se indican los problemas que pueden ocurrir en un motor, sus causas y cómo resolverlos.

Tabla. 6. 4. Posibles daños en el motor

Problema	Causa	Solución
El motor no arranca.	No llega suficiente corriente al motor.	Verificar el voltaje de alimentación. Revisar las conexiones del motor.
	Le falta una fase.	
	El voltaje es insuficiente o la carga es excesiva.	Verifique las conexiones del motor en sus bornes y la carga del motor.
	Devanado a masa.	Revisar aislamiento de los devanados.
	El eje del motor no se mueve.	Lubricar los cojinetes para facilitar la rotación del eje de motor.
El motor no arranca porque falta una o dos fases.	Fusibles fundidos.	Reponer fusibles.
	Falla en el relé térmico.	Resetear el relé y si se requiere, cambiarlo.
	Falla en el circuito auxiliar del contactor.	Revisar conexiones y elementos. Sustituir si es necesario.
El motor arranca con dificultad.	Forma de arranque incorrecta.	Verificar conexiones o determinar un mejor arranque.
El motor no alcanza su velocidad nominal.	Voltaje insuficiente o caída de voltaje excesiva.	Revisar el voltaje de la red.
	Fase cortada en el estator.	Revisar voltaje y devanado.
	Hay Cortocircuito.	Revisar devanados y reparar.
	Hay derivaciones.	Revisar devanados y

		reparar.
El motor no gira en el sentido correcto.	Conexiones incorrectas.	Revisar conexiones. Realizar el cambio en las conexiones.
El motor absorbe demasiada corriente cuando está en funcionamiento.	Carga excesiva	Verificar carga.
	Hay cortocircuito en el estator.	Revisar el aislamiento de los devanados y si es necesario, rebobinar el motor.
El motor absorbe demasiada corriente en el arranque.	Carga elevada en el momento de la conexión.	Revisar la carga del motor.
El motor se calienta mucho.	Sobrecarga en el motor.	Verificar carga.
	Falta de ventilación.	Limpiar las rejillas o ductos de ventilación.
		Revisar el estado del ventilador si lo tiene.
	Motor conectado en triángulo en lugar de estrella.	Verificar y realizar reconexiones necesarias en los bornes del motor.
	Cortocircuito en el estator.	Verificar los devanados del motor.
	Voltaje de alimentación excesivo.	Corregir el voltaje.
	Fusible fundido.	Cambiar fusible.
El motor produce humo y se quema	Cortocircuito entre fases o entre espiras.	Verificar los devanados y rebobinar o cambiar de motor.
	Falta ventilación.	Limpiar las rejillas o ductos de ventilación.
Los fusibles están fusionados o el disyuntor se dispara.	Cortocircuito entre los conductores que se conectan al motor.	Reemplazar los conductores.

	Cortocircuito en el motor.	Revisar los devanados y reparar o rebobinar.
	Conexión errónea en los bornes del motor.	Revisar las conexiones y realizar las conexiones correctas.
El motor produce mucho ruido.	Hay vibraciones.	Verificar pernos de sujeción y cojinetes.
	Cortocircuito en el rotor.	Verificar devanado del rotor y reparar.
	Barra del rotor rota.	Verificar el estado de la barra del rotor.

6.3.5 Daños en el computador

Generalmente, los daños en el computador se deben a sobrevoltajes en la alimentación o acumulación de polvo. Si va a reemplazar algún elemento dentro del CPU, como una tarjeta de adquisición o la fuente de poder, asegúrese de cumplir con las siguientes normas de seguridad:

- Desconecte la energía del computador.
- Desmagnetícese tocando cualquier parte metálica por dos minutos.
- Fíjese el lugar que ocupa cada uno de los dispositivos.
- Evite tocar los dispositivos electrónicos de la tarjeta madre y el disco duro con los dedos o con elementos metálicos.

En la Tabla. 6. 5. se consideran los problemas más frecuentes por los que el computador dejaría de funcionar y sus soluciones.

Tabla. 6. 5. Posibles daños en el computador

Problema	Causa	Solución
La computadora no se prende.	Cable de alimentación dañado o flojo.	Verificar la conexión del cable al tomacorriente y a la parte posterior del computador.
	El tomacorriente no sirve.	Verificar que el voltaje es 230V. Cambiar de tomacorriente.
	La fuente de poder está quemada.	Cambie de fuente de poder.
El computador arranca pero no aparece nada en la pantalla.	Cable de alimentación dañado o flojo.	Verificar la conexión del cable al tomacorriente y al monitor.
	Controles de contraste y brillo están al mínimo.	Ajustar adecuadamente los controles de contraste y brillo para ver la imagen en pantalla.
	Cable de video flojo.	Verificar que el cable esté conectado correctamente a la tarjeta de video.
El teclado no funciona.	Cable del teclado flojo.	Verifique que el cable del teclado esté conectado correctamente en la parte posterior del computador.
El sistema no arranca.	Falla del sistema operativo.	Reinstalar el sistema operativo DOS 6.22.

6.3.5.1 Cambio de fuente. Para cambiar la fuente de poder asegúrese que el tipo de fuente sea AT y proceda con lo siguiente:

1. Apague y desconecte el computador.
2. Desconecte los cables del teclado, monitor, impresora y tarjetas de adquisición.
3. Retire la tapa del CPU.
4. Retire la fuente y los conectores de ésta hacia la tarjeta madre, disco duro, disco flexible, etc.
5. Coloque la nueva fuente, enchufando primero las conexiones a la tarjeta madre. Se debe tener especial cuidado en esto debido a que una conexión errónea puede quemar la tarjeta. Los conectores que van a la tarjeta son los etiquetados P8 y P9, para conectarlos ponga los conectores de modos que los cables negros de cada conector estén uno al lado del otro, tal como se muestra en la Figura. 6. 8.

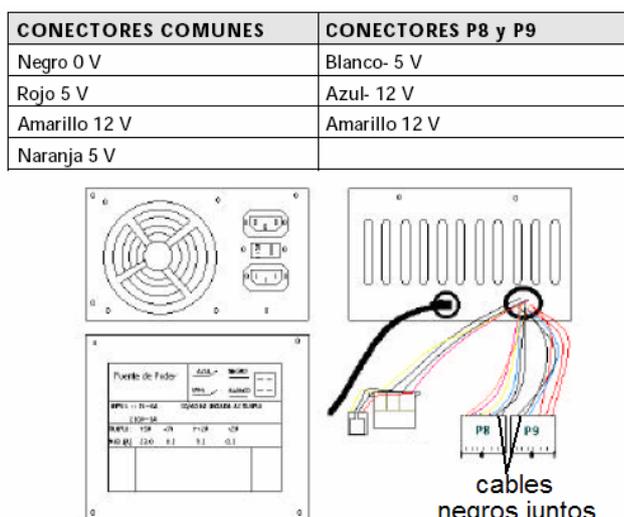


Figura. 6. 8. Fuente de poder

-
6. Los demás conectores van de modo que el cable amarillo esté hacia fuera del dispositivo. No force los conectores, éstos ingresan en un solo sentido.
 7. Si desconectó un bus, observe con cuidado sus cables y haga que coincida el que tiene filamento rojo (Pin 1) con el número 1 o una flecha que está cerca del lugar donde se inserta el bus.
 8. Verifique las conexiones.
 9. Ponga la cubierta del computador.
 10. Conecte los periféricos a la parte posterior del computador.

6.3.5.2 Cambio de tarjeta de adquisición. Si existe falla en la tarjeta, y requiere cambio realice lo siguiente:

1. Apague y desconecte el computador.
2. Retire la tapa del CPU.
3. Desconecte los cables del teclado, monitor, impresora y tarjetas de adquisición.
4. Retire los buses y conectores que unen la tarjeta de adquisición con las otras tarjetas, cuidando de revisar el lugar y cómo están conectados estos cables.
5. Retire los tornillos que sujetan la tarjeta a la carcasa del computador.

6. Retire con cuidado la tarjeta de su ranura, la ranura de la tarjeta es del tipo ISA, la cual se presenta en la Figura. 6. 9.

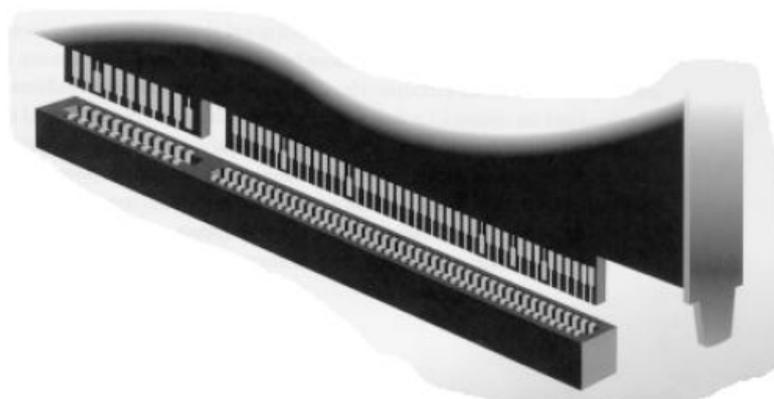


Figura. 6. 9. Ranura ISA para tarjeta de adquisición

7. Inserte la nueva tarjeta de la misma forma que estaba la anterior.
8. Conecte los buses y cables que la unen a las otras tarjetas.
9. Ponga la tapa de la carcasa.
10. Conecte los periféricos al computador.
11. Conecte los cables de alimentación.

6.3.6 Fallas en el programa TIRA X9000

Las fallas que puedan presentarse en el programa TIRA X9000, generalmente vendrán como consecuencia de una falla propia del computador.

6.3.6.1 Problema con la ejecución automática del programa. Si el programa no corre automáticamente luego del arranque del computador pruebe lo siguiente:

1. Cuando en la pantalla aparezca C:\> ingrese a la carpeta del programa
C:\> cd wuchten ↵
2. Ya dentro de la carpeta, ingrese el nombre del archivo ejecutable del programa para ingresar al mismo
C:\WUCHTEN> intern.exe ↵

6.3.6.2 Problemas con los archivos del programa. Si tiene algún problema al realizar el procedimiento anterior, no encuentra la carpeta o no ingresa al programa con el archivo “intern.exe” necesita reinstalar el programa. Para reinstalar el programa asegúrese de contar con un respaldo de los archivos de estadísticas (*.st) y el archivo “rot_hori.dat”. Si no los tiene y aún se encuentra en C:\ la carpeta WUCHTEN obtenga los respaldos en un disquete. Para obtener los respaldos realice lo siguiente:

1. Inserte un disquete.
2. Escriba el comando en la pantalla para copiar los archivos de estadísticas
C:\> copy c:\wuchten*.st a: ↵
3. Escriba el comando en la pantalla para copiar el archivo rot_hori.dat
C:\WUCHTEN>copy c:\wuchten\rot_hori.dat a: ↵
4. Luego borre la carpeta WUCHTEN con el comando siguiente:
C:\> deltree c:\wuchten

Para reinstalar el programa TIRA X9000 reinicie el computador y siga los pasos de instalación del programa TIRA X9000 en la sección .

6.3.6.3 No aparecen los datos de balanceo del rotor en el programa TIRA X9000. Si en la pantalla de balanceo del rotor no aparece alguno de los datos que deben presentarse en los gráficos o la velocidad en tiempo real, suspenda la operación de balanceo, salga del programa, apague la balanceadora y revise en la parte posterior del CPU si todos los cables de conexión están conectados. Si con esta revisión aún no aparecen los datos, es posible que la tarjeta deba ser cambiada.

CAPÍTULO 7

MANUAL DE USUARIO DE LA BALANCEADORA TIRA K300

7.1 INTRODUCCIÓN

El capítulo presente corresponde al manual de usuario para utilizar la Balanceadora TIRA K300 y el programa TIRA X9000, parte importante para poder realizar un buen trabajo de determinación de balanceo de una máquina rotatoria.

Este manual de usuario se divide en las siguientes partes:

- Requisitos del rotor a balancear
- Partes de la Balanceadora TIRA K300
- Instalación del rotor en la Balanceadora TIRA K300
- Encendido de la Balanceadora TIRA K300
- Programa TIRA X9000

7.2 REQUISITOS DEL ROTOR A BALANCEAR

El rotor que se va a balancear debe tener las siguientes características físicas:

- Peso: 3 – 300 Kg.
- Diámetro máximo: 1000 mm.
- Diámetro del eje: 15 – 120mm.

Estas características son necesarias para que la Balanceadora TIRA K300 tenga condiciones óptimas de funcionamiento. En caso de que se necesite balancear un rotor de un diámetro máximo de 1000mm., la Balanceadora cuenta con una plataforma adicional.

7.3 PARTES DE LA BALANCEADORA TIRA K300

Como se muestra en la Figura. 7. 1., la máquina balanceadora K300 está formada por las siguientes partes:

1. caja del motor
2. plataforma de la máquina
3. soportes removibles
4. armario de control, que contiene un computador, monitor y teclado
5. plataforma adicional

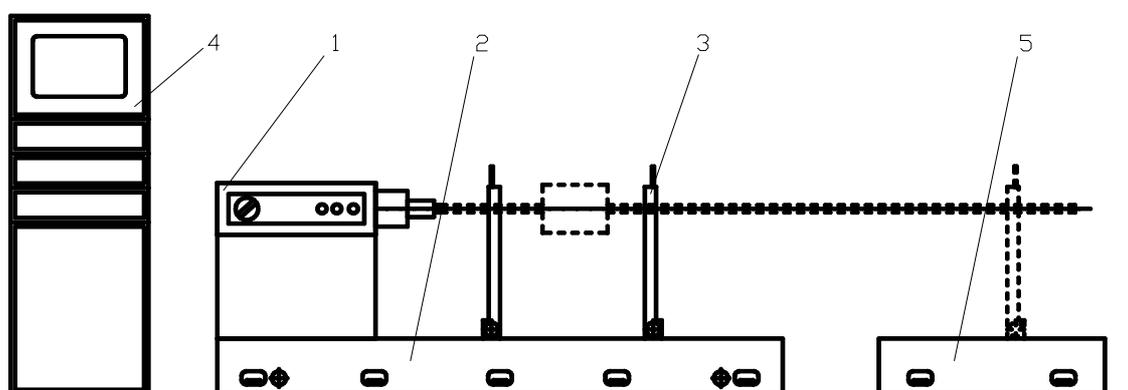


Figura. 7. 1. Partes de la Balanceadora TIRA K300

En la caja del motor hay un panel de control, tal como se muestra en la Figura. 7. 2., el que contiene los siguientes elementos:

1. Interruptor principal encendido/apagado de la Balanceadora TIRA K300
2. Pulsador n1 para velocidad mínima del motor
3. Pulsador n2 para velocidad máxima del motor
4. Pulsador de parada

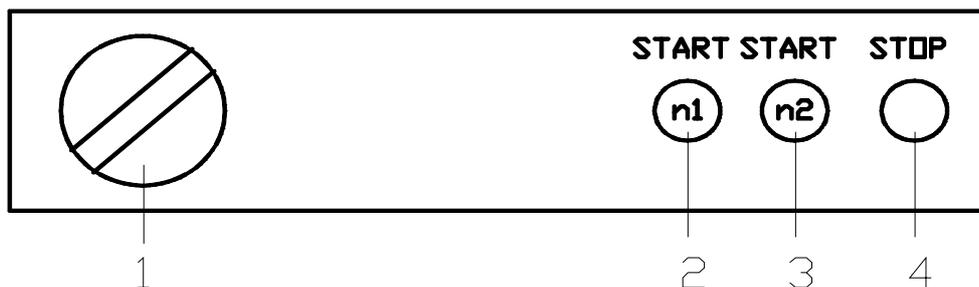


Figura. 7. 2. Elementos del panel de control ubicado en la caja del motor

7.4 INSTALACIÓN DEL ROTOR EN LA BALANCEADORA TIRA K300

El rotor debe colocarse sobre los soportes removibles, los cuales se pueden desplazar sobre la superficie de la plataforma, de manera que los extremos izquierdo y derecho del eje del rotor queden sobre el soporte respectivo. Para asegurar que el rotor no salga expedido fuera de la máquina, produciendo accidentes, en la parte superior de cada soporte existe un seguro, el cual se debe ubicar lo más cerca del extremo del rotor sin rozarlo, de modo que no impida el giro del rotor.

7.5 ENCENDIDO DE LA BALANCEADORA TIRA K300

Asegúrese de que los cables de alimentación principal de la Balanceadora TIRA K300 estén conectados. Además que los cables de alimentación del computador y los cables de adquisición de datos estén conectados correctamente en los puertos respectivos del computador. Para ello, cada cable y cada puerto están etiquetados.

Para encender la Balanceadora TIRA K300, cambie de la posición "OFF" a la posición "ON" al interruptor principal de la balanceadora, el cual se encuentra en el lado izquierdo del panel de control ubicado en la parte superior de la caja del motor. Al colocar el interruptor en la posición de encendido, se energiza todo el sistema eléctrico y electrónico de la máquina y el computador se prende automáticamente.

7.6 PROGRAMA TIRA X9000

7.6.1 Inicio del Programa TIRA X9000

Cuando se enciende la Balanceadora TIRA K300 y se prende el computador, luego de iniciar sus funciones principales, automáticamente ingresa al programa TIRA X9000 y se presenta su página inicial.

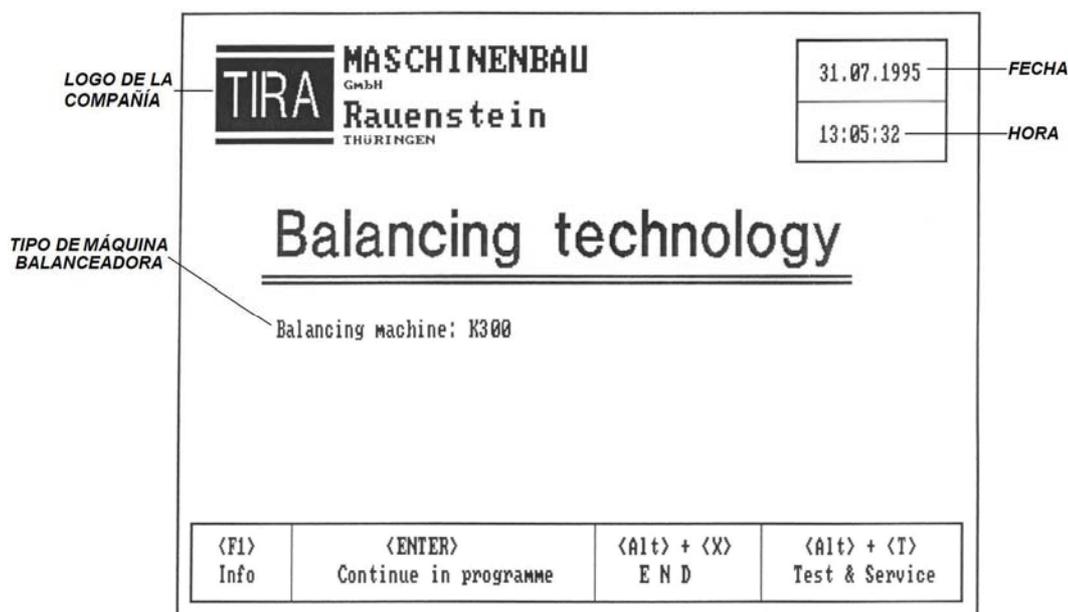


Figura. 7. 3. Pantalla Principal del Programa TIRA X9000

Como se muestra en la Figura. 7. 3., la pantalla de inicio presenta en la parte superior izquierda, el logo de la compañía; en la parte superior derecha, la fecha y hora de ingreso al programa y en la sección central, el tipo de máquina balanceadora.

En la sección inferior se presenta una combinación de teclas para continuar con el programa detalladas a continuación:

- **<F1>**: Muestra información extra de la compañía (dirección, teléfono).
- **<ENTER>**: Para continuar con el programa.
- **<ALT> + <X>**: Para salir del programa TIRA X9000.

- **<ALT> + <T>**: Presenta el menú “Test and service”, accesible solo con contraseña.

7.6.2 Archivo de datos del rotor

En esta pantalla que se muestra en la Figura. 7. 4., se ingresa los datos del rotor a ser balanceado. Se puede ingresar más de 500 rotores diferentes.

Para ingresar un nuevo rotor realice lo siguiente:

1. Desplace el cursor hasta “new rotor” y pulse <ENTER>.
2. Ingrese el nombre del rotor, éste debe tener de 1 a 24 caracteres. Presione <ENTER>.
3. Ingrese el número de dibujo con un máximo de 14 caracteres. Este número es opcional. Presione <ENTER>.
4. La fecha de ingreso y el número consecutivo se ingresan automáticamente por el computador.
5. Presione <ENTER> para cambiar al menú de “datos de rotor y balanceo” (rotor – and balancing – data).

Las opciones para realizar cambios en el archivo de datos se muestran a continuación:

- **<F1>**: Ayuda.
- **<ALT> + <F>**: Cambios en el archivo de datos del rotor.
- **Cursor**: Mover el cursor para elegir el rotor.
- **<ALT> + <E>**: Borrar datos del rotor.

- **<F2>: Balanceo.** Se puede acceder a este menú únicamente si ya se han ingresado antes los datos del rotor (dimensiones, etc).
- **<ENTER>:** Ingreso de datos del rotor.
- **<ALT> + <S>:** Estadísticas.

Para continuar con el ingreso de los datos del rotor se presiona <ENTER> para ir a la siguiente pantalla.

TIRA Maschinenbau GmbH		ROTOR DATABASE		05.11.1993	
Cons.nu.	Rotor - name	Ident	Drawing-no.	Date	
1	Calibration rotor			10.10.93	
2	Fictitious rotor			23.10.93	
3	belt pulley 1	M S	123/7	01.11.93	
4	rotor	R S P	1-2-3-4-5	02.11.93	
5	belt pulley 2	R S	25/6	03.11.93	
6	New rotor				

<F1> Help	Cursor Rotor selection	<ALT>+<E> Delete data	<F2> Balancing	<Enter> Rotor input	<ALT>+<S> Statistics
--------------	---------------------------	--------------------------	-------------------	------------------------	-------------------------

Figura. 7. 4. Pantalla de archivo de datos del rotor

7.6.3 Selección del tipo de soporte

En la pantalla que se muestra en la Figura. 7. 5. se selecciona el soporte sobre el que está el rotor a balancear. El rotor generalmente se coloca entre los dos pedestales, por lo que la opción a escoger es <ALT> + <1>.

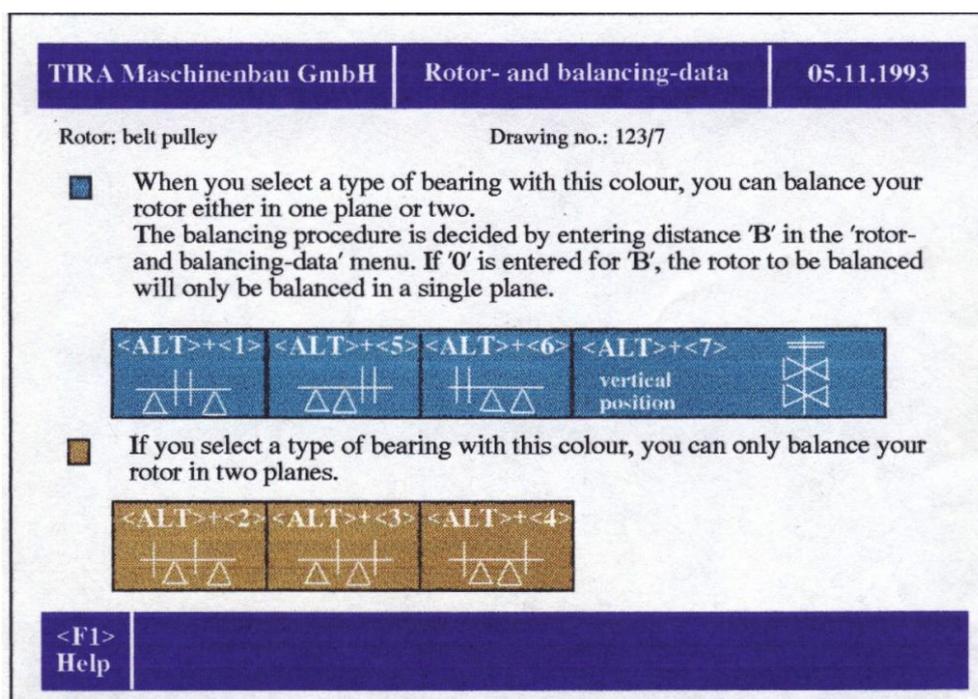


Figura. 7. 5. Pantalla de selección del tipo de soporte

7.6.4 Menú de datos del rotor

En la mitad superior de la pantalla se presenta un diagrama del rotor con el tipo de soporte seleccionado, tal como se muestra en la Figura. 7. 6. Este incluye:

- 2 triángulos azules, que identifican los soportes.
- 2 cuadrados rojos, que identifican el lugar de compensación de desbalanceo.
- Dimensiones del rotor necesarias para determinar el desbalanceo.

En la mitad inferior de la pantalla se encuentran los datos del rotor que el programa necesita para determinar el desbalanceo, tal como se muestra en la Figura. 7. 6. Los parámetros indicados en el sector izquierdo son obligatorios y los del sector derecho son opcionales. Para ingresar un dato o cambiarlo se presiona <ENTER>.

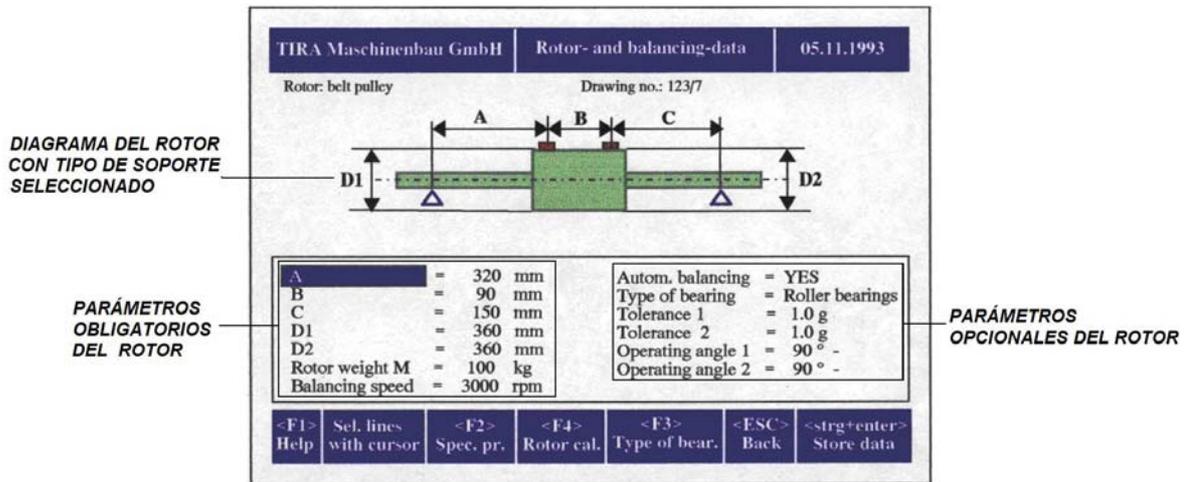


Figura. 7. 6. Pantalla de menú de datos del rotor

Los parámetros obligatorios son los siguientes:

- **A:** Es la distancia en mm. entre el plano de balanceo izquierdo de la balanceadora y el plano de balanceo izquierdo del rotor. El número ingresado debe tener hasta 4 dígitos con el punto decimal.
- **B:** Es la distancia en mm. entre los planos de balanceo izquierdo y derecho del rotor. El número ingresado debe tener hasta 4 dígitos con el punto decimal.
- **C:** Es la distancia en mm. entre el plano de balanceo derecho de la balanceadora y el plano de balanceo derecho del rotor. El número ingresado debe tener hasta 4 dígitos con el punto decimal.
- **D1 - D2:** Es el diámetro en mm. con el que se corrige el desbalanceo en los dos lados del rotor. El número ingresado debe tener hasta 4 dígitos con el punto decimal.

-
- **Peso del rotor:** Se debe ingresar este dato con un error menor al 10% del valor original. El número ingresado debe tener hasta 4 dígitos con el punto decimal. El peso debe ingresarse en Kg.
 - **Velocidad del rotor:** Este parámetro debe ser ingresado con cuidado porque de éste depende la precisión y operación del sistema de medición. El número ingresado debe tener hasta 4 dígitos con el punto decimal. La velocidad debe ingresarse en rpm.

Los parámetros opcionales son los siguientes:

- **Tipo de soportes:** Indica el tipo de soportes sobre los que está el rotor. Generalmente estos soportes son de rodillo.
- **Tolerancia:** La tolerancia se indica con un círculo de color verde oscuro en la pantalla del balanceo. Con esto es posible reconocer si el desbalanceo está dentro o fuera de la tolerancia. Este parámetro está en gr.
- **Ángulo de operación:** El ángulo de operación determina el punto en donde el operador va a trabajar la corrección del desbalanceo. Si el signo es negativo (-) indica que se va a quitar peso, y si es positivo (+) que se va a aumentar peso. Por facilidad, la disminución de peso es más utilizada para corregir el desbalanceo.

En la parte inferior de la pantalla se tienen las siguientes opciones:

- o **<F1>:** Ayuda.
- o **<F3>:** Regresar a la pantalla de selección de tipo de soporte. Cuando se hace el retorno a esta pantalla, se pierden los datos ingresados de las dimensiones del rotor.

- **<F4>**: Menú de operación de balanceo.
- **<STRG+ENTER>**: Guardar los parámetros del rotor para impresión o estadísticas.

7.6.5 Menú de operación de balanceo

En esta pantalla se indica gráficamente el desbalanceo. Para que se puedan realizar los cálculos es necesario iniciar el giro del motor de la balanceadora.

Para iniciar se hace girar el rotor a la velocidad n1, luego de un tiempo se presiona n2 para que el rotor gire hasta la velocidad nominal del motor de la máquina y se mantiene hasta que en la parte inferior izquierda de la pantalla aparece un círculo de color violeta con las letras "C". En ese momento, presionar STOP.

El punto rojo indica el desbalanceo en coordenadas polares en tiempo real, lo que se muestra en la Figura. 7. 7. La tolerancia se presenta como un círculo de color verde oscuro con centro en el eje de coordenadas. Si el punto rojo aparece dentro del círculo de tolerancia, quiere decir que el desbalanceo no afectaría el trabajo normal del rotor, sin embargo, al tener un desbalanceo es posible que se deba realizar una mayor corrección en poco tiempo. También en este menú se puede revisar la velocidad actual de balanceo.

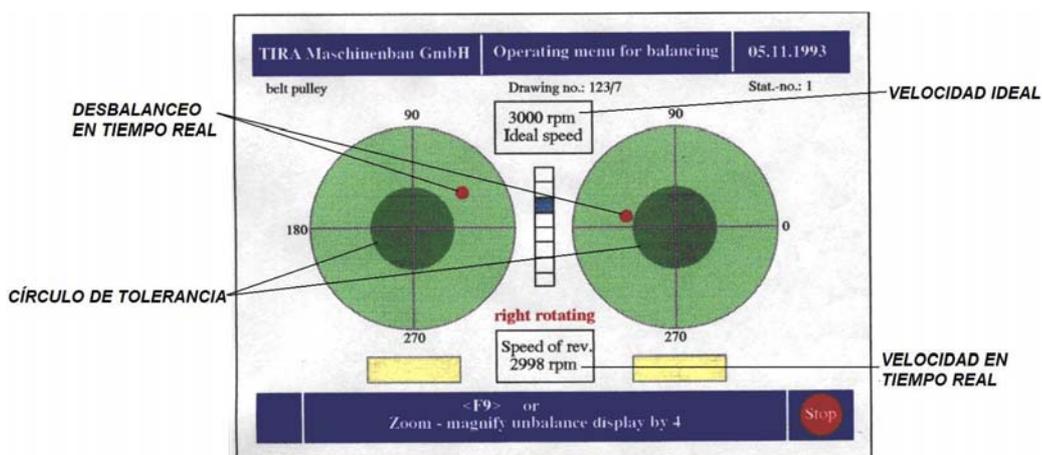


Figura. 7. 7. Pantalla de menú de operación

Las opciones indicadas en la parte inferior de la pantalla son:

- <F2>: Cambio de presentación en pantalla. Puede ser
 - Mostrar desbalanceo izquierdo y derecho
 - Mostrar desbalanceo izquierdo
 - Mostrar desbalanceo derecho
- <F3>: Menú del sensor.
- <F4>: Cambio de rotación izquierda o derecha.
- <ALT> + <U>: Desplegar más opciones.
- <F5>, <F6>, <F7>: Solo para programas especiales.

7.6.6 Localización de desbalanceo

Cuando termina la medición de desbalanceo, inmediatamente se ingresa a la pantalla que se muestra en la Figura. 7. 8., donde la cantidad de desbalanceo se presenta como un punto amarillo en el sistema de coordenadas de la máquina. Es exactamente la imagen que resulta del rotor visto desde la derecha y arriba. Las opciones son:

- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta a la derecha del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte posterior.
- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta arriba del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte superior.
- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta abajo del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte inferior.
- Si el punto amarillo de desbalanceo se presenta a la izquierda del campo de coordenadas, el desbalanceo se localiza en la parte frontal.

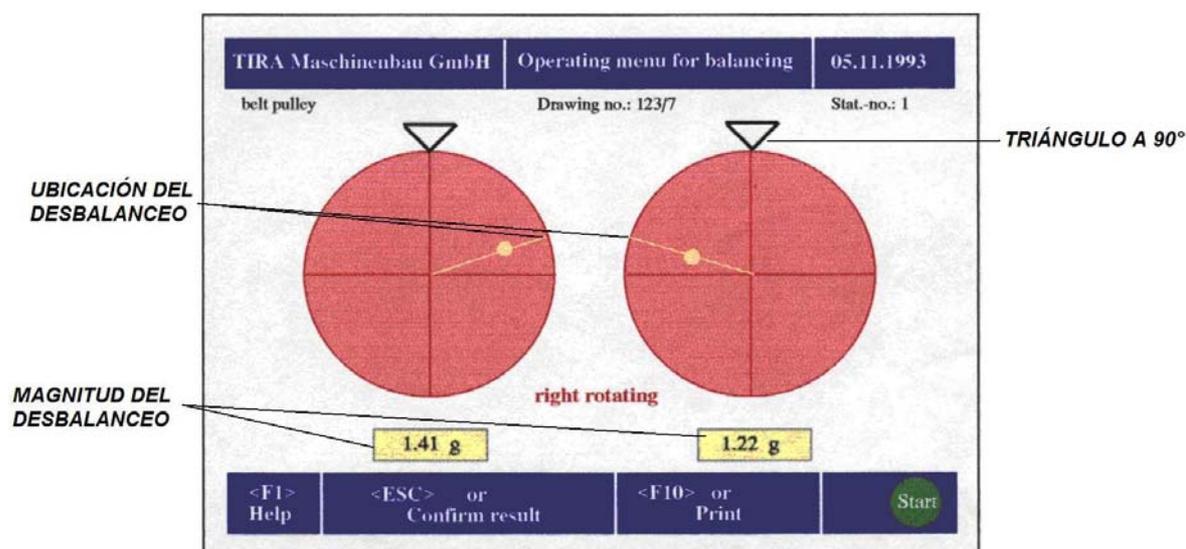


Figura. 7. 8. Pantalla de localización de desbalanceo

Para compensar el desbalanceo en la máquina balanceadora, se presenta un triángulo fuera del círculo rojo, como se muestra en la Figura. 7. 8. Este triángulo se encuentra en el ángulo determinado en el menú de datos del rotor. Para hacer la compensación de desbalanceo, se hace coincidir el desbalanceo con el triángulo, moviendo manualmente el rotor hasta que la dirección del desbalanceo coincida con la punta inferior del triángulo. La dirección se representa con un vector indicador.

Las opciones de pantalla en la sección inferior son:

- **<F1>**: Ayuda.
- **<ESC>**: El resultado del desbalanceo se guarda para el reporte impreso.
- **<F10>**: Imprimir.

7.6.7 Textos de ayuda

Cada pantalla posee textos de ayuda que proveen de información acerca del menú seleccionado, tal como se muestra en la Figura. 7. 9. Para presentar estos textos debe presionar <F1>.

Si se presiona <F1> una vez, es posible obtener información de la entrada correspondiente. Si se presiona <F1> dos veces, se obtiene información más detallada.

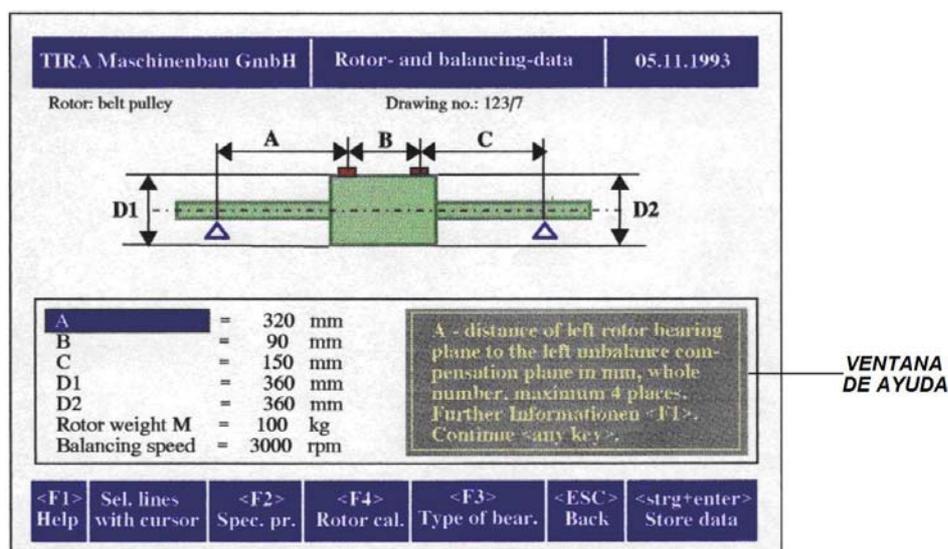


Figura. 7. 9. Cuadro de ayuda en la pantalla menú de datos del rotor

7.6.8 Impresión

La impresión de los resultados del desbalanceo se puede realizar de dos formas:

- Impresión estándar
- Impresión de estadísticas

7.6.8.1 Impresión estándar. Esta impresión se realiza presionando <F10> en la pantalla de localización de desbalanceo, es decir se imprime el último trabajo realizado. Un ejemplo se muestra en la Figura. 7.10.

Balancing report - standard	
Balancing machine	: K 300
Company name	: TIRA Maschinenbau GmbH, Poststrasse 1-3, 96528 Rauenstein
Operator	: Mustermann
Date	: 05.11.1993
Rotor data	
Rotor name	: Pulley rotor
Drawing number	: 123/7
Type of bearing	: Roller bearings
Balancing speed	: 3000 rpm
Tolerance left	: 1.0 g
Tolerance right	: 1.0 g
Balancing data	
Unbalance before balancing left	: 1.14 g
Unbalance before balancing right	: 1.22 g
Unbalance after balancing (check run) left	: 0.53 g
Unbalance after balancing (check run) right	: 0.45 g

Figura. 7. 10. Impresión estándar

7.6.8.2 Impresión de estadísticas. Con este tipo de impresión se puede obtener datos estadísticos del trabajo realizado con el rotor activo. Para realizar esta impresión se regresa a la pantalla de datos del rotor y se presiona <ALT> + <S> para ingresar a la pantalla de estadísticas, la que se presenta en la Figura. 7. 11.

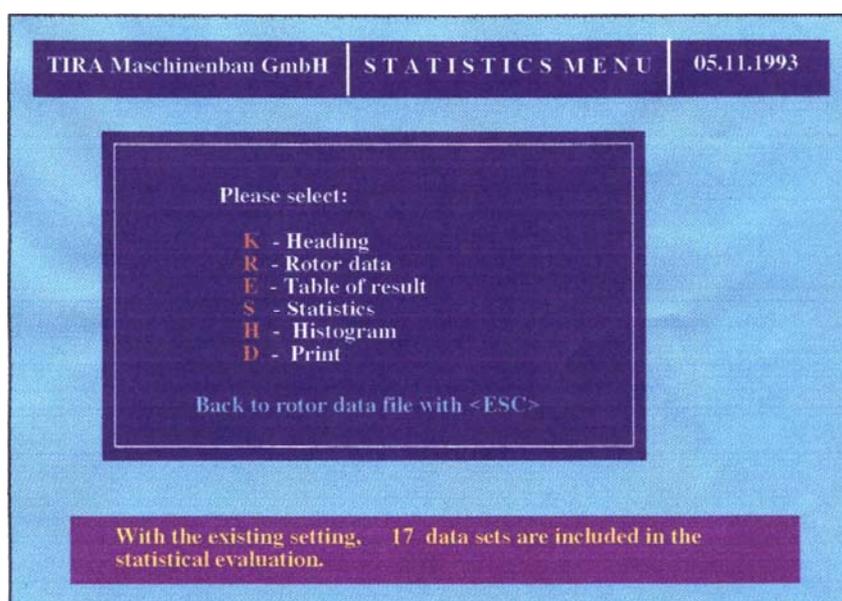


Figura. 7. 11. Menú de estadísticas

En el menú de estadísticas se presentan las siguientes opciones:

- **K – Encabezado.** En la pantalla de encabezado, que se muestra en la Figura. 7. 12., se ingresa el nombre del operador y la empresa. El tipo de máquina y la fecha son ingresados automáticamente por el programa.

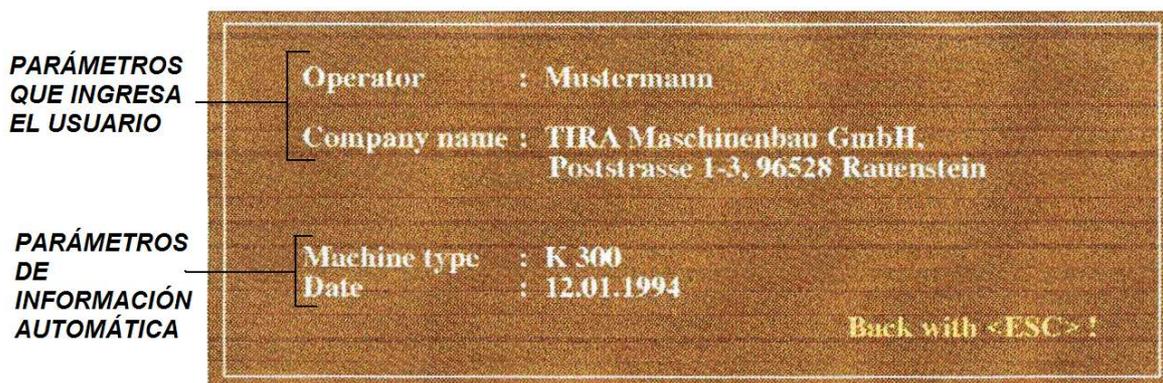


Figura. 7. 12. Encabezado

- **R – Datos del rotor.** En la pantalla que se presenta en la Figura. 7.13. se presentan los datos del rotor ingresados en la pantalla de menú datos del rotor.

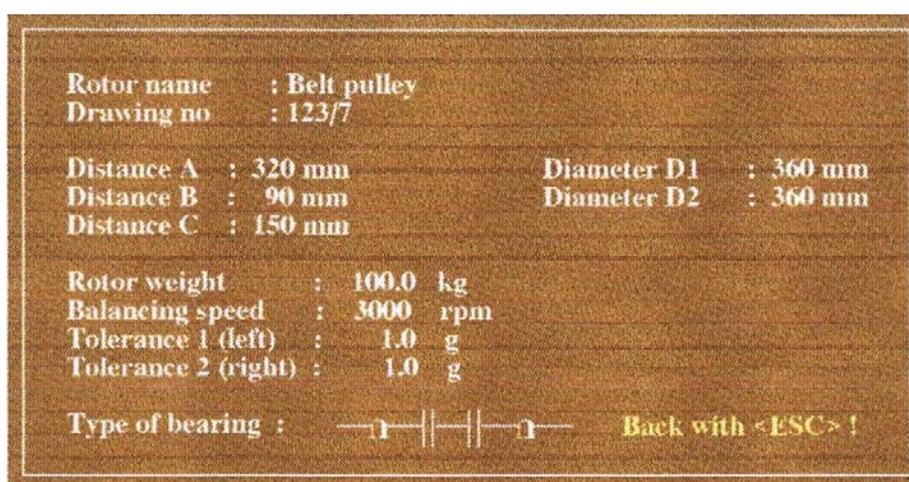


Figura. 7. 13. Datos del rotor

- **E – Tabla de resultados.** Se presentan todos los resultados de medición guardados. En la pantalla que se presenta en la Figura. 7. 14., es posible seleccionar los datos de medición para imprimirlos en el reporte.
 - **<F1>:** Ayuda.
 - **<ALT> + <E>:** Borrar resultados anteriores.
 - **<ALT> + :** Borrar series completas.
 - **<m>:** Marcar o remover datos y seleccionarlos para imprimir en el reporte de estadísticas.
 - **<ESC>:** Regresar al menú de estadísticas.
 - **<ALT> + <W>:** Para determinar el conjunto de datos para las estadísticas de acuerdo a un criterio de selección.
 - **<ALT> + <D>:** Desplegar datos guardados de acuerdo al criterio de selección.

Con. No.	Original unbalance				Residual unbalance				Date
	left		right		left		right		
	g	o	g	o	g	o	g	o	
1	7.21	91	4.12	229	0.24	88	0.22	212	10.01.95
2	7.41	91	4.32	231	0.56	102	0.12	212	10.01.95
3	7.42	91	4.32	231	0.34	92	0.23	213	10.01.95
4	6.71	80	4.74	242	0.33	77	0.34	230	10.01.95
5	8.17	88	5.16	252	0.56	82	0.44	250	10.01.95
6	5.28	89	3.86	248	0.23	86	0.23	250	10.01.95
7	5.55	61	3.27	262	0.55	58	0.21	261	11.01.95
8	6.08	79	3.24	205	0.45	70	0.23	200	11.01.95
9	7.90	98	8.04	256	0.34	94	0.56	252	11.01.95
10	5.40	88	1.16	255	0.56	86	0.13	252	11.01.95
11	8.26	95	7.81	245	0.55	92	0.87	240	11.01.95
12	5.45	98	2.26	300	0.25	101	0.22	298	11.01.95
13	8.21	95	7.95	247	0.67	91	0.54	240	11.01.95
14	8.29	92	3.88	206	0.45	90	0.32	200	11.01.95
15	5.56	106	4.18	229	0.38	99	0.22	212	11.01.95
16	8.95	97	7.03	261	0.33	92	0.34	258	12.01.95
17	9.05	97	6.95	261	0.87	90	0.66	259	12.01.95

<F1> Help	<ALT>+<E> Delete set	<ALT>+ Delete series	m Mark	<ESC> Back	<ALT+W> Evaluation	<ALT+D> More data
--------------	-------------------------	----------------------------	-----------	---------------	-----------------------	----------------------

Figura. 7. 14. Tabla de Resultados

El criterio de selección depende de las necesidades del operador o cliente, el cual selecciona elementos que se incluyen en el cuadro azul que se presenta en la Figura. 7. 15. Esta selección puede incluir rotores, números consecutivos, fechas, etc.

Con.no.	g	Original unbalance	Residual unbalance	Date
1		Compile the selection criteria for the statistics yourself. What do you wish to include in the statistics? Select with (Y/N): Identity marking * (Y/N) : Y Consecutive number (Y/N) : Y Date (Y/N) : Y Identity code 1 (Y/N) : Y Identity code 2 (Y/N) : Y Identity code 3 (Y/N) : Y Quit the setting with <ESC> ! If all selection criteria are marked with 'N' all result data sets will be included in the statistics.		10.01.95
2				10.01.95
3	*			10.01.95
4	*			10.01.95
5	*			10.01.95
6				10.01.95
7				11.01.95
8				11.01.95
9				11.01.95
10	*			11.01.95
11	*			11.01.95
12	*			11.01.95
13				11.01.95
14				11.01.95
15				11.01.95
16				12.01.95
17				9.05 97 6.95 261 0.87 90 0.66 259

<F1> Help	<ALT>+<E> Delete set	<ALT>+ Delete series	m Mark	<ESC> Back	<ALT+W> Evaluation	<ALT+D> More data
--------------	-------------------------	----------------------------	-----------	---------------	-----------------------	----------------------

Figura. 7. 15. Criterio de selección

- **S – Estadísticas.** En la pantalla que se muestra en la Figura. 7. 16., de acuerdo a los resultados de medición seleccionados en la tabla de resultados se puede calcular lo siguiente:
 - Valor principal
 - Variación estándar
 - Coeficiente de variación

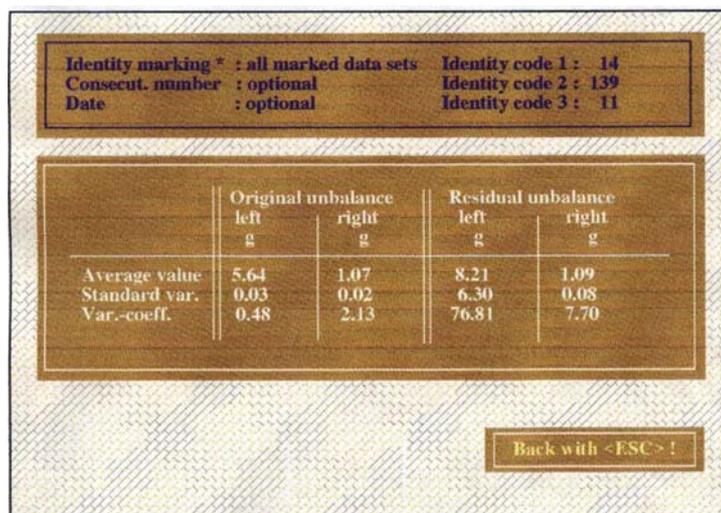


Figura. 7. 16. Estadísticas

- **H – Histogramas.** En la pantalla de la Figura. 7. 17. se presenta gráficamente el desbalanceo incluido en las estadísticas. Mediante estos gráficos se puede reconocer anomalías y sacar las conclusiones necesarias.

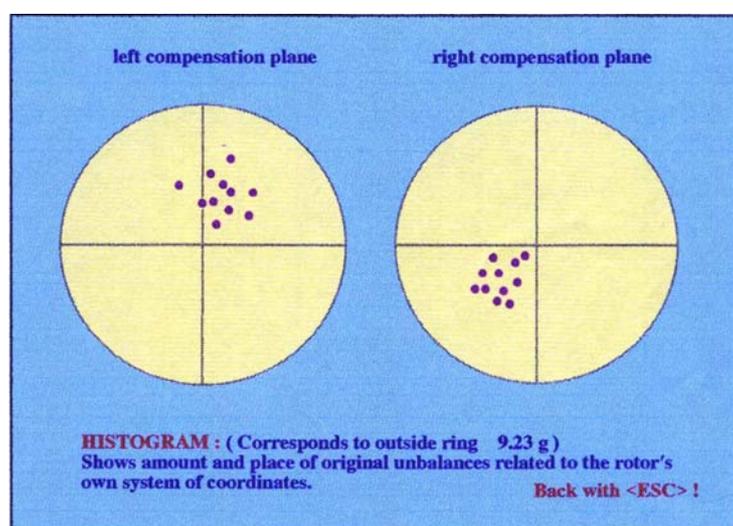


Figura. 7. 17. Histogramas

- **D – Impresión.** Se imprime el informe de estadísticas definido por el usuario en los puntos anteriores. Se muestra un ejemplo en la Figura. 7. 18.

Statistics report

***** MACHINE DATA *****

Balancing machine : K 300
 Company name : TIRA Maschinenbau GmbH,
 Poststrasse 1-3, 96528 Rauenstein
 Operator : Mustermann
 Date : 12.01.1994

***** TABLE OF STATISTICS *****

	Original unbalance		Residual unbalance	
	left g	right g	left g	right g
Average value	5.64	1.07	8.21	1.09
Standard var.	0.03	0.02	6.30	0.08
Var.-coeff.	0.48	2.13	76.81	7.70

***** ROTOR DATA *****

Rotor name : Belt pulley
 Drawing no : 123/7

Distance A : 320 mm Diameter D1 : 360 mm
 Distance B : 90 mm Diameter D2 : 360 mm
 Distance C : 150 mm

Rotor weight : 100.0 kg Tolerance 1 (left) : 1.0 g
 Balancing speed : 3000 rpm Tolerance 2 (right) : 1.0 g

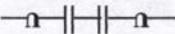
Type of bearing : 

Figura. 7. 18. Impresión de Estadísticas

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La rehabilitación de la Balanceadora Electrónica de rotores TIRA K300 constituye la restitución de una herramienta de gran utilidad para el Laboratorio de Mecanismos del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la ESPE, debido a que tanto estudiantes como maestros podrán afianzar y enfatizar los conocimientos adquiridos.
- El balanceo se ha convertido en una técnica fácil y rápida para eliminar las vibraciones en una máquina rotatoria. De ahí la importancia que representa el contar con una máquina que realice este tipo de trabajo con precisión y eficiencia.
- La información inicial de la Balanceadora TIRA K300 no fue suficiente para determinar en corto tiempo las fallas de carácter eléctrico y electrónico que detuvieron su operación, por lo que fue determinante en la detección y reparación de fallas la investigación experimental que inicialmente se realizó, con la que se conocieron cada uno de los dispositivos que conforman los sistemas de la Balanceadora y se pudo investigar sus características técnicas y su funcionamiento.

-
- Los sistemas eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300 son sistemas de tecnología simple y de fácil operación, comprenden dispositivos de protección y de control del motor de la balanceadora, en los que intervienen las señales que provienen de los datos ingresados en el programa TIRA X9000; todo esto con la finalidad de determinar el desbalanceo de un rotor de una manera eficiente.
 - El manual de mantenimiento preventivo y correctivo realizado para la Balanceadora TIRA K300 comprende los pasos principales para mantener en correcto estado y funcionamiento a la Balanceadora, de manera que se puedan evitar fallas que determinen su parada (mantenimiento preventivo) o, que en el caso de que una de éstas se produzca, se la pueda corregir a tiempo y sin poner en riesgo la integridad del equipo y del personal que la opera, en este caso, profesores y alumnos de la ESPE.
 - El manual de usuario de la Balanceadora TIRA K300 presenta una rápida explicación de las partes constitutivas de la máquina, además la forma correcta de instalar un rotor para la determinación del desbalanceo y una guía completa de las funciones principales del programa TIRA X9000 de manera que el usuario, en este caso, profesores y alumnos de la ESPE, puedan realizar sus prácticas con facilidad y seguridad.
 - La Balanceadora Electrónica de rotores TIRA K300 tiene una desventaja y es su gran tamaño, puesto que no se la puede movilizar, lo que limita el uso de ésta a rotores pequeños y a industrias que se dispongan a transportar sus rotores hasta las instalaciones de la máquina. En general, las industrias que tienen máquinas rotatorias y que necesitan un balanceo de las mismas acuden al uso de las llamadas balanceadoras “in situ”, las que se mueven hasta la ubicación del rotor a balancear y evitan que éste sufra algún daño producido por golpes en su transporte.

-
- Después de haber estudiado la constitución y el funcionamiento de la Balanceadora TIRA K300, se concluye que en el Ecuador se cuenta con la capacitación tecnológica y los conocimientos adecuados para que, con ayuda de inversión de las empresas públicas o privadas, se puedan construir soluciones o sistemas iguales o superiores acorde a las necesidades propias de la industria nacional, con mano de obra nacional y con disminución de costos.
 - La rehabilitación de la Balanceadora TIRA K300 implica un paso siguiente que es el mejoramiento de la máquina. Debido a que la tecnología implantada en esta máquina es de hace alrededor de 10 años atrás, se considera factible el desarrollo de nuevos proyectos que incluya la actualización de la máquina en base a la tecnología que actualmente se utiliza.

8.2 RECOMENDACIONES

- Se debería realizar una inspección de la instalación eléctrica del Laboratorio de Mecanismos para determinar los cambios necesarios y evitar que los cables de alimentación de las máquinas que ahí permanecen, estén sujetos a movimientos innecesarios que influyan en una falla.
- El personal que opere la Balanceadora TIRA K300 debe estudiar cuidadosamente las instrucciones del usuario, tanto para conocer la máquina, instalación del rotor a balancear y el funcionamiento del programa TIRA X9000 para realizar el trabajo de manera segura y con resultados precisos.
- Cuando se necesite realizar la adquisición de una máquina, se debe considerar la capacitación del personal que vaya a estar en contacto con la misma, para realizar tareas de mantenimiento, revisión y

funcionamiento con la responsabilidad de mantenerla en perfectas condiciones, y en caso de producirse fallas, tengan los conocimientos necesarios para determinarlas y solucionarlas con rapidez y eficiencia.

- Se debe tener en cuenta la procedencia de las máquinas, ya que el mantenimiento, reposición o mejoramiento de los equipos implica la dificultad de conseguir repuestos a nivel nacional, el retraso en el trabajo cuando se realiza importaciones y el aumento de costos.
- Una vía factible para la modernización de la Balanceadora TIRA K300 constituye la actualización del software de la máquina, el cual se base en un sistema operativo actual que incluya mayores prestaciones.
- Se debe hacer énfasis en la cooperación entre los distintos Departamentos de la ESPE, para encontrar soluciones rápidas y eficientes a los problemas y para realizar trabajos de investigación y desarrollo conjuntos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **TIRA MASCHINENBAU GMBH RAUENSTEIN**, *Balancing Machine K300*
- **TIRA MASCHINENBAU GMBH RAUENSTEIN**, *Computer measuring unit TIRA X9000*
- **TIRA MASCHINENBAU GMBH RAUENSTEIN**, *Computer Unbalance measuring unit TIRA X9000*
- BARTHO, F. T., *Motores Eléctricos Industriales y Dispositivos de Control*, Primera Edición, Ediciones URMO, España 1968, págs. 342 – 360
- MANZANO, Juan José, *Mantenimiento de Máquinas Eléctricas*, Cuarta Edición, Thompson Editores Spain Paraninfo S.A., España 2002, págs. 71 – 81
- MARTÍNEZ, Fernando, *Reparación y Bobinado de motores eléctricos*, Primera Edición, Editorial Paraninfo, Madrid – España 2001, págs. 71 – 79
- MOLINA, Jorge, *Apuntes de Control Industrial*, Tercera edición, Quito
- PERAGALLO, Raúl, *Manual Básico de Motores Eléctricos*, Cuarta Edición, Editorial Paraninfo, Madrid 2000, págs. 117-133

-
- ROLDÁN, José, *Manual de mantenimiento de instalaciones*, cuarta edición, Editorial Paraninfo, Madrid 2001
 - www.fi.uba.ar/materias/7306/VibraTorroba.pdf, Balanceo
 - http://www.solomantenimiento.com/m_preventivo.htm, mantenimiento preventivo
 - http://www.solomantenimiento.com/m_correctivo.htm, mantenimiento correctivo
 - www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.
 - redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/cursos/sepacomputo/manten.pdf, mantenimiento del computador
 - http://www.tira-gmbh.de/auswucht/_loads/_offen/x9000_e.pdf, Programa TIRA X9000
 - balancetechnology.com/en/pdf/Basicosdelbalanceo.pdf, balanceo
 - <http://www.dliengineering.com/vibman-spanish/queesvibracin.htm>, vibración
 - <http://www.mantenimiento-predictivo.com/fbalanceod.htm>, balanceo
 - www.piezocryst.com/piezoelectric_sensors.php#quartz, sensores piezoeléctricos.

-
- www.peter-electronic.de, arrancador y freno
 - Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.

ANEXOS

ANEXO 1.	Grados de calidad de balanceo para varios grupos de rotores rígidos representativos de acuerdo a las normas ISO y ANSI S2.19-1975	141
ANEXO 2.	Programas especiales de TIRA X9000	144

**ANEXO 1. Grados de calidad de balanceo para varios grupos de
rotores rígidos representativos de acuerdo a las normas ISO y
ANSI S2.19-1975**

Grado de calidad de balanceo (G)	Tipo de rotores, ejemplos generales
G 4000	Cigüeñales de máquinas diesel marinas con un número desconocido de cilindros.
G 1600	Cigüeñales rígidamente montados en máquinas de gran tamaño de dos ciclos.
G 630	Cigüeñales de máquinas de gran tamaño de cuatro ciclos.
G 250	Cigüeñales para máquinas diesel para trabajo pesado de cuatro ciclos.
G 100	Cigüeñales de máquinas diesel de seis o mas cilindros.
G 40	Ruedas de automóviles, rines, ejes de transmisión automotriz, cigüeñales para máquinas de gasolina o diesel con seis o mas cilindros, para automóviles, camiones y locomotoras.
G 16	Flechas de transmisión, ejes cardán, partes de maquinaria agrícola, cigüeñales de máquinas con seis o más cilindros bajo requerimientos especiales.
G 6.3	Bombas centrífugas, ventiladores, volantas, impulsores, armaduras eléctricas, máquinas herramientas y en general partes de maquinaria.

G 2.5	Turbinas para gas y vapor, rotores de turbo-generadores, rotores de turbo-compresores, porta-herramientas giratorios, armaduras eléctricas con requerimientos especiales, acoples, etc.
G 1	Aditamentos giratorios para grabadoras y tocadiscos, ejes para máquinas rectificadoras, pequeñas armaduras eléctricas con requerimientos especiales.
G 0.4	Giroscopios, pequeñas armaduras eléctricas de extrema precisión.

ANEXO 2. Programas Especiales de TIRA X9000

1 PROGRAMAS DE COMPENSACIÓN

1.1 Compensación de excentricidad del eje

Primero se decide el número de mediciones que se requiere. Es posible seleccionar 2, 3, 4 o 6 mediciones. En el ejemplo de la Figura. 1. se escogen 4 mediciones cuando el rotor se desplaza 90° .

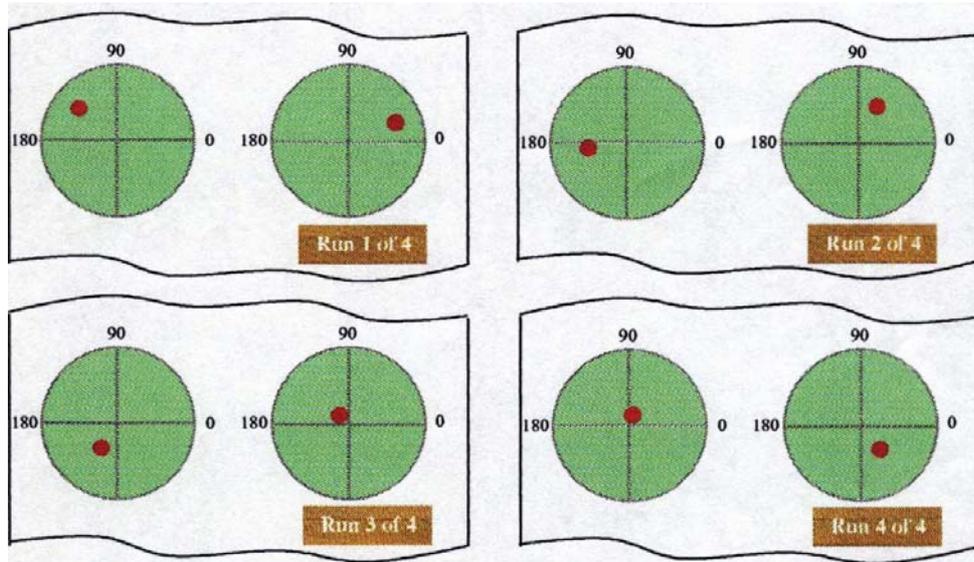


Figura. 1. Mediciones escogidas para compensación de excentricidad del eje

Los resultados individuales se presentan en la Figura. 2., en pantallas separadas con detalle de cada número.

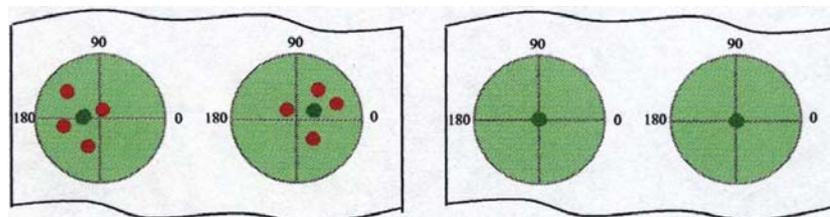


Figura. 2. Resultados individuales

Luego se presentan todos los resultados. Cuando se reinicia la compensación de excentricidad del eje los resultados de la medición de circunferencia y los valores exactos se imprimen.

1.2 Programa de soportes para rotor

Con la ayuda de este menú es posible medir el desbalanceo de un rotor sin soportes y obtener valores de desbalanceo similares a los que serían si el rotor estuviera con los mismos.

Para determinar la influencia del apoyo para un tipo particular de rotor, se necesitan solo dos corridas de calibración. “Soporte completo” o “medio soporte” se seleccionan arbitrariamente, tal como se muestra en la Figura. 3.

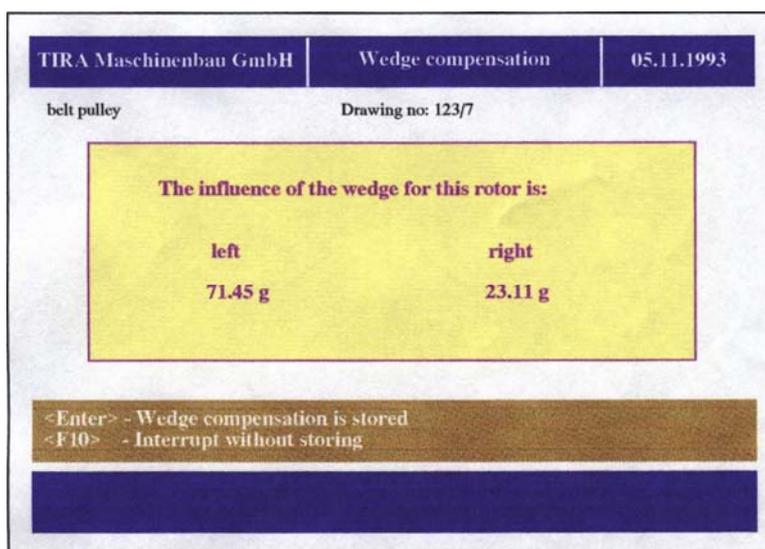


Figura. 3. Medición de soportes para rotor

2 PROGRAMAS DE VISTA EN PANTALLA

2.1 Cantidad de desbalanceo

Normalmente el desbalanceo se presenta en gramos. Por consiguiente, se calibra la máquina en gramos y solo se puede seleccionar la unidad de gramos para la tolerancia. Sin embargo, también se puede seleccionar la unidad de desbalanceo que se requiera.

Lo importante es usar un máximo de cuatro lugares (incluido el punto decimal) para la cantidad de desbalanceo así como un máximo de tres lugares para las unidades.

Por ejemplo:

0.15 g

1210 mm

2 B (agujeros, etc.)

La calibración se realizará usando las mismas unidades.

2.2 Programa de extensión de ranuras

En la pantalla de la Figura. 4. se despliega los pesos exactos para la corrección del desbalanceo, la suma vectorial corresponde al desbalanceo actual del rotor.

Localizar el desbalanceo en un determinado lugar de balanceo es posible.

En el cálculo es posible usar 1 o 2 extensiones diferentes de las ranuras. Las extensiones de las ranuras se ingresan previamente en un menú designado para este propósito.

Los cálculos para balanceo se realizan con un máximo de 4 extensiones de ranuras iguales.

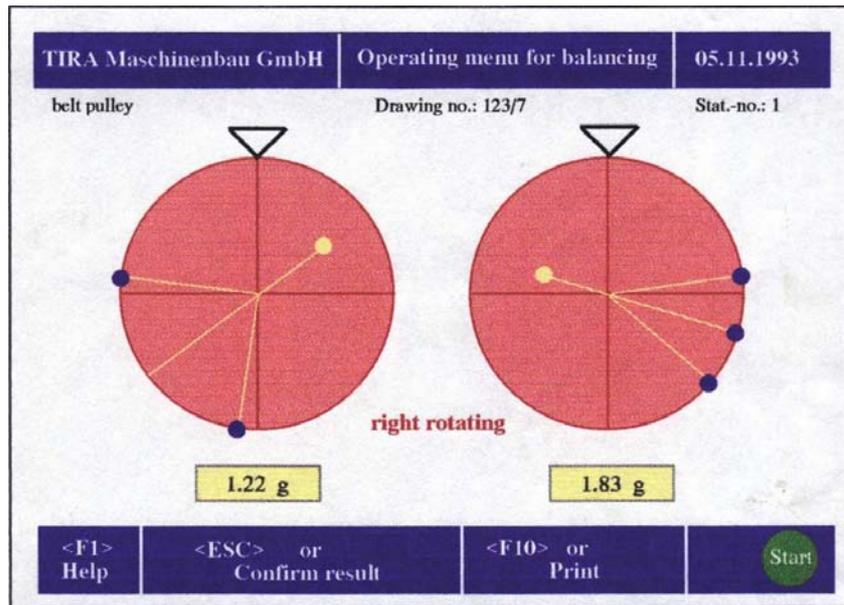


Figura. 4. Programa de extensión de ranuras

2.3 Sector invariante en pantalla

El lugar de desbalanceo presentado es el mismo que en el diagrama polar y se presenta en la Figura. 5.

Los círculos polares rojos están divididos en sectores, cuyo número se ingresa previamente en un menú designado para este propósito. En este caso se permite un mínimo de 3 y un máximo de 30 sectores.

Para marcar el lugar de desbalanceo, el rotor debe rotar tal que tenga la misma posición que en pantalla (el punto cero hacia atrás, visto desde el lado derecho del rotor).

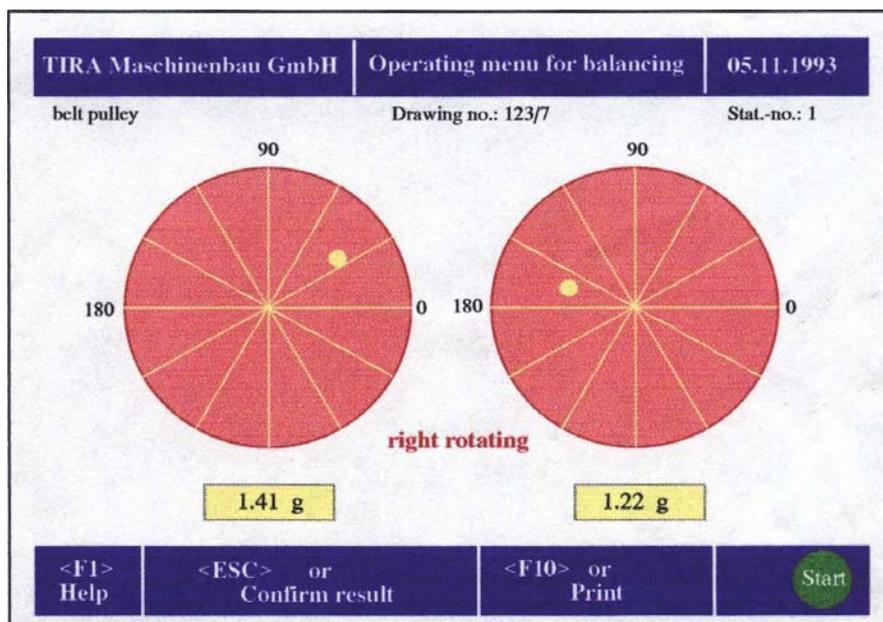


Figura. 5. Sector invariante en pantalla

2.4 Componentes de pantalla

Localizar el desbalanceo con un lugar predeterminado de balanceo es posible.

Los círculos polares rojos se dividen en sectores, cuyo número se ingresa en un menú designado para este propósito. Se permite un mínimo de 3 y un máximo de 20 sectores.

También el peso máximo permitido por lugar de balanceo se ingresa en este menú. Este peso debe ser mayor a 0.1g.

Si el desbalanceo calculado es mayor al máximo peso permitida en el lugar de balanceo, aparecerá el siguiente mensaje: "Unbalance too great! Balancing with 3 or 4 place compensation is not possible" (desbalanceo demasiado grande. No es posible balancear con 3 o 4 lugares de compensación).

Como se muestra en la Figura. 6., se despliegan los lugares recomendados de balanceo. Si los lugares individuales de balanceo se posicionan bajo el

dispositivo de compensación (triángulo), los pesos apropiados de balanceo se presentan en la caja amarilla.

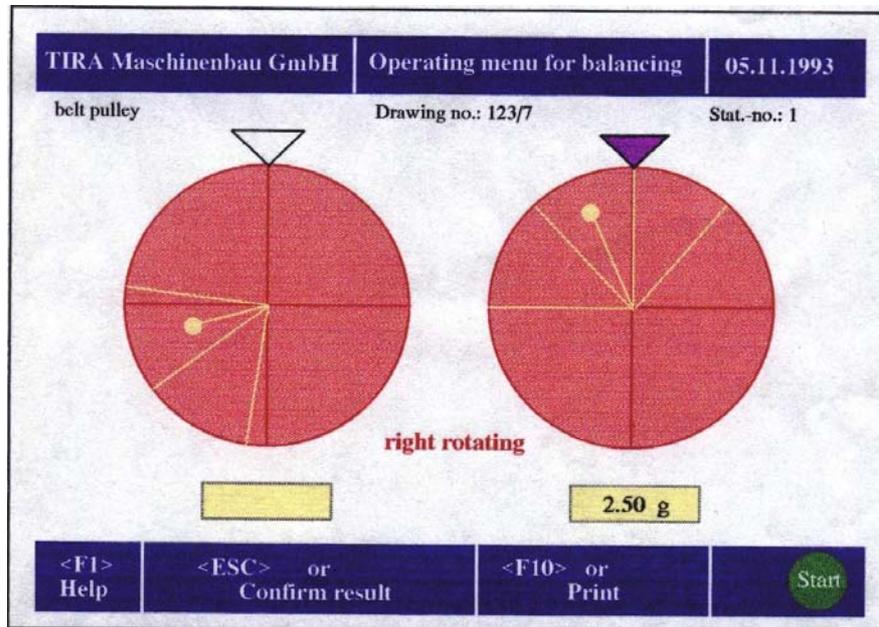


Figura. 6. Componentes de pantalla

2.5 Programas personalizados

Además de la presentación en coordenadas polares, es posible usar diagramas específicos para corregir desbalanceo.

El ejemplo ilustrado de la Figura. 7. presenta una medición de desbalanceo dividida en sus componentes. Para esta particular forma de rotor hay lugares específicos de balanceo para corregir desbalanceo. El desbalanceo es calculado y dividido para estos lugares.

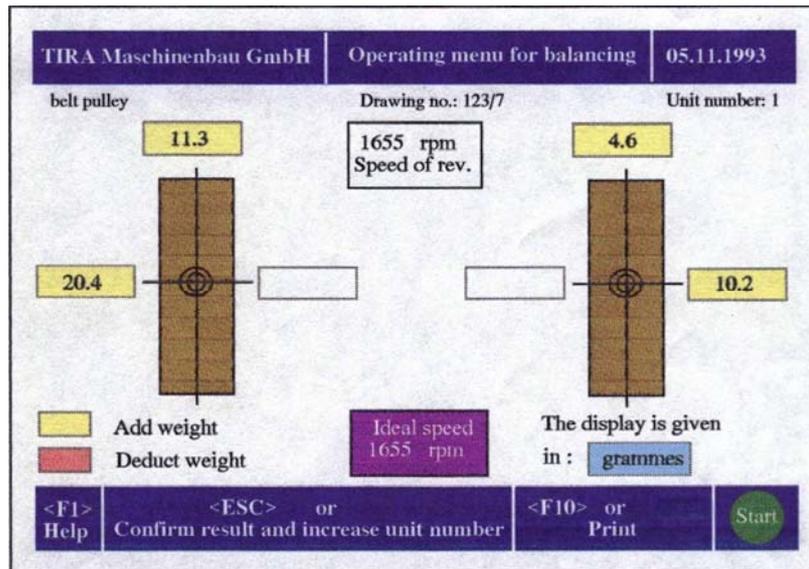


Figura. 7. Programa personalizado

3 SELECCIÓN DEL RESULTADO DE MEDICIÓN – GRÁFICO DE VALORES PARA OPTIMIZAR EL TIEMPO DE MEDICIÓN

El tiempo de medición óptimo resulta de:

- Tiempo de ciclo
- Precisión de medición requerida

Se puede seleccionar el tiempo de medición y ser más preciso de un mínimo de 8 y un máximo de 128 revoluciones o ciclos de medición, tal como se muestra en la Figura. 8.

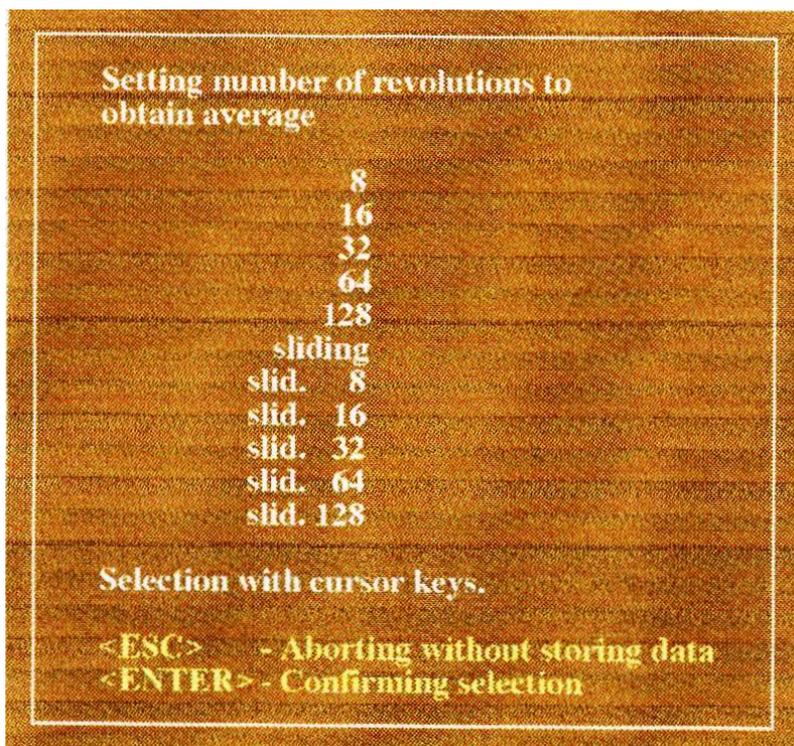


Figura. 8. Selección del tiempo de medición

4 PROGRAMAS DE CALIBRACIÓN

La unidad de medición TIRA X9000 puede utilizarse para máquinas balanceadoras de soportes flexibles o rígidos.

Aunque las máquinas de soportes rígidos son equilibradas en la fábrica, es necesario en el caso de máquinas de soportes flexibles calibrarlas para cada tipo de rotor.

Este programa es hecho para utilizarlo fácilmente con varias operaciones de calibración, tal como se muestra en la Figura. 9.

Esta calibración específica del rotor puede ser usada en el caso de máquinas de soportes rígidos para eliminar posibles errores.

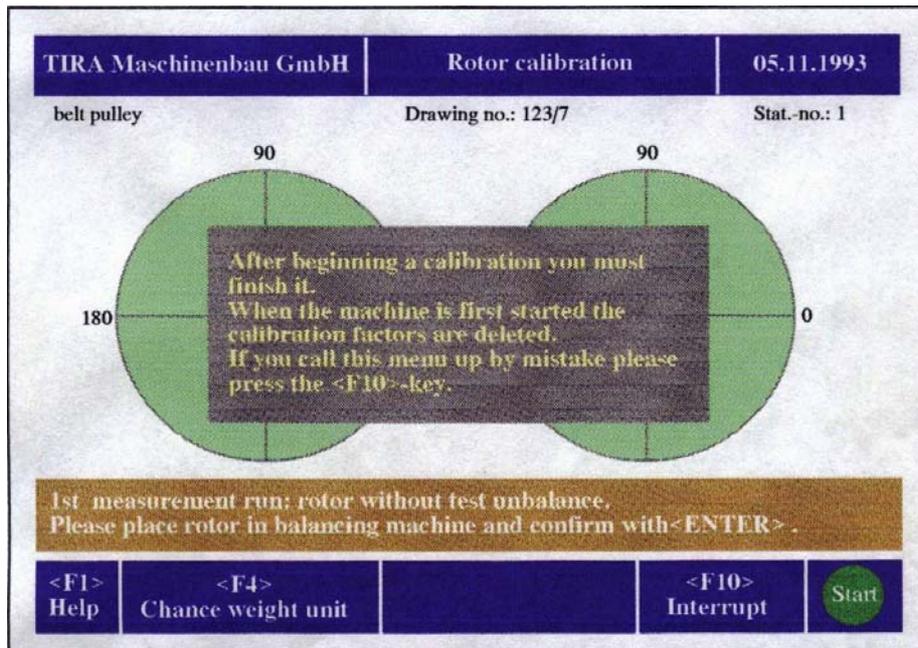


Figura. 9. Programa de calibración

5 PROGRAMAS DE CORRECCIÓN DE PESO

El programa es un de perforaciones y calcula de la medición del desbalanceo en cada plano:

- el número de agujeros
- la profundidad que requiere la perforación

que son necesarias para compensar el desbalanceo.

El desbalanceo existente se convierte en máximo 6 componentes, es decir, 6 agujeros.

Estos componentes se presentan en pantalla en cada caso con puntos. Cuando este punto se maca se indica la profundidad del agujero en cada caso.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. 1.	Desbalanceo estático	5
	Posición del eje de inercia del rotor y el eje del árbol en desequilibrio estático.	
Figura. 1. 2.	Determinación del desbalanceo estático	6
	Método fácil de determinar el desequilibrio estático haciendo rodar un rotor sobre unas paralelas y señalando el punto más pesado.	
Figura. 1. 3.	Par desbalanceado	6
	Posición del eje de inercia del rotor y el eje del árbol en par desbalanceado.	
Figura. 1. 4	Desbalanceo Dinámico	7
	Posición del eje de inercia del rotor y el eje del árbol en desequilibrio dinámico.	
Figura. 1. 5	Sistema de Péndulo	8
	Sistema para determinar la magnitud y ángulo del desbalanceo sin hacer girar la pieza.	
Figura. 1. 6	Bastidor Basculante	8
	Representación del rotor ubicado sobre una máquina de bastidor basculante y su funcionamiento.	

Figura. 1. 7	Punto nodal	9
	Funcionamiento del punto nodal.	
Figura. 1. 8	Compensación mecánica	10
	Diagrama de compensación mecánica con la utilización de pesos compensadores.	
Figura. 2. 1.	Componentes de la Balanceadora TIRA K300	15
	Ubicación de las partes de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 2.	Botones del panel de control en la caja del motor	15
	Diagrama de ubicación y descripción de los botones de control de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 3.	Fundición para la Balanceadora TIRA K300	16
	Diagrama del trabajo de instalación de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 4.	Tipos de encapsulado de fusibles	18
	Varios tipos de fusibles con sus encapsulados utilizados en la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 5.	Vista frontal del relé térmico Siemens 3UA52 00-2C	20
	Representación física del relé térmico.	
Figura. 2. 6.	Placa de características técnicas del relé térmico	20
	Es la placa que se encuentra en uno de los lados del relé térmico.	
Figura. 2. 7.	MINISTART 5.5B	21
	Representación física del arrancador MINISTART 5.5B.	

Figura. 2. 8.	Diagrama de bloques del arrancador MINISTART 5.5B	22
	Diagrama que representa la estructura interna del arrancador MINISTART 5.5B.	
Figura. 2. 9.	Diagrama de Bloques del Freno BR230-20	25
	Diagrama que representa la estructura interna del Freno BR230-20.	
Figura. 2. 10.	Contactador Siemens 3TF-3300-0A	28
	Representación física del contactor.	
Figura. 2. 11.	Motor AC asíncrono	29
	Representación física del motor AC asíncrono de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 12.	Sensores de fuerza	30
	Representación física de los sensores de fuerza de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 13.	Tarjeta electrónica de la Balanceadora TIRA K300	32
	Representación física de la tarjeta electrónica.	
Figura. 2. 14.	Diagrama de Potencia de la Balanceadora TIRA K300	33
	Conexión de los dispositivos de potencia de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 2. 15.	Diagrama de Control de la Balanceadora TIRA K300	35
	Conexión de la tarjeta electrónica, en la que se encuentran los elementos y dispositivos de control, al sistema de la Balanceadora TIRA K300.	

Figura. 2. 16.	Diagrama de sensores de fuerza	36
	Se presenta la conexión de los sensores de fuerza al computador por medio de cable con conector DB-9.	
Figura. 2. 17.	Diagrama de la tarjeta electrónica	37
	Se presenta las vistas anterior y posterior de la tarjeta electrónica de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 3. 1.	Diagrama de flujo del programa TIRA X9000	39
	Representación gráfica del funcionamiento del programa TIRA X9000.	
Figura. 3. 2.	Pantalla Principal TIRA X9000	40
	Pantalla de inicio del programa TIRA X9000.	
Figura. 3. 3.	Archivo de datos del rotor	41
	Pantalla donde se ingresan los datos generales del rotor como nombre, identificación numérica, etc.	
Figura. 3. 4.	Selección del tipo de soporte	42
	Pantalla donde se escoge el tipo de soporte sobre el que se va a instalar el rotor a balancear.	
Figura. 3. 5.	Menú de datos del rotor	43
	Pantalla donde se ingresan las características físicas del rotor, parámetros de tolerancia y velocidad.	
Figura. 3. 6.	Menú de operación	45
	Pantalla donde se presentan gráficamente los datos incluidos en el menú de datos del rotor.	

Figura. 3. 7.	Localización de desbalanceo – Diagrama Polar Rojo	47
	Pantalla donde se determina la magnitud y dirección del desbalanceo.	
Figura. 3. 8.	Presentación del texto de ayuda para el parámetro A del rotor	47
	Ejemplo de presentación de ayuda para cualquier parámetro.	
Figura. 3. 9.	Ajuste del sensor con una muestra	48
	Diagrama de ajuste del sensor.	
Figura. 3. 10.	Impresión normal del reporte de balanceo	49
	Impresión básica de los resultados obtenidos.	
Figura. 3. 11.	Menú de estadísticas	50
	Parámetros posibles para un reporte de estadísticas.	
Figura. 3. 12.	Encabezado	50
	Datos generales como operador, compañía y fecha para el reporte de estadísticas.	
Figura. 3. 13.	Datos del rotor	51
	Todos los datos del rotor que se imprimirán en el reporte de estadísticas.	
Figura. 3. 14.	Tabla de resultados	51
	Es el resumen de los resultados de medición de un mismo rotor con fecha.	

Figura. 3. 15. Selección de parámetros de la tabla de resultados para estadísticas	52
Son los parámetros de la tabla de resultados que se pueden incluir en el reporte.	
Figura. 3. 16. Presentación de los parámetros seleccionados de la tabla de resultados	53
Son los parámetros elegidos anteriormente.	
Figura. 3. 17. Histogramas	53
Representación gráfica del desbalanceo.	
Figura. 3. 18. Impresión de estadísticas	54
Impresión del reporte de estadísticas con los parámetros seleccionados.	
Figura. 4. 1. Estado de los contactos principales y auxiliares del contactor sin energización	57
Posición normal de los contactos principales y auxiliares de un contactor.	
Figura. 4. 2. Estado de los contactos principales y auxiliares del contactor con energización	57
Posición de los contactos principales y auxiliares con la energización de la bobina del contactor.	
Figura. 4. 3. Circuito básico de prueba del MINISTART 5.5B	58
Circuito recomendado por el fabricante para confirmar el funcionamiento del arrancador MINISTART 5.5B.	

Figura. 4. 4.	Estado de los leds indicadores cuando se energiza el MINISTART 5.5B	59
	En el momento que se energiza el MINISTART 5.5B se prende el led "SUPPLY".	
Figura. 4. 5.	Circuito de control de arranque del MINISTART 5.5B	60
	Colocación de un interruptor entre los pines 5 y 6 y conexión directa entre 7 y 8 para control de arranque.	
Figura. 4. 6.	Acción en los terminales de control de arranque y estado de los leds indicadores	60
	Ubicación del circuito de control en el arrancador y la indicación de los leds prendidos y apagados cuando se realiza el arranque.	
Figura. 4. 7.	Circuito básico de prueba del freno BR220-20	61
	Circuito recomendado por el fabricante para confirmar el funcionamiento del freno BR220-20.	
Figura. 4. 8.	Sección del diagrama de conexión perteneciente a la tarjeta electrónica	62
	Diagrama de conexiones de la tarjeta electrónica.	
Figura. 4. 9.	Diagrama esquemático del circuito de prueba de la tarjeta electrónica	63
	Diagrama de conexiones de la tarjeta electrónica con varios interruptores y pulsadores para simular los pertenecientes a la Balanceadora.	
Figura. 4. 10.	Localización de interrupciones en el devanado U – X	64
	Realización de la prueba en uno de los devanados del motor.	

Figura. 4. 11. Conexión inicial del relé K2	67
Diagrama de conexión del relé K2 cuando existía falla.	
Figura. 4. 12. Nueva conexión de K2	68
Diagrama de reparación de la conexión de K2.	
Figura. 4. 13. Localización de la pista dañada de la tarjeta electrónica	69
Diagrama de conexión de la tarjeta electrónica con la pista dañada.	
Figura. 4. 14. Sección posterior superior de la tarjeta electrónica donde se reparó la conexión	69
Diagrama que indica la ubicación física del daño en la tarjeta electrónica y la reparación de ésta con cable.	
Figura. 4. 15. Circuito de prueba para el Sistema Eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300	71
Representación física de las conexiones realizadas para la prueba total de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 4. 16. Diagrama total del circuito de prueba del Sistema Eléctrico y electrónico de la Balanceadora TIRA K300	73
Diagrama de conexión de la prueba total de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 5. 1. Ubicación del cigüeñal en los soportes de la Balanceadora K300	75
Representación física de la ubicación del cigüeñal de prueba en la Balanceadora TIRA K300.	

Figura. 5. 2.	Pantalla para ingresar nombre del rotor	75
	El nombre del rotor de prueba es “cigüeñal”.	
Figura. 5. 3.	Elección del tipo de soportes	76
	Tipo 1, es decir, ubicación del rotor entre dos soportes.	
Figura. 5. 4.	Diagrama de las medidas del cigüeñal	76
	Diagrama general de las medidas que se debe ingresar en el programa para la determinación del desbalanceo.	
Figura. 5. 5.	Menú de operación de balanceo del cigüeñal de prueba	78
	Representación de los datos ingresados en el menú de datos del rotor.	
Figura. 5. 6.	Diagramas de localización del desbalanceo	78
	Magnitud y dirección del desbalanceo del cigüeñal en los puntos de prueba.	
Figura. 5. 7.	Coincidencia de la línea de ubicación del desbalanceo con el triángulo a 90°	79
	Se realiza la coincidencia para determinar el punto exacto donde se debe disminuir peso.	
Figura. 5. 8.	Menú de estadísticas	80
	Se puede seleccionar los parámetros que se desee imprimir en el reporte.	
Figura. 5. 9.	Opción K (Encabezado)	80
	Es el encabezado que se incluirá en el reporte de estadísticas.	

Figura. 6. 1.	Montaje del MINISTART 5.5B sobre la riel DIN 35mm	86
	Procedimiento para la instalación del arrancador MINISTART 5.5B en la riel DIN 35mm.	
Figura. 6. 2.	Desmontaje del MINISTART 5.5B	87
	Procedimiento para el desmontaje del arrancador MINISTART 5.5B de la riel DIN 35mm.	
Figura. 6. 3.	Pantalla de instalación de la impresora EPSON LQ-100	90
	Pantalla inicial para instalar la impresora de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 6. 4.	Prueba para revisar los rodamientos	96
	Prueba para determinar si los rodamientos del motor están flojos.	
Figura. 6. 5.	Localización de derivaciones	97
	Método para localización de derivaciones con la ayuda de un megóhmetro.	
Figura. 6. 6.	Localización de cortocircuitos entre fases	98
	Pruebas entre los devanados del motor, verificación de averías.	
Figura. 6. 7.	Localización de interrupciones	99
	Pruebas en cada uno de los devanados del motor, verificación de averías.	
Figura. 6. 8.	Fuente de poder	109
	Representación de los cables de conexión de la fuente de poder del computador.	

Figura. 6. 9.	Ranura ISA para tarjeta de adquisición	111
	Representación de la ranura ISA donde se instala la tarjeta de adquisición de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 7. 1.	Partes de la Balanceadora TIRA K300	115
	Componentes principales de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 7. 2.	Elementos del panel de control ubicados en la caja del motor	116
	Ubicación de los pulsadores de control y del interruptor principal de la Balanceadora TIRA K300.	
Figura. 7. 3.	Pantalla Principal del Programa TIRA X9000	117
	Pantalla de inicio del Programa TIRA X9000.	
Figura. 7. 4.	Pantalla de archivo de datos del rotor	119
	Pantalla donde se ingresan datos generales del rotor.	
Figura. 7. 5.	Pantalla de selección del tipo de soporte	120
	Pantalla donde se selecciona el tipo de soporte sobre el que se va a instalar el rotor a balancear.	
Figura. 7. 6.	Pantalla de menú de datos del rotor	121
	Pantalla donde se ingresan características físicas del rotor, parámetros de tolerancia y velocidad.	
Figura. 7. 7.	Pantalla de menú de operación	123
	Pantalla donde se presentan gráficamente los datos incluidos en el menú de datos del rotor.	

Figura. 7. 8.	Pantalla de localización de desbalanceo	125
	Pantalla donde se determina la magnitud y dirección del desbalanceo.	
Figura. 7. 9.	Cuadro de ayuda en la pantalla menú de datos del rotor	126
	Ejemplo de textos de ayuda de información de cualquier parámetro.	
Figura. 7. 10.	Impresión estándar	127
	Impresión básica de los resultados de la operación de balanceo.	
Figura. 7. 11.	Menú de estadísticas	127
	Parámetros posibles para un reporte de estadísticas.	
Figura. 7. 12.	Encabezado	128
	Datos generales como operador, compañía y fecha para el reporte de estadísticas.	
Figura. 7. 13.	Datos de rotor	128
	Todos los datos del rotor que se imprimirán en el reporte de estadísticas.	
Figura. 7. 14.	Tabla de resultados	129
	Es el resumen de los resultados de medición de un mismo rotor con la fecha de realización de cada uno.	
Figura. 7. 15.	Criterio de selección	130
	Parámetros que se pueden escoger de la tabla de resultados para la impresión en el reporte.	

Figura. 7. 16. Estadísticas	131
Cuadro en el que se incluyen los parámetros seleccionador de la tabla de resultados y los cálculos estadísticos.	
Figura. 7. 17. Histogramas	131
Representación gráfica del desbalanceo.	
Figura. 7. 18. Impresión de Estadísticas	132
Impresión del reporte de estadísticas con todos los parámetros seleccionados en el menú de estadísticas.	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2. 1.	Datos técnicos de la Balanceadora TIRA K300	14
	Características físicas y de funcionamiento de la Balanceadora TIRA K300.	
Tabla. 4. 1.	Leds indicadores de estado de operación del MINISTART 5.5B	59
	Se presenta el color y el estado del arrancador que indica cada luz.	
Tabla. 4. 2.	Posición de los potenciómetros de control de variables de arranque y frenado	60
	Se indica la posición de los potenciómetros recomendada por el fabricante.	
Tabla. 4. 3.	Leds indicadores de operación del freno BR 220-20	61
	Se presenta el color y el estado de operación que indica cada luz.	
Tabla. 4. 4.	Resultados de localización de interrupciones	64
	Son los resultados de la prueba de localización de interrupciones en los devanados del motor de la Balanceadora TIRA K300.	

Tabla. 6. 1.	Posibles daños en los contactores	100
	Se indica los daños más frecuentes en contactores y sus soluciones.	
Tabla. 6. 2.	Posibles daños en los contactos de los contactores	102
	Se indica los daños más frecuentes en los contactos contactores y sus soluciones.	
Tabla. 6. 3.	Posibles daños en las bobinas de los contactores	103
	Se indica los daños más frecuentes en las bobinas de los contactores y sus soluciones.	
Tabla. 6. 4.	Posibles daños en el motor	105
	Se indica los daños más frecuentes en el motor y sus soluciones.	
Tabla. 6. 5.	Posibles daños en el computador	108
	Se indica los daños más frecuentes en el computador y sus soluciones.	

GLOSARIO

Acople

Dispositivo para unir dos ejes.

Bastidor Basculante

Sistema de determinación de desbalanceo en el que se coloca el rotor sobre soportes y se lo hace girar con un motor unido por un acople.

Centro de gravedad

Punto fijo, sobre el que actúa la resultante de las fuerzas de atracción de la gravedad.

Centro de rotación

Es el punto medio del eje sobre el que rota un cuerpo.

Cigüeñal

Eje con codos que transforma el movimiento rectilíneo en circular.

Cojinete

Pieza o conjunto de piezas en que se apoya y gira el eje de un mecanismo.

Compensación mecánica

Sistema de determinación de desbalanceo que se realiza a través de la adición de pesos compensadores en un ángulo determinado del rotor, el cual es inverso al ángulo donde se producen las fuerzas de vibración del rotor.

Eje de inercia

Es el eje que pasa por el centro de rotación.

Eje del árbol

Es el eje que pasa por el centro de gravedad.

Eje geométrico

El eje geométrico es el eje dirigido de rotación. Este eje de rotación es determinado ya sea por la superficie sustentadora rotatoria, la cual existe en la pieza de trabajo, o por la superficie de montado.

Engrane

Rueda dentada.

Equilibrio

Estado de un cuerpo en el que, todas las fuerzas que actúan sobre él se compensan unas con otras y se eliminan entre sí.

Fuerza centrífuga

Fuerza de inercia que se manifiesta en todo cuerpo hacia fuera cuando se le obliga a describir una trayectoria curva. Es igual y contraria a la centrípeta.

Fuerza centrípeta

Fuerza que se aplica a un cuerpo para que, venciendo la inercia, describa una trayectoria curva.

Fuerza de inercia

Resistencia que oponen los cuerpos a cambiar de estado o la dirección del movimiento.

In situ

En el sitio.

Megaóhmetro

También conocido como megger, es un dispositivo que se emplea para medir resistencias de muy alto valor, por ejemplo: las que hay en el aislamiento de cables entre los devanados de los motores o transformadores. Estas resistencias, generalmente, varían de varios cientos a miles de megaohms.

Normalmente el megaóhmetro consiste en una manivela, un generador en una caja de engranes y un medidor. Al girar la manivela los engranes hacen girar al generador a alta velocidad para que genere una tensión de 100, 500, 1000, 2500 Y 5000 V.

Multímetro

Es un instrumento electrónico que combina varias funciones de medición en una sola unidad para realizar pruebas en circuitos eléctricos y electrónicos.

Pivote

Extremo cilíndrico o puntiagudo de una pieza, donde se apoya o inserta otra, de manera que una de ellas pueda girar u oscilar con facilidad respecto de la otra.

Polea

Rueda acanalada en su circunferencia y móvil alrededor de un eje.

Rodamiento.

Cojinete formado por dos cilindros concéntricos, entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos que pueden girar libremente.

Sistema de Péndulo

Sistema para determinar la magnitud y ángulo del desbalanceo sin hacer girar el rotor.

Tacómetro

Es un dispositivo para medir la velocidad de giro de un eje, en revoluciones por minuto (RPM).

Tolerancia

Máximo valor de error que se admite entre el valor nominal y el valor real de las características de un material o pieza.

Vibración

Es la oscilación o el movimiento repetitivo de un objeto alrededor de una posición de equilibrio.

ÍNDICE DE DATASHEETS

DATASHEET 1.	Arrancador MINISTART 5.5B	174
DATASHEET 2.	Freno BR230-20	190

DATASHEET 1. Arrancador MINISTART 5.5B

DATASHEET 2. Freno BR230-20

FECHA DE ENTREGA

Sangolquí, ____ de _____ 2007

Ing. Víctor Proaño

**COORDINADOR DE LA CARRERA
DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

Srta. Lorena Alejandra Fernández Yánez

AUTORA DEL PROYECTO DE GRADO