

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA INSPECCIONES NO DESTRUCTIVAS**

POR:

LLANGARÍ DAQUILEMA JOSÉ ENRIQUE

ORTÍZ CASTILLO VICENTE QUERUBÍN

SALDARRIAGA LABORDE SAMMY LOREN

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del título

de:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA

2002

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los Srs. **ALNO. LLANGARÍ JOSÉ, ALNO. ORTÍZ VICENTE y A/C. SALDARRIAGA SAMMY** como requisito parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

TGLO. JOSÉ CHÁVEZ

Sgop. Téc. Avc.

Latacunga, a 7 de Octubre del 2002

DEDICATORIA

La presente tesis dedico a Dios por darme unos padres muy buenos, quienes con su apoyo moral y económico hicieron posible lograr

una de mis metas trazadas, y así llegar a ser un hombre de bien y poder servir a la sociedad.

ALNO. ORTÍZ VICENTE.

El presente trabajo dedico a mis padres y a mis hermanos, por su comprensión y esfuerzo brindado, quienes estuvieron en todo momento apoyándome para seguir adelante y culminar mi período de formación académica y militar con éxito.

ALNO. LLANGARÍ JOSÉ

Este proyecto de tesis por ser una de las partes más importantes de mi formación académica, la dedico con mucho cariño a Dios y a las personas que con su apoyo incondicional me ayudaron a alcanzar uno de mis objetivos trazados al inicio de mi carrera: Mis padres.

A/C. SALDARRIAGA SAMMY

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a todas las personas que conforman ésta prestigiosa Institución como es el ITSA, quienes con sus enseñanzas y consejos supieron guiarnos en este período de formación, tanto militar como académica .

Al Sgos. Oscar Cadena y al personal que conforman el departamento de NDI del Ala N° 12, quienes supieron impartir sus conocimientos y experiencias en nuestra investigación para la elaboración de este proyecto de tesis.

ALNO. LLANGARÍ JOSÉ
ALNO. ORTÍZ VICENTE
A/C. SALDARRIAGA SAMMY

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---------------------------|-----|
| CERTIFICACIÓN..... | II |
| DEDICATORIA..... | III |
| AGRADECIMIENTO..... | IV |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS..... | V |
| LISTADO DE TABLAS..... | X |
| LISTADO DE FIGURAS..... | XI |
| LISTADO DE ANEXOS..... | XII |

| | |
|-------------------|------|
| NOMENCLATURA..... | XIII |
|-------------------|------|

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

| | |
|----------------------------------------|---|
| 1.1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO..... | 3 |
| 1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 3 |
| 1.1.1. OBJETIVO GENERAL..... | 3 |
| 1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 1.2. ALCANCE..... | 4 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA | 4 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|---|
| 2. PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO..... | 5 |
| 2.1. Elementos de electricidad y magnetismo..... | 5 |
| 2.2. Tipos corriente..... | 5 |
| 2.3. Comparación entre corriente continua y alterna para la imanación.... | 6 |
| 2.3.1. Corriente alterna (CA)..... | 6 |
| 2.3.2. Corriente continua (CC)..... | 6 |
| 2.4. Magnetismo..... | 7 |
| 2.4.1. Imanes..... | 7 |
| 2.4.2. Permeabilidad..... | 7 |
| 2.4.3. Histéresis..... | 7 |
| 2.4.4. Retentividad..... | 8 |
| 2.4.5. Fuerza coercitiva..... | 8 |
| 2.5. Métodos de ensayos no destructivos..... | 8 |

| | |
|------------------------------------------------|----|
| 2.6. Método aplicable al banco de pruebas..... | 9 |
| 2.6.1. Técnica..... | 9 |
| 2.6.2. Procedimiento..... | 10 |
| 2.6.3. Partículas magnéticas..... | 11 |
| 2.6.4. Desimanación..... | 12 |
| 2.6.5. Equipos y accesorios..... | 12 |

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

| | |
|------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. Identificación..... | 14 |
| 3.2. Estudio técnico..... | 14 |
| 3.2.1. Alternativa N°. 1..... | 14 |
| 3.2.1.1. Descripción de la fig. 3.1..... | 15 |
| 3.2.2. Alternativa N°. 2..... | 15 |
| 3.2.2.1. Descripción de la fig. 3.2..... | 16 |
| 3.3. Análisis de factibilidad..... | 16 |
| 3.3.1. Ventajas y desventajas de la alternativa No. 1..... | 17 |
| 3.3.1.1. Ventajas..... | 17 |
| 3.3.1.2. Desventajas..... | 17 |
| 3.3.2. Ventajas y desventajas de la alternativa N°. 2..... | 17 |
| 3.3.2.1. Ventajas..... | 17 |
| 3.3.2.2. Desventajas..... | 18 |
| 3.4. Parámetros de evaluación..... | 18 |
| 3.5. Parámetros de selección..... | 19 |
| 3.5.1. Aspectos..... | 19 |
| 3.6. Selección de la mejor alternativa..... | 23 |
| 3.7. Requerimientos técnicos..... | 23 |

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR EL MÉTODO DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 4.1. Diseño del banco de pruebas..... | 25 |
| 4.1.1. Mesa..... | 26 |
| 4.1.2. Yugo..... | 27 |
| 4.1.3. Bobina..... | 30 |
| 4.2. Construcción..... | 30 |
| 4.2.1. Orden de construcción..... | 31 |
| 4.3. Diagramas de proceso..... | 33 |
| 4.3.1. Diagrama de proceso de construcción de la mesa..... | 34 |
| 4.3.2. Diagrama de proceso de construcción del cajón..... | 35 |
| 4.3.3. Diagrama de proceso de construcción del yugo..... | 36 |
| 4.3.4. Diagrama de proceso de construcción de la bobina..... | 37 |
| 4.3.5. Diagrama de proceso de construcción de la base..... | 38 |
| 4.4. Proceso de ensamble..... | 39 |
| 4.4.1. Diagrama de ensamble del banco de pruebas..... | 40 |
| 4.5. Prueba de funcionamiento de los componentes..... | 41 |
| 4.5.1. Estructura de la mesa..... | 41 |
| 4.5.2. Yugo de magnetización..... | 41 |
| 4.5.3. Bobina de magnetización..... | 42 |
| 4.6. Comprobaciones técnicas adicionales..... | 42 |
| 4.7. Pruebas realizadas en el departamento de NDI..... | 44 |
| 4.7.1. Yugo de magnetización..... | 44 |
| 4.7.2. Bobina de magnetización..... | 45 |

CAPÍTULO V
ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO
DEL BANCO DE PRUEBAS PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Generalidades..... | 47 |
| 5.2. Operación del banco de pruebas de END..... | 48 |
| 5.3. Mantenimiento del banco de pruebas de END..... | 50 |
| 5.4. Verificación del banco de pruebas de END..... | 51 |
| 5.5. Plan de mantenimiento..... | 52 |
| 5.6. Libro de vida de Mantenimiento del banco de pruebas..... | 53 |
| 5.7. Libro de vida de Funcionamiento del banco de pruebas..... | 54 |
| 5.8. Libro de vida de Daños del banco de pruebas de END..... | 55 |

CAPÍTULO VI
ESTUDIO ECONÓMICO

| | |
|-----------------------------------------|----|
| 6.1. Presupuesto..... | 56 |
| 6.2. Análisis económico financiero..... | 56 |
| 6.2.1. Materiales..... | 56 |
| 6.2.2. Mano de Obra..... | 58 |
| 6.2.3. Máquinas Herramientas..... | 58 |
| 6.2.4. Otros..... | 59 |
| 6.2.5. Detalle total..... | 59 |

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|----|
| 7.1. Conclusiones..... | 61 |
| 7.2. Recomendaciones..... | 62 |
| Bibliografía..... | 63 |
| Anexos..... | 6 |

LISTADO DE TABLAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 3.1. Matriz de Evaluación..... | 22 |
| Tabla 3.2. Matriz de Decisión..... | 23 |
| Tabla 4.1. Características técnicas de las máquinas herramientas Utilizadas en el proyecto..... | 32 |
| Tabla 4.2. Tiempo de operación de los diferentes tareas en las Máquinas herramientas..... | 33 |
| Tabla 4.3. Verificación de tolerancias y optimización de la mesa..... | 41 |
| Tabla 4.4. Estado de las partes del yugo de magnetización..... | 42 |
| Tabla 4.5. Verificación de componentes de la bobina de Magnetización..... | 42 |
| Tabla 4.6. Comprobación técnica de los equipos..... | 43 |
| Tabla 5.1. Codificación de los procedimientos para el banco de pruebas de ensayos no destructivos..... | 47 |
| Tabla 5.2. Actividades de mantenimiento semestral..... | 53 |
| Tabla 6.1. Materiales utilizados en el banco..... | 57 |
| Tabla 6.2. Detalle costo de mano de obra..... | 58 |
| Tabla 6.3. Detalle de máquinas herramientas..... | 59 |
| Tabla 6.4. Detalle de imprevistos..... | 59 |
| Tabla 6.5. Detalle de gastos totales..... | 60 |

LISTADO DE FIGURAS

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 2.1. Detección de una discontinuidad subsuperficial..... | 10 |
| Fig. 2.2. Tipo de partículas..... | 11 |
| Fig. 2.3. Tubos de decantación de partículas magnéticas..... | 12 |
| Fig. 3.1. Gráfico primera alternativa..... | 15 |
| Fig. 3.2. Gráfico segunda alternativa..... | 16 |
| Fig. 4.1. Constitución del banco de pruebas..... | 19 |
| Fig. 4.2. Indicador de campo magnético..... | 43 |
| Fig. 4.3. Yugo de magnetización operando..... | 44 |

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A.- Planos

- A1.- Plano de la mesa
- A2.- Plano del yugo
- A3.- Plano de las placas internas del yugo
- A4.- Planos de la bobina
- A5.- Plano del banco de pruebas

Anexo B.- Fotografías del banco de pruebas

- B1.- Partes del banco de pruebas
- B2.- Banco de pruebas
- B3.- Pruebas realizadas

Anexo C.- Copias de norma oficial mexicana NOM B – 124 - 1986

Anexo D.- Registro de prácticas

- D1.- Yugo
- D2.- Bobina

NOMENCLATURA

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| END | Ensayos no destructivos |
| CA | Corriente alterna |
| CC | Corriente continua |
| μ | Permeabilidad |
| °C | Grados centígrados |
| P | Potencia |
| E | Tensión |
| I | Intensidad |
| Sn | Sección del núcleo |
| a | Ancho de la lámina |
| e | Espesor del paquete o apilamiento |
| N1 | Espiras del bobinado |
| V1 | Voltaje de alimentación |
| <i>f</i> | Frecuencia |
| β | Inducción magnética en Gauss |
| \emptyset | Diámetro |
| A | Área |
| Lb | Libras |
| GLS | Galones |
| Kg | Kilogramos |
| Dm | Decímetros |
| EMAI | Escuela de mecánica aeronáutica ITSA |
| TMB | Taller de mecánica básica |
| N/A | No aplicable |
| P1-2...3 | Procedimiento 1, etc. |
| R1...3 | Registro 1, etc |

RESUMEN

El presente proyecto ha sido diseñado acorde a las necesidades que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico requiere para la

formación práctica de los alumnos dentro de sus talleres y laboratorios, en donde se realizaran los ensayos no destructivos mediante el método de partículas magnéticas, para la detección de discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos.

El proyecto esta constituido por tres partes principales que son: la mesa, yugo y bobina de magnetización, los cuales están diseñados para cumplir a cabalidad las practicas a realizarse por medio de estos equipos.

Los diferentes diagramas de procesos de construcción de los equipos permiten ver con una mayor visión las partes constitutivas de cada uno de ellos y además podemos ver mediante el diagrama de ensamble como realmente queda estructurado el banco de pruebas.

Se podrá también obtener información por medio de los manuales para una buena manipulación y operación de los equipos durante su utilización.

Por medio de los planos de diseño de este proyecto podemos ver de una mejor manera sus dimensiones y medidas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, para la formación profesional de estudiantes militares y civiles cuenta con una infraestructura e instalaciones modernas y laboratorios para las escuelas de mecánica aeronáutica, aviónica, telemática y logística, las mismas que se sustentan con un excelente material didáctico, en especial el “Bloque 42” que está conformado por tres laboratorios: de hidráulica, motores y mecánica básica en los que podemos encontrar diferentes bancos de prueba como son: de trenes de aterrizaje, sistemas hidráulicos, controles de vuelo, sistemas de combustibles, etc.

La falta de un banco de pruebas de ensayos no destructivos en la técnica de partículas magnéticas y con la finalidad de afianzar los conocimientos adquiridos en la asignatura de NDI, hemos creído conveniente construir un banco de pruebas, que mediante el mismo los estudiantes del ITSA se beneficien de forma real y práctica en la realización de inspecciones no destructivas y observen las facilidades que el equipo brinda para la detección de discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos, que resulta importante en la aplicación de los ensayos no destructivos para un buen control de calidad en la industria en general.

Cabe mencionar que para la construcción de este banco de pruebas para ensayos no destructivos, se tomará referencia en

normas mexicas las cuales fueron la guía técnica para la elaboración del proyecto.

Es necesario recalcar que el conocimiento de ésta materia es muy importante puesto que hoy día se encuentra sumergido en varios campos de la industria para procesos de fabricación, mantenimiento y a la vez garantizar el control de calidad.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Los conocimientos adquiridos en la asignatura de NDI en las aulas del ITSA ha generado la necesidad de querer observar de forma real como son los métodos y procedimientos a seguir para la detección de discontinuidades en materiales ferromagnéticos es por esta razón que mediante el presente banco, los instructores del ITSA y sus estudiantes podrán alcanzar sus objetivos planteados.

También es parte de nuestro proyecto de investigación adjuntar al banco de pruebas los manuales de mantenimiento, operación y verificación que guiarán a los alumnos e instructores para el manejo del banco con mayor eficiencia y eficacia.

1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Construir un banco de pruebas para realizar la detección de discontinuidades en partes y componentes de aviación y otros mediante inspecciones no destructivas (NDI).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Enunciar los métodos de inspecciones no destructivas más utilizados.
- Analizar cual de los métodos y técnicas a investigar son los más idóneos, para la realización del presente trabajo.
- Analizar los materiales que se utilizarán en ésta investigación.

- Armar el banco de prueba.
- Verificar resultados de pruebas mediante una práctica.
- Elaborar Manuales de, operaciones. Mantenimiento y verificación.

1.4. ALCANCE.

La creación de éste banco de pruebas, permitirá que los alumnos de promociones venideras tengan la oportunidad de llevar a la práctica los conocimientos que adquieran en la asignatura de NDI impartidos de forma teórica. Éste a su vez servirá como material didáctico para exposiciones científicas del ITSA.

1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El desconocimiento sobre la aplicación de las inspecciones no destructiva para la detección de discontinuidades en materiales ferromagnéticos en algunas partes y componentes de aviación y otros, la falta de un banco de prueba en el ITSA, como material didáctico para entrenamiento de los estudiantes militares y civiles, futuros tecnólogos aeronáuticos en la rama de la mecánica, hacen que sea menester contribuir con el ITSA, en la construcción de presente banco de pruebas con sus respectivos manuales de operación, mantenimiento y verificación.

La importancia de éste proyecto es de proporcionar un equipo didáctico y práctico para los ensayos no destructivos dentro de la escuela de mecánica en el ITSA. El objetivo será analizar materiales y componentes sin afectar sus propiedades, dejándolos aptos para el uso posterior, mediante el cual podemos optimizar procesos y recursos que posibiliten el aseguramiento de la calidad en el producto final.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

2.1. Elementos de electricidad y magnetismo

La electricidad y el magnetismo no pueden verse. Se dejan sentir solamente por los efectos que producen tales como: producción de luz y calor o por la atracción o movimiento de materiales.

Electricidad

Una corriente eléctrica es el movimiento de electrones y la fuerza electromotriz (fem) es cualquier presión que pone estas partículas en movimiento o que detiene su movimiento.

2.2. Tipos de corriente

Existen dos tipos básicos de corriente eléctrica y ambos se emplean en la inspección por partículas magnéticas. La corriente continua es aquella que conserva siempre la misma dirección, pero cuya intensidad puede variar de forma regular. La corriente pulsante es continua, cuya intensidad varía de forma apreciable. La corriente alterna invierte su dirección, siendo primero positiva y después negativa, si bien alterna entre valores constantes máximos positivos y negativos respectivamente.

El rectificador es un dispositivo empleado para convertir la corriente alterna en continua; permite que la corriente fluya en una dirección solamente.

La corriente continua, alterna y rectificada de alternancia simple se emplean como corrientes imanadoras en la inspección por partículas magnéticas. Cada una de éstas tiene sus propias ventajas y limitaciones según sea su aplicación específica.

2.3. Comparación entre corriente continua y alterna para la imanación

2.3.1. Corriente alterna (CA).- Los campos magnéticos creados por la corriente alterna se limitan al metal situado próxima y en la superficie de la pieza. El fenómeno responsable de que la corriente alterna tienda a fluir solamente a lo largo de las capas superficiales del metal se conoce como efecto peculiar. El método de corriente alterna es, en consecuencia, el más eficaz para la localización de discontinuidades superficiales y no es apropiado para la detección de discontinuidades más profundas.

El campo alterno añade también movilidad a las partículas y facilita una mejor indicación.

2.3.2. Corriente continua (CC).- Esta produce un campo que penetra en la pieza y es por ello, que es más sensible que la alterna para la detección de discontinuidades internas. La corriente trifásica rectificada de doble alternancia produce resultados fundamentalmente comparables a los de la continua obtenida de un generador.

Una corriente monofásica rectificada de media onda permite máxima sensibilidad. Esto se debe a que el campo pulsante aumenta la movilidad de las partículas permitiendo que éstas se alineen más fácilmente en los campos de fuga. Además, las crestas de los impulsos producen una mayor fuerza imanadora.

2.4. Magnetismo

2.4.1. Imanes

La idea popular de un imán consiste en una pieza de hierro, en forma de barra o de herradura, que tiene la propiedad de atraer y retener pequeñas piezas de hierro. Como su nombre indica, magnetismo significa tener afinidad con el hierro. Este poder de atracción parece hallarse concentrado cerca de los extremos de la barra. Éstos se denominan polos.

2.4.2. Permeabilidad

Todo material que resulta fuertemente atraído por un imán se dice que es ferromagnético y se denomina su permeabilidad con el siguiente símbolo (μ). Ésta es la facilidad con la que un campo magnético puede introducirse en un material; no es constante, sino que cambia considerablemente a medida que aumenta la densidad de flujo.

2.4.3. Histéresis

Cuando se imanar ciertos materiales ferromagnéticos, al retirarles la fuerza imanadora no vuelven completamente a su condición inicial. Para desimantar completamente el material se debe aplicar una cierta fuerza imanadora inversa, a menos que el material se caliente por encima del punto Curie correspondiente a dicho material o que se someta a un tratamiento mecánico.

Histéresis es el retraso del efecto magnético cuando se cambian las fuerzas imanadoras que actúan sobre un cuerpo ferromagnético.

2.4.4. Retentividad

La retentividad es la expresión empleada para indicar la tendencia de un material a retener el magnetismo residual.

2.4.5. Fuerza coercitiva

La fuerza coercitiva es la expresión empleada para indicar la facilidad con la que el magnetismo residual de un material puede contrarrestarse por la aplicación de una fuerza imanadora.

2.5. Métodos de ensayos no destructivos

Dentro de los métodos de ensayos no destructivos tenemos los siguientes.

- Examen visual.
- Tintas penetrantes.
- Radiografía industrial.
- Corrientes inducidas.
- Ultrasonido.
- Partículas magnéticas.

De los métodos anteriormente mencionados se escogió el de partículas magnéticas por una inspección visual hacia los equipos existentes en el Departamento de NDI, los mismos que presentaban una complejidad en su construcción por ser equipos adquiridos en los Estados Unidos, además las partes para armarlos en nuestro país son difíciles de conseguir en el mercado local.

Considerando lo anteriormente mencionado, se concluyó que el método idóneo para la construcción de las alternativas a presentarse será con el método de partículas magnéticas.

2.6. Método aplicable al banco de pruebas

El ensayo no destructivo mediante partículas magnéticas se encuadra dentro de los ensayos superficiales para la detección de grietas o fisuras, y otras discontinuidades sobre o cercana a la superficie de materiales ferromagnéticos. La sensibilidad es mayor para las discontinuidades superficiales y disminuye rápidamente si la profundidad de la discontinuidad debajo de la superficie se incrementa. En principio, este método involucra magnetizar el área a ser examinada y aplicar partículas ferromagnéticas a la superficie. Las partículas formarán patrones sobre la superficie en donde las grietas u otras discontinuidades causen distorsiones en el campo magnético normal. Estos patrones son generalmente característicos del tipo de discontinuidad que es detectada.

2.6.1. Técnica

Este método de NDI, se basa en el principio físico conocido como magnetismo, el cual se aplica principalmente a los materiales ferrosos como el acero y consiste en la capacidad o poder de atracción entre metales. Es decir, cuando un metal es magnético, atrae en sus extremos o polos a otros metales igualmente magnéticos o con capacidad para magnetizarse.

De acuerdo con lo anterior, si un material magnético presenta discontinuidades en su superficie, éstas actuarán como polos, por lo que, atraerán cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a las mismas. (ver fig. 2.1). De esta forma, un metal magnético puede ser magnetizado local o globalmente y se le pueden esparcir sobre su

superficie, pequeños trozos o diminutas partículas magnéticas y así observar cualquier acumulación de las mismas. Es evidente la presencia de discontinuidades subsuperficiales y/o superficiales en el metal.

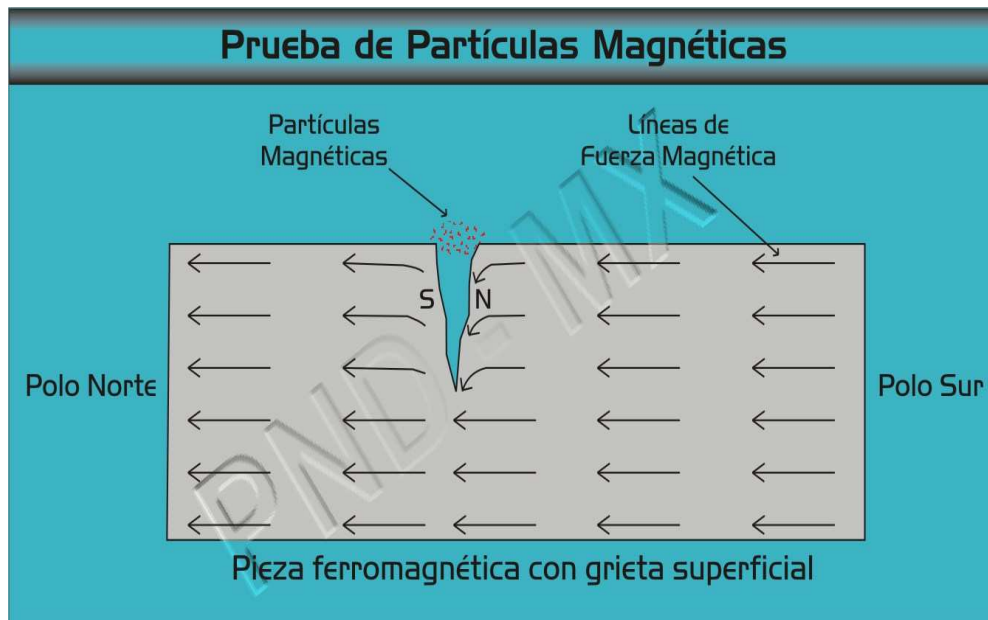


Fig. 2.1. Detección de una discontinuidad subsuperficial.

2.6.2. Procedimiento

Al extender sobre la superficie de la pieza partículas finas de material ferromagnético, éstas se acumularán en los campos de fuga para facilitar el paso de las líneas de fuerza y contribuir así a que disminuya la energía del sistema que pasa a un estado más estable. La discontinuidad se detectará si es perpendicular a las líneas de fuerza.

Las características de diseño básicas del ensayo son:

- Los materiales, formas y tamaños a ser examinados; y la extensión de la examinación.
- Las técnicas de magnetización a ser usadas.
- Partículas magnéticas.

- Sistemas de desimantación y sus variantes.
- Los sistemas de imantación utilizados hoy en día son los electroimanes o yugos magnéticos de corriente alterna.

2.6.3. Partículas magnéticas

Las partículas magnéticas son sustancias ferromagnéticas finamente divididas; puede ser de aplicación por vía seca, o por vía húmeda donde se encuentran suspendidas en un medio húmedo, agua o kerosene. Se fabrican pigmentadas con diversos colores: grises, blancas, negras, amarillas, rojas y fluorescentes. Estas últimas proporcionan un contraste y visibilidad óptimos. (Ver fig. 2.2.)

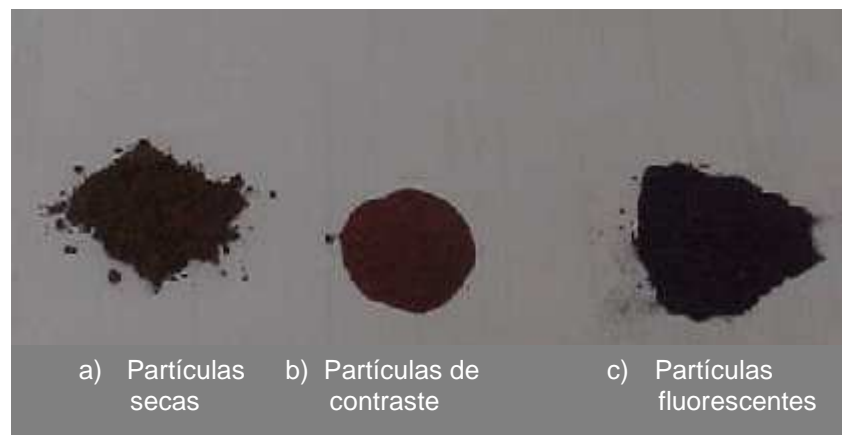


Fig. 2.2. Tipo de partículas

Si se aplican partículas fluorescentes, estas deben someterse a una previa decantación, que es una verificación de la concentración de partículas magnéticas en un medio húmedo.

El tiempo de decantación para partícula húmeda fluorescente dependerá del medio de mezcla que se utilice.

Los medios mas utilizados para este tipo de partículas son derivados de petróleo con una hora de duración y agua con media hora. (ver fig. 2.3.).



Fig. 2.3. *Tubos de decantación de partículas magnéticas*

2.6.4. Desimanación

La desimanación supone el desorden magnético a nivel atómico. Los materiales ferromagnéticos conservan después de cesar la acción del campo, un cierto magnetismo residual o remanente, cuya intensidad depende de la retentividad del material.

La desimanación es necesaria cuando el campo residual puede interferir con otros procesos o instrumentos sensibles a campos magnéticos. Se realizará normalmente con corriente alterna.

2.6.5. Equipos y accesorios

- Equipo de magnetización AC/DC.
- Lámpara portátil de luz negra.
- Medidor de intensidad de luz negra.
- Indicador de campo y dirección.
- Tubo decantador para comprobaciones.
- Limpiador eliminador.
- Partículas magnéticas.
- Rociador de partículas.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1. Identificación

En el capítulo anterior se manifestó las razones por cual se optó por el método de las partículas magnéticas, en este capítulo se realizará el estudio de dos modelos de bancos propuestos para cumplir con el objetivo propuesto que a continuación se detallan.

- Banco de pruebas de ensayos no destructivos, con puntas de contacto.
- Banco de pruebas de ensayos no destructivos, con yugo y bobina de magnetización.

3.2. Estudio técnico

Para el estudio técnico de las alternativas se a tomado encuentra muchos aspectos y parámetros dentro de esto.

3.2.1. Alternativa N°. 1

La primera alternativa habla sobre el banco de pruebas de ensayos no destructivos, con puntas de contacto que contiene los siguientes elementos: (Ver fig. 3.1)



Fig. 3.1. Gráfico primera alternativa

3.2.1.1. Descripción de la fig. 3.1

1. Cables de corriente de magnetización.
2. Cables de conexión eléctrica.
3. Electrodo o puntas.
4. Manijas de sujeción.
5. Transformadores (elevador, reductor) de corriente rectificada.
6. Indicador de amperaje.
7. Selector de amperaje.
8. Caja metálica.
9. Plugs de conexión.

3.2.2. Alternativa N°. 2

La segunda alternativa presenta un banco que consta de tres partes principales que son, mesa , yugo y bobina (Ver fig. 3.2)



Fig. 3.2. *Gráfico segunda alternativa*

3.2.2.1. Descripción de la fig. 3.2

1. Estructura metálica.
2. Cables de conexión.
3. Carcaza del yugo.
4. Brazos del yugo.
5. Bobinado del yugo.
6. Base de la bobina.
7. Interruptores de corriente.
8. Anillo de la bobina.

3.3. Análisis de factibilidad

En esta parte de la investigación, se analiza las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para poder determinar la mejor y analizar

requerimientos técnicos de la misma, con el fin de construir el banco de pruebas.

3.3.1. Ventajas y desventajas de la alternativa No. 1

3.3.1.1. Ventajas:

- Se puede inspeccionar piezas de grandes dimensiones.
- Es un equipo portátil.
- Es muy aplicable en inspecciones de piezas burdas (fundidas, brutos de forja y soldaduras).

3.3.1.2. Desventajas:

- Al aplicar esta técnica se debe minimizar las quemaduras producidas por cortocircuito, principalmente en los materiales de media y alta aleación que ya tienen tratamiento térmico final.
- Es un equipo muy pesado.
- Su operación es mas compleja.
- Requiere una calibración anual que se lo realiza en actualmente en Miami (EEUU).
- Los transformadores elevadores y reductores de corriente rectificadas son originales de fabrica, y no se los puede fabricar o comprar dentro del mercado nacional.
- La mayoría de los materiales de construcción no se los puede encontrar dentro del mercado nacional.
- El costo de construcción es muy elevado.

3.3.2. Ventajas y desventajas de la alternativa N°. 2

3.3.2.1. Ventajas.

- Se adapta fácilmente a aplicaciones específicas como son: la inspección de superficies maquinadas y terminadas, la inspección de mantenimiento de áreas maquinadas o rectificadas de componentes en servicio, la verificación de superficies soldadas o de reparaciones por soldaduras.
- Son equipos portátiles que se adaptan al contorno de las piezas.
- No provoca daños por cortocircuito en las piezas que se inspeccionan.
- Se puede trabajar con corriente alterna (para detectar discontinuidades superficiales), y con corriente directa (para detectar discontinuidades subsuperficiales).
- La bobina no requiere de calibración.
- Facilidad en la operación de los equipos.
- Tanto el yugo como la bobina no utilizan transformadores elevadores y reductores de corriente rectificada.
- Costos de construcción bajos.

3.3.2.2. Desventajas

- No se puede realizar inspecciones a piezas que tengan una geometría irregular.
- No se pueden detectar discontinuidades internas.
- El yugo requiere de una calibración mensual.

3.4. Parámetros de evaluación

Para la evaluación de cada una de las alternativas, se asigna un valor X_i a los parámetros de selección, que se han considerado los más importantes que nos permitirán seleccionar la mejor alternativa.

La asignación de los valores X_i dependerá de la importancia del parámetro y su valor de ponderación estará entre:

$$0 < X_i \leq 1$$

En función de las ventajas y desventajas que presentan las alternativas, se evaluará cada parámetro y la alternativa que obtenga el valor más alto en la calificación de parámetros será la seleccionada para ser construida.

Las alternativas también tendrán una calificación entre cero y uno.

3.5. Parámetros de selección

Los parámetros de selección que se han considerado, son los siguientes.

3.5.1. Aspectos

Aspecto Técnico:

- Funcionabilidad
- Rendimiento
- Facilidad de Operación y Control
- Mantenimiento
- Materiales
- Proceso de Construcción
- Precisión
- Fiabilidad

Aspecto Económico:

- Costo de Fabricación
- Costo de Operación

Aspecto Complementario:

- Tamaño
- Forma

A continuación se define cada uno de los parámetros:

Funcionabilidad: Habla acerca de las características de los bancos de pruebas y hace que la misma cumpla con los fines para la que fue construida. Por la importancia de este parámetro se da un valor de 0.7.

Rendimiento: Este parámetro se refiere a que se debe tener un alto grado de seguridad para que el banco trabaje y cumpla con la finalidad con la que fue creado. Se le asigna un valor de 0.7.

Facilidad de Operación y Control: Los bancos presentados deben perseguir una finalidad primordial, la misma que constituye en la facilidad y sencillez de operar y controlarlas. A este parámetro se le asigna un valor de 0.6.

Mantenimiento: Es importante para que este banco se mantenga en un óptimo funcionamiento, además dependiendo de la complejidad del sistema necesitamos ver la disponibilidad de los posibles repuestos. Tomando en cuenta lo anterior se le da un valor de 0.5.

Materiales: Trata del material recomendable y su facilidad de adquisición para que la construcción sea óptima. Este parámetro tiene un valor de 0.4.

Procesos de Construcción: Todas las alternativas, requieren de piezas, elementos de construcción y necesitan de maquinaria adecuada que permitan obtenerlas, por lo que se da a este parámetro un valor de 0.8.

Precisión: Trata de la efectividad de la detección de discontinuidades, superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. El valor asignado a este criterio es 0.7.

Fiabilidad: este factor es muy importante y trata de evaluar el funcionamiento satisfactorio de cada una de las alternativas. Su valor es de 0.7.

Costo de Fabricación: Constituye un parámetro muy importante y una adecuada decisión, para la elección del banco de pruebas, como la construcción no se la realiza en serie, se trata de buscar la alternativa más económica y su parámetro tiene un valor de 0,7.

Costo de Operación: Una vez construido el banco de pruebas, se busca economizar la energía utilizada en el proceso de operación. Su valor es de 0.5.

Tamaño: Se refiere al espacio ocupado por la máquina. El valor de este criterio es de 0.3.

Forma: Trata de la estética de cada uno de los equipos. También se le asigna un valor de 0.3.

Tabla 3.1. Matriz de Evaluación

| Parámetros de | F. Pond. | A l t e r n a t i v a s |
|---------------|----------|-------------------------|
|---------------|----------|-------------------------|

| evaluación | Xi | 1 | 2 |
|--------------------------------|-----------|----------|----------|
| Funcionabilidad | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| Rendimiento | 0.7 | 0.6 | 0.6 |
| Factor de operación y control. | 0.6 | 0.5 | 0.6 |
| Mantenimiento | 0.5 | 0.3 | 0.4 |
| Materiales | 0.4 | 0.1 | 0.3 |
| Proceso de fabricación | 0.8 | 0.4 | 0.6 |
| Precisión | 0.7 | 0.6 | 0.6 |
| Fiabilidad | 0.7 | 0.4 | 0.5 |
| Costo de fabricación | 0.7 | 0.3 | 0.6 |
| Costo de operación | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| Tamaño | 0.3 | 0.2 | 0.3 |
| Forma | 0.3 | 0.3 | 0.2 |

Tabla 3.2: *Matriz de decisión*

| Parámetros de evaluación | A l t e r n a t i v a s |
|---------------------------------|--------------------------------|
|---------------------------------|--------------------------------|

| | 1*Xi | 2*Xi |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Funcionabilidad | 0.42 | 0.49 |
| Rendimiento | 0.42 | 0.42 |
| Factor de operación y control. | 0.30 | 0.36 |
| Mantenimiento | 0.15 | 0.20 |
| Materiales | 0.04 | 0.12 |
| Proceso de fabricación | 0.21 | 0.42 |
| Precisión | 0.42 | 0.42 |
| Fiabilidad | 0.28 | 0.20 |
| Costo de fabricación | 0.21 | 0.18 |
| Costo de operación | 0.20 | 0.25 |
| Tamaño | 0.6 | 0.9 |
| Forma | 0.9 | 0.6 |
| TOTAL | 4.11 | 4.56 |

3.6. Selección de la mejor alternativa

Al concluir el estudio técnico, el análisis de cada alternativa y la evaluación de parámetros, se ha considerado que la segunda alternativa presenta mejores condiciones de construcción y puede ser fabricado el banco con materiales que se encuentran en el mercado nacional, factor que influye notablemente en la fabricación del banco de pruebas de ensayos no destructivos para el ITSA.

3.7. Requerimientos técnicos

Los requerimientos técnicos para el banco de pruebas de ensayos no destructivos

- El banco funcionará lo más cerca posible a la a una fuente de corriente alterna de 115 voltios.

- Cuando se realice inspecciones con partículas fluorescentes de debe realizarlo dentro de un cuarto oscuro.
- El banco consta de dos equipos como son la bobina que servirá para magnetizar piezas cilíndricas, y el yugo para superficies planas.

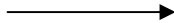
CAPÍTULO IV

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

4.1. Diseño del banco de pruebas

En el banco de pruebas, se pueden apreciar los siguientes elementos:

- Mesa.
- Yugo.
- Bobina.



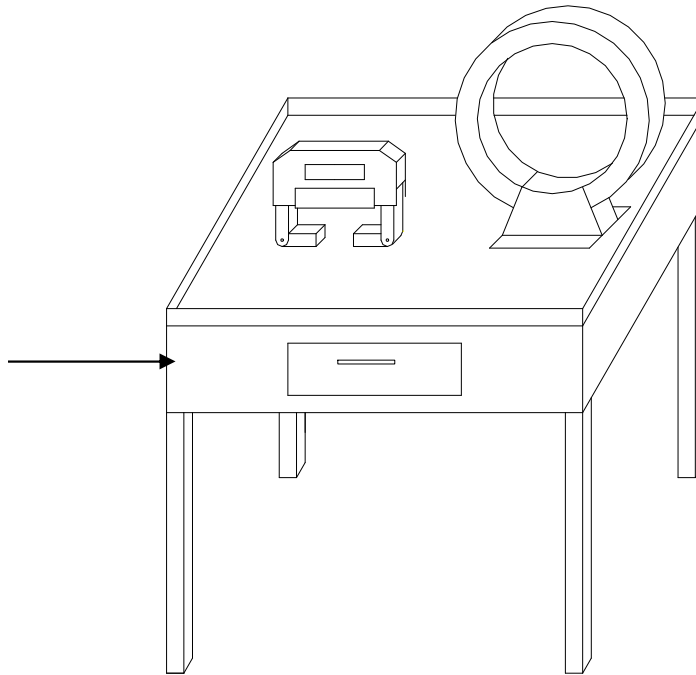


Fig. 4.1. Constitución del banco de pruebas

4.1.1. Mesa

Su diseño desempeña un papel muy importante, ya que sobre ella se asientan los aditamentos del banco de pruebas, como son el yugo y la bobina de magnetización, los pesos a utilizarse en las tareas no son grandes, pero la mesa si tendrá la suficiente resistencia y confiabilidad para soportar 200 lbs.

Los objetos a ser inspeccionados, se manipulan con corrientes eléctricas para lo cual necesitamos en su parte superior se cuente con un material aislante, en este caso una plancha de madera recubierta con una moqueta.

Un cajón es necesario para cumplir con los parámetros de seguridad y protección física de los componentes de magnetización que se guardarán dentro

del mismo, además se incorporará una seguridad adicional accionado por una llave, pensando sobre todo en que los equipos no puedan sustraerse.

El cajón será portador de una esponja de amortiguación para la protección y conservación de los equipos contra los movimientos bruscos que se presenten.

Se puede decir que la mesa debe presentar una geometría de 1.20 x 0.70 m, la estructura externa. La altura de la mesa es de 1.00 m. Que permite trabajar de pie para mayor seguridad y concentración en los procesos de trabajo que se encuentre realizando el técnico de NDI, el ancho se relaciona con los percentiles de movimiento de las extremidades superiores en cuanto a su manipulación.

4.1.2. Yugo

Es muy importante hablar como esta diseñado nuestro yugo de magnetización, mediante su bobinado crea un campo magnético de 7 amperios, funcionara con un voltaje de 115 voltios, y sus brazos serán articulados para poder tener una abertura y magnetizar los materiales ferromagnéticos a ser inspeccionados.

Se utilizó láminas de hierro al silicio de 0.27 mm de espesor, pernos galvanizados de 5/16 de pulgadas y para poder manipular el yugo se construyó una carcasa de un material aislante como la fibra termo fijada prensada con parafina.

El yugo tiene la forma de una herradura conformado por 5 brazos, el superior con una longitud de 270 mm, dos brazos laterales de 130 mm y dos brazos inferiores de 95 mm, además cada uno de estos brazos contiene un conjunto de láminas internas intercaladas.

Las láminas internas de la parte superior tienen una longitud 180 mm, las láminas internas laterales de 65 mm y las láminas internas inferiores de 60 mm.

El espesor de cada brazo del yugo es de 30 mm.

En este caso, el brazo superior es un miembro, donde se va a realizar el bobinado.

Material: Laminas de hierro al silicio.

| | | | |
|----------|---------------|----------|---------------|
| Yugo | | Bobina | |
| Voltaje | = 115 voltios | Voltaje | = 115 voltios |
| Amperaje | = 7 amperios | Amperaje | = 10 amperios |

(4.1.)

$$P = E \times I$$

Donde P = Potencia

E = Tensión (Voltios)

I = Intensidad (Amperios)

Reemplazamos datos del yugo. Datos bobina

$$P = E \times I$$

$$P = E \times I$$

$$P = 115 \text{ V} \times 7 \text{ A}$$

$$P = 115 \text{ V} \times 10 \text{ A}$$

$$P = 805 \text{ VA}$$

$$P = 1150 \text{ VA}$$

Ahora definiremos un nuevo término que es la sección del núcleo.

(4.2.)

$$S_n = a \times e$$

Donde a = ancho de la lámina

e = espesor del paquete o apilamiento

Reemplazando valores tenemos:

Datos: Yugo

$$a = 3 \text{ cm}$$

$$e = 3 \text{ cm}$$

$$S_n = 3 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$$

$$S_n = 9 \text{ cm}^2$$

Bobina

$$a = 3.18 \text{ cm}$$

$$b = 3.18 \text{ cm}$$

$$S_n = 3.18 \text{ cm} \times 3.18 \text{ cm}$$

$$S_n = 10.1 \text{ cm}^2$$

Ahora se va realizar los cálculos para el bobinado del yugo y la bobina

(4.3.)

$$N_1 = \frac{E_1 \times 10^8}{4.44 \times f \times \beta \times S_n}$$

En donde:

N_1 = Espiras del bobinado

E_1 = Voltaje de alimentación

10^8 = Constante.

4.44 = Constante

f = Frecuencia en Hz.

β = Inducción magnética en gauss

S_n = Sección del núcleo en cm^2

Datos del yugo

$E = 115$ voltios

Constante 1 = 10^8

Constante 2 = 4.44

$f = 60$ Hz

$\beta = 15000$ Gauss

$S_n = 9$ cm^2

$$N = \frac{115 \times 100000000}{4.44 \times 60 \times 15000 \times 9}$$

$$N = \frac{1150000}{3596}$$

$N = 319.79$

$N \cong 320$ Espiras

Datos de la bobina

$E = 115$ voltios

Constante 1 = 10^8

Constante 2 = 4.44

$f = 60$ Hz

$\beta = 21428.571$ Gauss

$S_n = 10.1$ cm^2

$$N = \frac{115 \times 100000000}{4.44 \times 60 \times 21428.571 \times 10.1}$$

$$N = \frac{11500000000}{57656570.27544}$$

$N = 199.45$

$N \cong 200$ Espiras

4.1.3. Bobina

Tendrá una forma circular con diámetro interno de 270 mm, diámetro externo de 350 mm y con un espesor de 30 mm.

El bobinado se realizará alrededor de todo el contorno del anillo para que pueda crear un campo magnético de 10 amperios, estará apoyada sobre una base de fibra terfofijada.

Su funcionamiento será por medio corriente alterna de 115 voltios o también puede ser operada con continua de 28 voltios.

Las instalaciones eléctricas se los realizará por medio de dos cables de conexión para una buena operación del equipo, un cable servirá para la alimentación eléctrica y el otro para la conexión de un pulsador que permitirá el paso de corriente hacia el bobinado.

4.2. Construcción

Este subcapítulo tiene como objetivo, resumir las principales consideraciones de procesos de manufactura y ensamble para llevar a cabo la construcción de los diferentes equipos del banco de pruebas.

La construcción de el banco de pruebas se la realizó por etapas con el fin de optimizar los recursos y el tiempo de una mejor manera. A continuación se detalla el plan que se siguió para la construcción:

4.2.1. Orden de Construcción:

- Mesa.
Cajón
- Yugo de magnetización.
- Bobina de magnetización.
Base.

Para la obtención de los distintos elementos del banco, se utilizaron varias máquinas herramientas existentes en el laboratorio de mecánica básica del ITSA

Tabla 4.1. Características técnicas de las máquinas herramientas utilizadas en el proyecto.

| Máquina herramienta | Características |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Guillotina electro hidráulica | Marca: Tensreith Modelo: 0780 Voltaje: 220 V Fase: 2 Peso: 300 lb. Tipo de motor: eléctrico de inducción Potencia: ½ Hp. Frecuencia: 60Hz |
| Taladro de pedestal | Marca: Tensreith Modelo: Pt – 68 Potencia: ¾ Hp Frecuencia: 60Hz Velocidad máxima: 3000rpm |
| Dobladora de cajas manual | N/A |
| Compresor | Marca: Hollaib Ltd. Modelo: 31747 Voltaje: 220 V Fases: 2 Peso: 100 lb. Capacidad máxima de carga 112Lts. Tipo de motor: Eléctrico de inducción Potencia ¾ Hp Velocidad máxima 1000rpm Frecuencia: 60Hz |
| Soldadora | Marca: Deca Modelo: Turbo 255 Voltaje: 220 V Fases: 2 Peso: 200 lb. Capacidad máxima de carga: 225 A Frecuencia: 60Hz |
| Amoladora | N/A |
| Rebobinadora | N/A |

La fabricación de los diferentes sistemas ha consumido el siguiente número de horas de máquinas herramientas presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4.2. *Tiempo de operación de los diferentes tareas en las máquinas herramientas.*

| ELEMENTO | OPERACIÓN (Hrs.) | | | | | | | Total |
|----------------------------|------------------|---|---|---|---|---|---|-------|
| | A | B | C | D | E | F | G | |
| Mesa | 4 | 2 | 2 | 8 | 8 | - | 3 | 27 |
| Yugo | 7 | 2 | - | - | - | 2 | 2 | 13 |
| Bobina | 5 | - | - | - | - | 2 | 2 | 9 |
| Total por operación | 16 | 4 | 2 | 8 | 8 | 4 | 7 | 49 |

Simbología:

- A : Cortado
- B : Taladrado
- C : Doblado
- D : Soldadura
- E : Esmerilado
- F : Rebobinaje
- G : Pintura

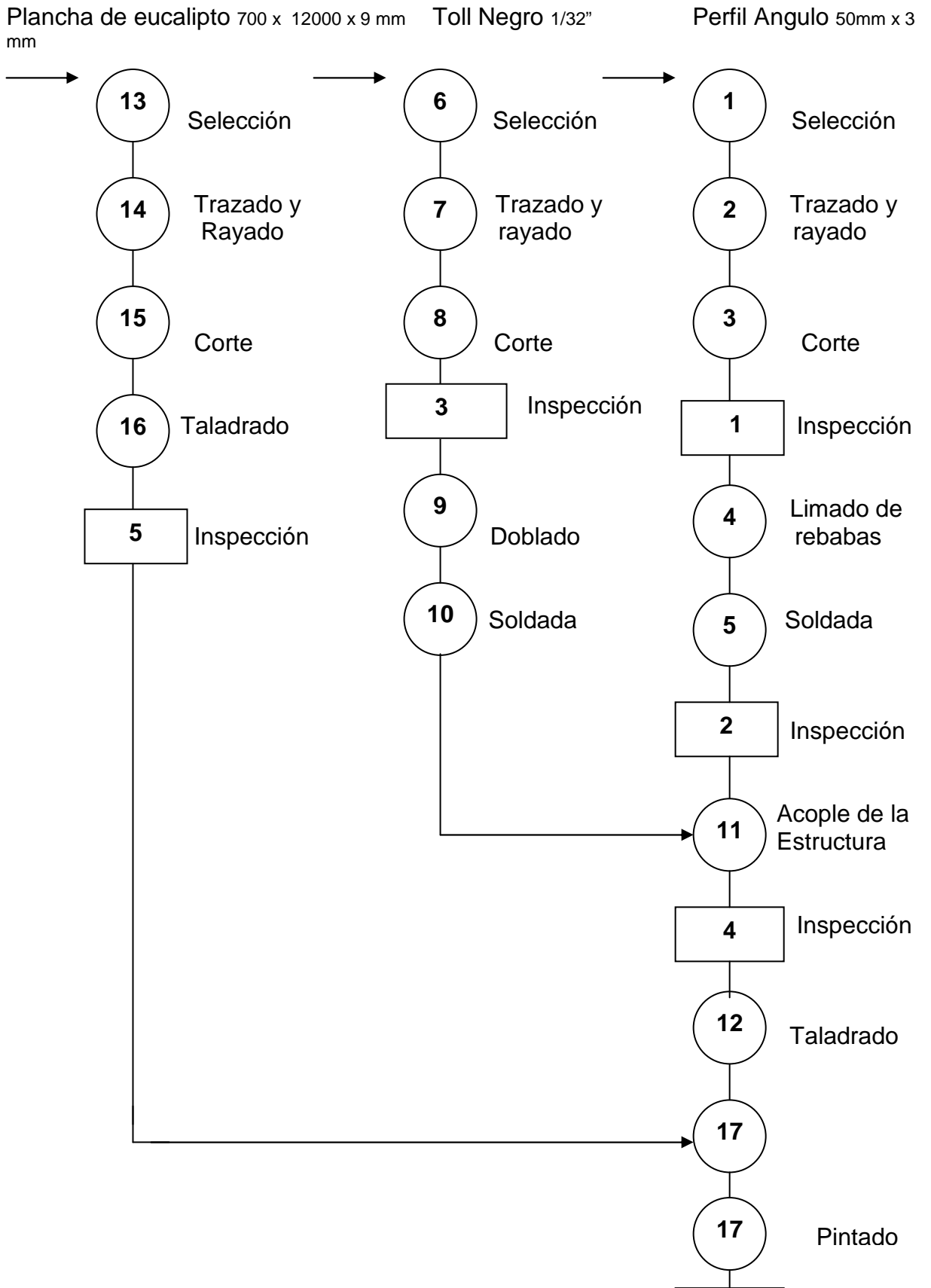
Existen algunas operaciones realizadas, donde no se pueden determinar un número de horas de operación tales como montaje de la materia prima en las máquinas, puntos de soldadura, mediciones, etc.

4.3. Diagramas de procesos

A continuación se presentan los diagramas en los diferentes partes del banco.

4.3.1. Diagrama de proceso de la estructura de la mesa (ver anexo

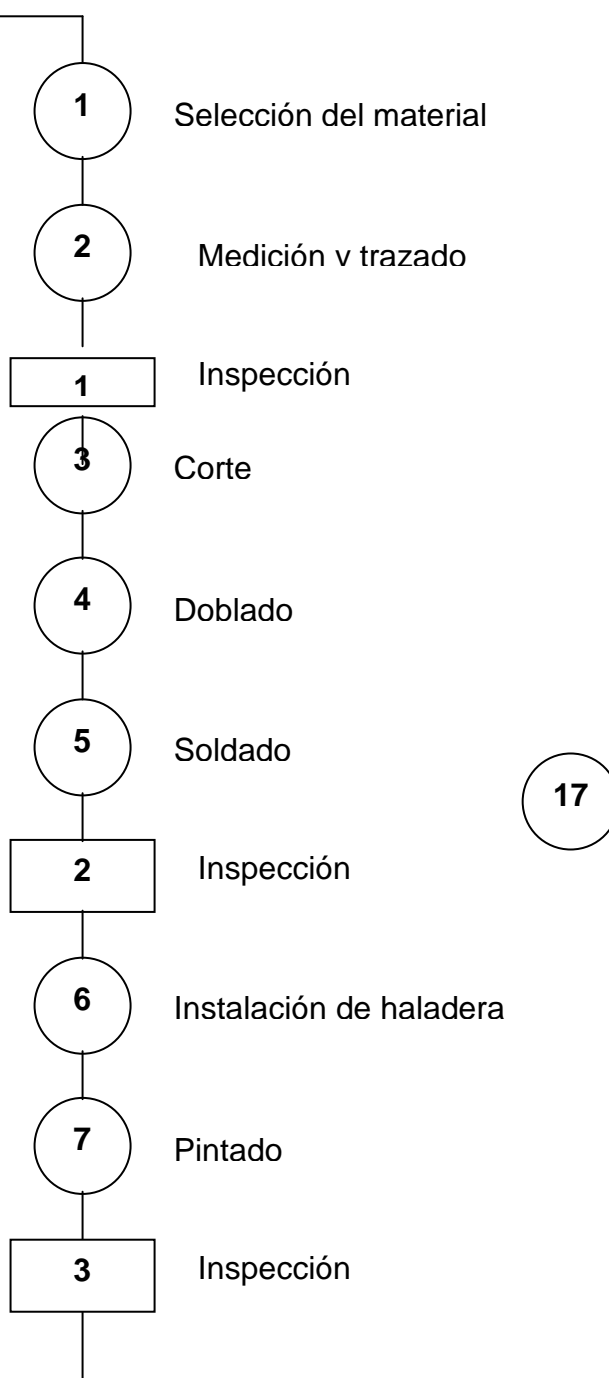
A1).



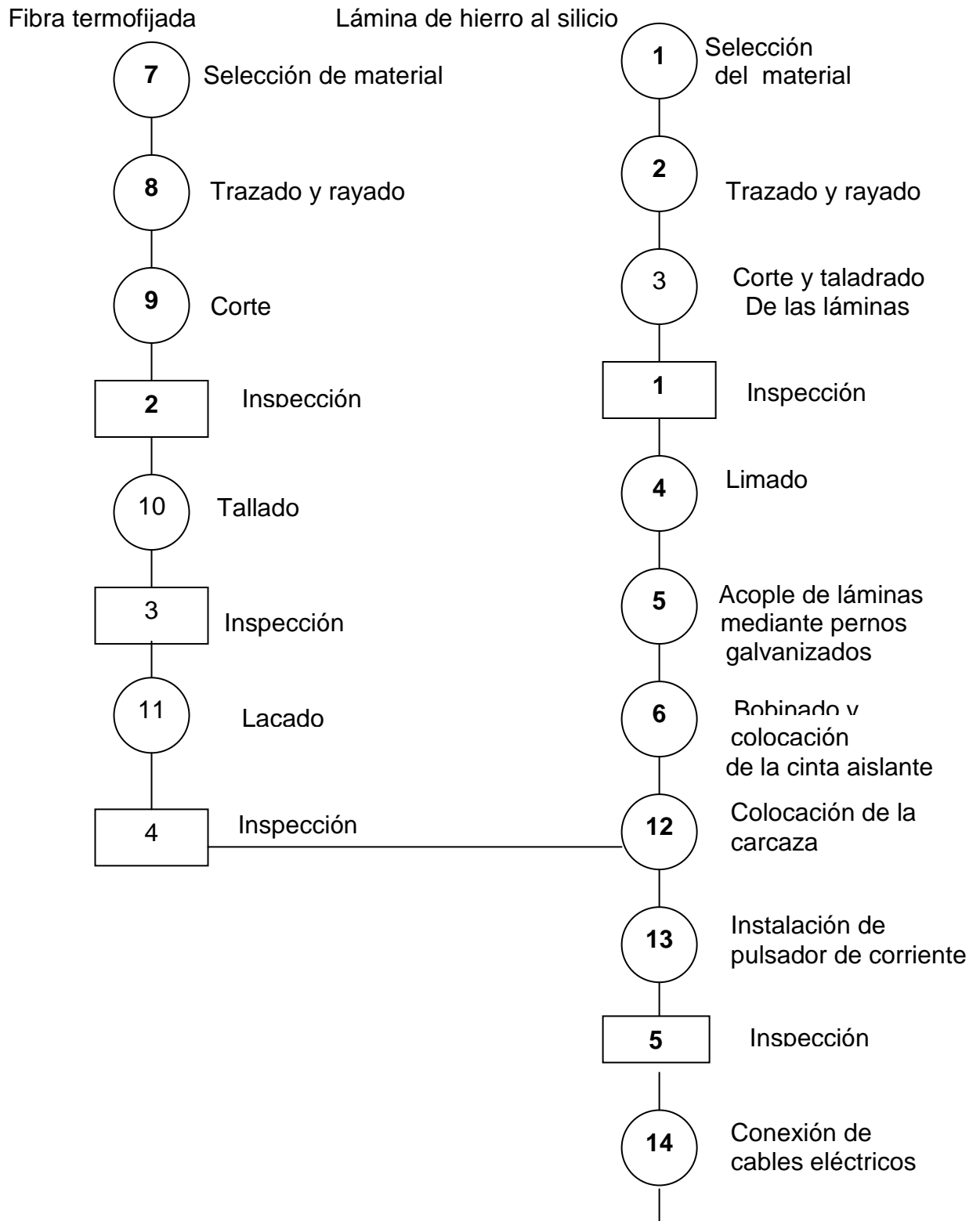
4.3.2. Diagrama de proceso de construcción del cajón. (ver anexo A1).

Inspección

Toll negro de 1/32.

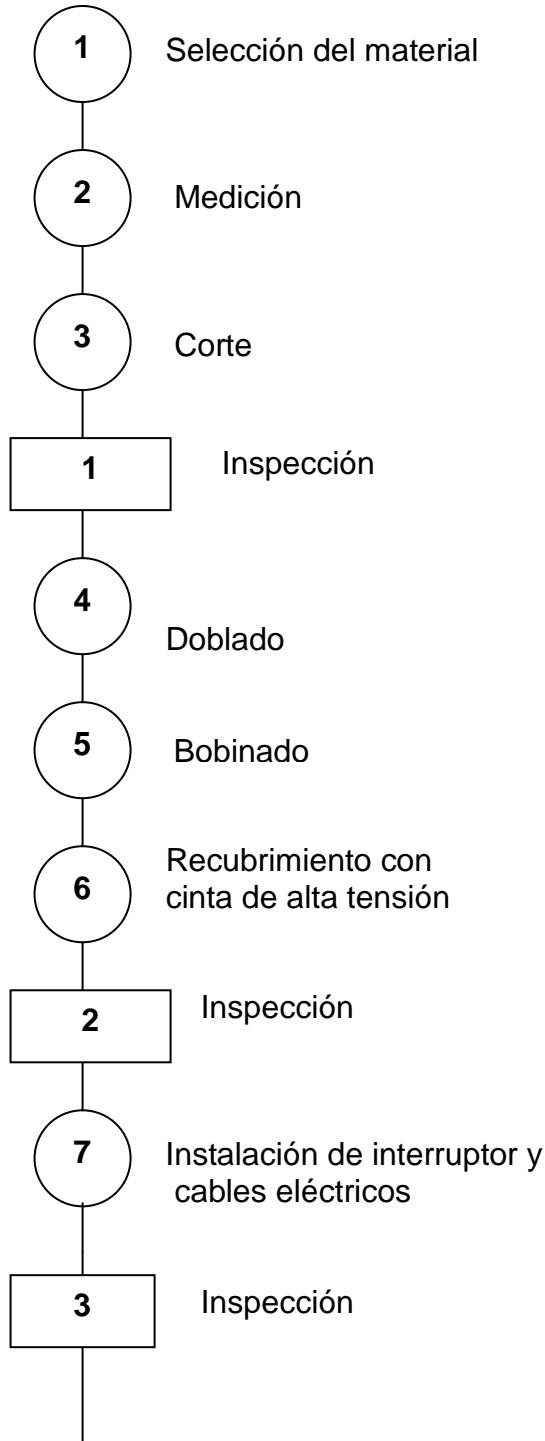
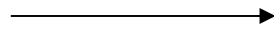


4.3.3. Diagrama de proceso de construcción del yugo (ver anexo A2 y A3).



4.3.4. Diagrama de proceso de construcción de la bobina (ver anexo A4).

Láminas de hierro al silicio

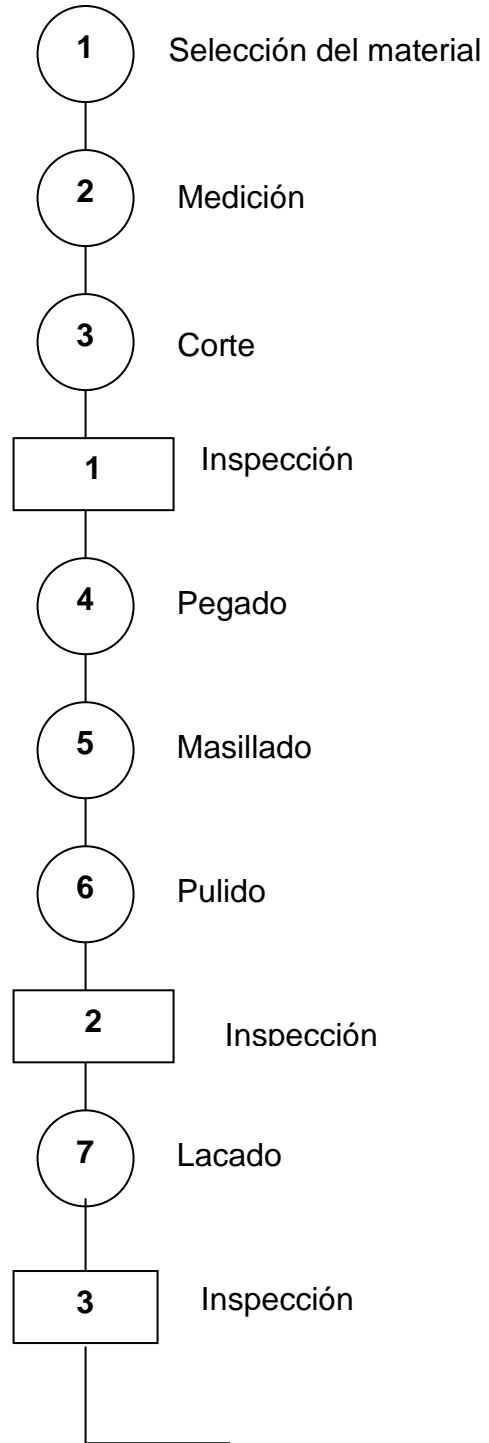
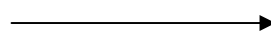


6

Inspección

4.3.5. Diagrama de proceso de construcción de la base (ver anexo A4).

Fibra termofijada



4.4. Proceso de ensamble

Para el ensamble de los diferentes partes y equipos del banco de pruebas, se debe realizar con mucho cuidado puesto que existen elementos que se ensamblan con un determinado ajuste y tolerancias.

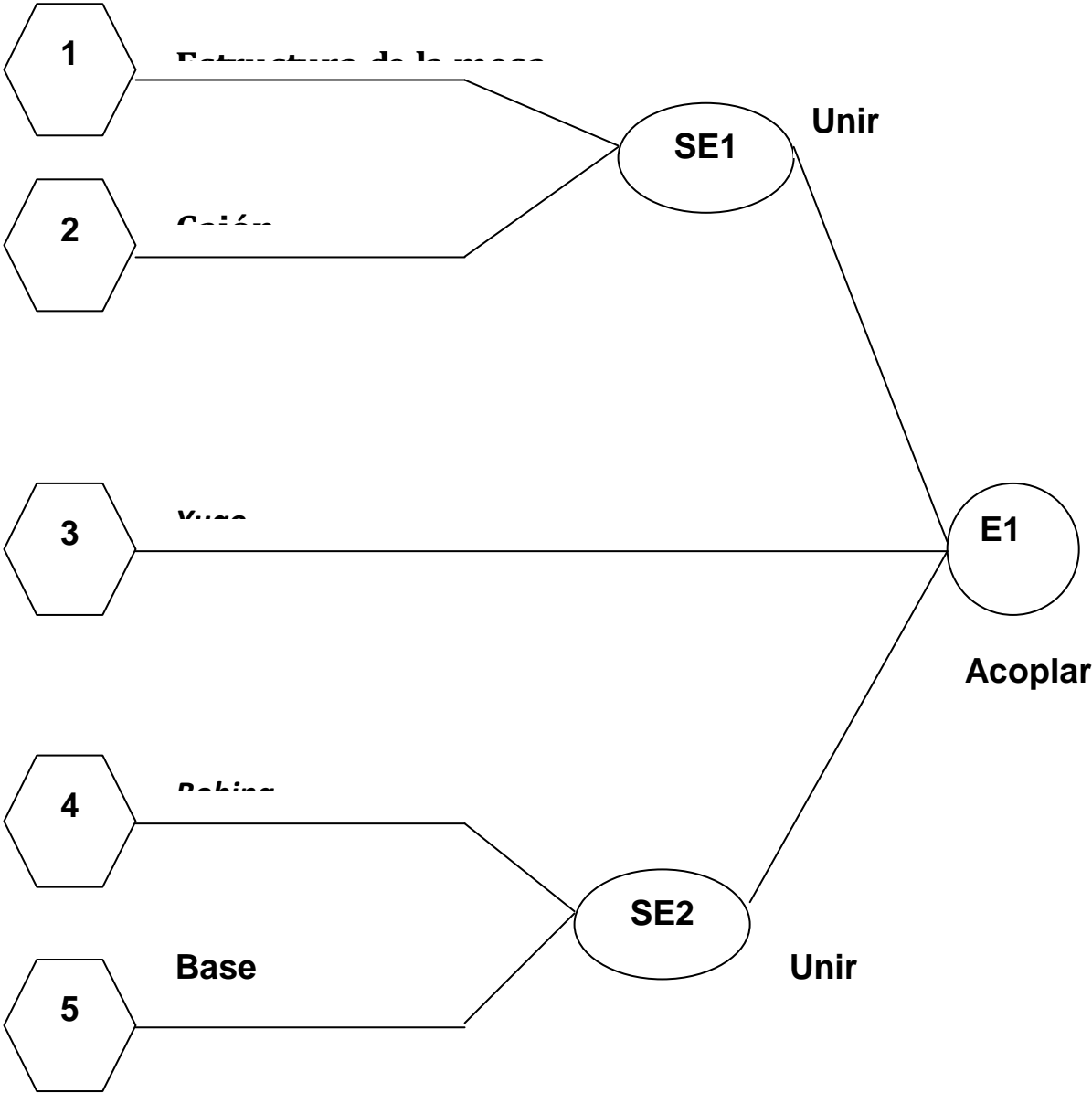
También se debe tener en cuenta que algunas partes del banco son móviles, por lo que debe existir un nivel de ajuste adecuado

Con respecto al ensamble de banco de pruebas de END, es muy sencillo por lo que se requiere de herramientas básicas las cuales se detallan a continuación:

- Juego de llaves de boca y corona
- Cortador de alambre
- Alicates
- Destornilladores.
- Pinzas.
- Limatones

A continuación se presenta los diagramas de ensamble de los diferentes sistemas y elementos del soporte móvil.

4.4.1. Diagrama de ensamble del banco de pruebas



4.5. Pruebas de funcionamiento de los componentes

Una vez realizada la construcción de las partes del banco de pruebas se realizó la verificación de los mismos.

4.5.1. Estructura de la mesa

El estado de las partes de esta estructura, se presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla.4.3. Verificación de tolerancias y optimización de la mesa

| Elemento | Tolerancias (OK) | Ensamble óptimo |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Estructura principal | ✓ | ✓ |
| Soportes horizontales | ✓ | ✓ |
| Soportes verticales | ✓ | ✓ |
| Cajón | ✓ | ✓ |
| Plancha de madera | ✓ | ✓ |
| Moqueta | ✓ | ✓ |

4.5.2. Yugo de magnetización

El estado de los diferentes elementos del yugo de magnetizaciones presenta a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4.4. Estado de las partes del yugo de magnetización

| Elemento | Tolerancias (OK) | Ensamble óptimo |
|-------------------|-------------------------|------------------------|
| Acople de laminas | ✓ | ✓ |
| Sistema eléctrico | ✓ | ✓ |
| Perno de sujeción | ✓ | ✓ |
| Bobinado | ✓ | ✓ |
| Carcaza | ✓ | ✓ |

4.5.3. Bobina de magnetización

El estado de los componentes de la bobina de magnetización se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4.5. Verificación de componentes de la bobina de magnetización.

| Elemento | Tolerancias (OK) | Ensamble óptimo |
|-------------------|-------------------------|------------------------|
| Bobinado | ✓ | ✓ |
| Anillo | ✓ | ✓ |
| Sistema eléctrico | ✓ | ✓ |
| Base | ✓ | ✓ |

4.6. Comprobaciones técnicas adicionales.

Luego de haber finalizado la construcción de nuestro banco, se realizó la comprobación de los equipos, se observó que el campo magnético de la bobina era débil por tener el bobinado en sentido

contrario, por esta razón se procedió a realizar el bobinado en el otro sentido, teniendo así resultados óptimos. Para observar si cumplían con los parámetros de operación requeridos, en siguiente tabla se detalla los resultados obtenidos.

Tabla 4.6. Comprobación técnica de los equipos

| Equipo | Voltaje | Amperaje | Poder de levantamiento | Flujo de campo magnético |
|--------|---------------|----------|------------------------|--------------------------|
| Yugo | 115 V | 7 A | 10 lb. | ✓ |
| Bobina | 115 V 28 V | 10 A | – | ✓ |

Con respecto al funcionamiento global de todos los equipos del banco de prueba se encuentra en perfectas condiciones y funciona óptimamente.

A continuación se presenta el indicador de campo magnético utilizado para la comprobación de nuestros equipos del banco de pruebas en funcionamiento.



Fig. 4.2. Indicador de campo magnético



Fig. 4.3. Yugo de magnetización operando

4.7. Pruebas realizadas en el departamento de NDI con nuestros equipos.

4.7.1. Yugo de magnetización.

Para la comprobación de funcionamiento del yugo magnetización se procedió a realizar una práctica con una duración de 30 minutos equipo y una hora hombre. En una probeta de ensayo de un cordón de soldadura con una longitud de 31 cm, ancho de 24 cm y un espesor de 6 mm.

Se aplicó la norma ASTM E - 709 – 95, de partículas húmedas fluorescentes.

Mediante esta inspección se pudo detectar lo siguiente.

1. Una discontinuidad subsuperficial de 2 cm del cordón de soldadura.
2. Una discontinuidad superficial de 6 cm en la base del cordón de soldadura.

Por la interpretación de las discontinuidades observadas se llegó a la conclusión que existía una falta de fusión en el cordón de soldadura.

De esta manera se pudo demostrar que el yugo se encuentra en buenas condiciones de operación.

Para la verificación de la práctica realizada ver anexo D1.

4.7.2. Bobina de magnetización

Para la comprobación de funcionamiento de la bobina se procedió a realizar una práctica con una duración de 5 minutos equipo y 10 minutos hombre a un bolts P/N 2604699 .

De acuerdo al CMM 32-40-03 Bendix numeral 3 pagina 109 – 110.

Se utilizó partículas secas coloreadas.

Mediante esta inspección se pudo detectar lo siguiente

1. Picaduras por corrosión en el vástago.
2. Oxidación superficial nivel 1.

De esta manera se pudo demostrar que la bobina se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento.

Para la verificación de la práctica realizada ver anexo D2.

CAPÍTULO V


ELABORACIÓN DE L MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO DEL BANCO DE PRUENBAS PARA ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS


5.1. GENERALIDADES.

El presente capítulo brinda las facilidades de operación mantenimiento calibración y verificación al personal de instructores y alumnos del ITSA, además nos guiamos a las exigencias de las normas ASME; examen por partículas magnéticas, y norma NOM B - 124 – 1986 recomendada para inspección con partículas magnéticas.

Tabla 5.1. Codificación de los procedimientos para el banco de pruebas de ensayos no destructivos.

| Procedimiento | Código |
|--------------------------------------------------------------|-------------|
| Operación del banco de pruebas de END. | EMAI-TMB-P1 |
| Mantenimiento del banco de pruebas de END. | EMAI-TMB-P2 |
| Verificación del banco de pruebas de END. | EMAI-TMB-P3 |
| Libro de vida de mantenimiento del banco de pruebas | EMAI-TMB-R1 |
| Libro de vida de funcionamiento del banco de pruebas. | EMAI-TMB-R2 |
| Libro de vida de daños del banco de pruebas de END. | EMAI-TMB-R3 |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| <p>ITSA</p>  <p>MECÁNICA AERONÁUTICA</p> | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | | Pág. : 1 de 2 |
| | OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA END | | Código : EMAI-TMB-P1 |
| | Elaborado por: Alno. Ortiz Vicente. Alno. Llangarí José. A/C. Saldarriaga Sammy. | | Revisión No. : 1 |
| | Aprobado por: . Tglo. Chávez José. | Fecha : 2002/07/06 | Fecha : 2002/07/06 |
| <p>1.0 OBJETIVO Proveer a los estudiantes del ITSA, un proceso de operación del banco de pruebas para ensayos no destructivos</p> <p>2.0 ALCANCE Tendrán acceso a la operación el personal de instructores, alumnos militares y civiles.</p> <p>3.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA N/A</p> <p>4.0 DEFINICIONES Limpieza general: Eliminar suciedades superficiales en el banco.</p> <p>5.0 PROCEDIMIENTO PARA EL YUGO DE MAGNETIZACIÓN.</p> <p>5.1 MAGNETIZACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Conecte el yugo a la fuente de 115 V. ▪ Presione el interruptor del equipo para magnetizar la pieza. ▪ Aplicar las partículas sobre la superficie de la pieza. ▪ Observar si las partículas dan una indicación de una discontinuidad en la superficie de la pieza. ▪ Evaluar el estado de la pieza, marcando con un lápiz dermatográfico, en caso existir una discontinuidad. ▪ <p>5.2 DESMAGNETIZACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Presionado el interruptor del equipo, proceda a realizar movimientos de la pieza, girando, alejando y acercando las veces que sean necesarias. ▪ Proceda a chequear las piezas con el indicador de campo residual, asegurando que el valor marcado sea igual a cero. | | | |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | |
| <p>ITSA</p>  | <p>MANUAL DE PROCEDIMIENTOS</p> <p>OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA END</p> <p>Elaborado por: Alno. Ortiz Vicente. Alno. Llangarí José. A/C. Saldarriaga Sammy.</p> | <p>Pág. : 1 de 2</p> <p>Código : EMAI-TMB-P1</p> <p>Revisión No. : 1</p> |

| | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|
| MECÁNICA AERONÁUTICA | Aprobado por: . Tglo. Chávez José. | Fecha : 2002/07/06 | Fecha : 2002/07/06 |
|-------------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|

6.0 PROCEDIMIENTO PARA LA BOBINA DE MAGNETIZACIÓN


6.1 MAGNETIZACIÓN

- Conecte la bobina magnética a la fuente de 115 V.
- Presione el interruptor del equipo para magnetizar la pieza
- **Aplicar las partículas sobre la superficie de la mesa.**
- Observar si las partículas dan una indicación de una discontinuidad en la superficie de la pieza.
- Evaluar el estado de la pieza, marcando con un lápiz dermatográfico, en caso de existir una discontinuidad.


6.2 DESMAGNETIZACIÓN

- Presionando el interruptor del equipo, proceda a realizar movimientos de la pieza, girando, alejando y acercando las veces que sean necesarias
- Proceda a chequear la pieza con el indicador de campo residual asegurándose que el valor marcado sea igual a cero.

7.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|  | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | Pág. : 1 de 1 |
| | MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE END | Código : EMAI-TMB-P2 |
| | Elaborado por: Alno. Ortiz Vicente. Alno. Llangarí José. A/C. Saldarriaga Sammy. | Revisión No. : 1 |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| MECÁNICA AERONÁUTICA | Aprobado por: . Tglo. Chávez José. | Fecha : 2002/07/06 | Fecha : 2002/07/06 |
| <p>1.0 OBJETIVO Documentar el procedimiento para el mantenimiento del banco de pruebas de ensayos no destructivos por el método de partículas magnéticas.</p> <p>2.0 ALCANCE Contempla al personal de alumnos civiles y militares e instructores para su manipulación y funcionamiento.</p> <p>4.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA N/A</p> <p>4.0 DEFINICIONES 4.1 Mantenimiento preventivo.- Se refiere a los tareas de chequeo rutinario para evitar el mantenimiento correctivo.</p> <p>5.2 PROCEDIMIENTO Se de seguir los siguientes pasos para su mantenimiento.</p> <p>5.3 Mantenimiento trimestral. 5.3.1 Verificar los cables de conexión eléctrica. 5.3.2 Revisar la articulación de los brazos del yugo. 5.3.3 Comprobar la capacidad de levantamiento del yugo de acuerdo a normas. 5.3.4 Chequear los pulsadores de corriente del yugo y/o de la bobina. 5.3.5 Realizar una limpieza de los equipos..</p> <p>5.4 Mantenimiento Semestral. 5.2.1. Ajuste de los pernos de los brazos de articulación del yugo de acuerdo a necesidades. 5.2.2. Comprobación de la intensidad de campo magnetico. 5.2.3. Verificación de los amperajes del yugo y bobina. 5.2.4. Verificar el estado de la cinta de alto voltaje de la bobina.</p> <p>6.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____</p> | | | |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
|  <p>ITSA</p> <p>MECÁNICA AERONÁUTICA</p> | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | | Pág. : 1 de 1 |
| | VERIFICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE END | | Código : EMAI-TMB-P3 |
| | Elaborado por: Alno. Ortiz Vicente. Alno. Llangarí José. A/C. Saldarriaga Sammy. | | Revisión No. : 1 |
| | Aprobado por: . Tglo. Chávez José. | Fecha : 2002/07/06 | Fecha : 2002/07/06 |

1.0 OBJETIVO

Documentar el procedimiento para la verificación del banco de pruebas de ensayos no destructivos por el método de partículas magnéticas.

2.0 ALCANCE

Contempla al personal de instructores, alumnos militares y civiles.

5.0 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

N/A

4.0 DEFINICIONES

N/A

5.0 PROCEDIMIENTO

5.1. Realizarán los alumnos y/o instructores la verificación del banco de pruebas cada cinco meses.

5.3 Limpie bien los componentes del banco de pruebas e instrumentos de verificación y medición

5.3. Verifica con un medidor de campo magnético su intensidad y dirección.

5.4. Verifica el estado de los pulsadores, tomacorriente y enchufes.

6.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD: _____

5.5. Plan de mantenimiento

Tabla 5.2. Actividades de mantenimiento trimestral y semestral

| ACTIVIDAD | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Verificar cables | T | | | T | | | T | | | T | | |
| Revisar articulaciones | T | | | T | | | T | | | T | | |
| Comprobar levantamiento | T | | | T | | | T | | | T | | |
| Chequear pulsadores | T | | | T | | | T | | | T | | |
| Realizar limpieza equip | T | | | T | | | T | | | T | | |
| Ajuste pernos | | | | S | | | | | | S | | |
| Comprobación de intensidad | | | | S | | | | | | S | | |
| Verificación de amperaje | | | | S | | | | | | S | | |
| Verificación cinta | | | | S | | | | | | S | | |

SUPERVISOR

CAPÍTULO VI

ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se detalla los costos de construcción del banco de pruebas de ensayos no destructivos mediante partículas magnéticas, para así aportar con el desarrollo académico e intelectual de los alumnos del ITSA esto no persigue ningún fin de lucro económico; se debe pensar que el poder satisfacer una necesidad social no tiene precio.

6.1. Presupuesto

El presupuesto es el aprobado en el proyecto, el mismo que es totalmente financiado por los autores con una inversión de 860 USD.

6.2. Análisis económico financiero

A continuación se detalla los materiales y costos invertidos en nuestro proyecto de acuerdo a estos rubros..

1. Materiales
2. Mano de obra
3. Máquinas herramientas
4. Otros

6.2.1. Materiales

De acuerdo a la calidad de los materiales utilizados para la construcción de nuestro banco, son los que se indican a continuación.

Tabla 6.1. Materiales utilizados en el banco

| ORD. | DETALLE | CANTIDAD | VALOR USD |
|-------------|------------------------------|-----------------|------------------|
| 1 | Perfil de ángulo | 7800 mm | 13 |
| 2 | Toll Negro | 1 Plancha | 15 |
| 3 | Madera (triplex) | 1 Plancha | 8 |
| 4 | Moqueta | 1 | 6 |
| 5 | Cemento de contacto | ½ Litro | 2 |
| 6 | Tiñer | 2 Galones | 7 |
| 7 | Pintura esmalte | 2 Litros | 10 |
| 8 | Tiradera | 1 | 7 |
| 9 | Laca | 1 | 5 |
| 10 | Fibra termofijada | 1 | 10 |
| 11 | Fondo al aceite verde | 2 Litros | 10 |
| 12 | Fondo gris | 2 Litros | 10 |
| 13 | Láminas de hierro al silicio | 666 | 150 |
| 14 | Alambre de rebobinaje N° 14 | 6 libras | 30 |
| 15 | Cinta aislante | 2 Rollos | 10 |
| 16 | Pernos de acero | 8 | 4 |
| 17 | Cinta de alto voltaje | 10 Rollos | 20 |
| 18 | Interruptores de corriente | 2 | 10 |
| 19 | Enchufe de corriente | 2 | 5 |
| 20 | Alambre gemelo | 6 | 6 |
| 21 | Indicador de campo magnético | 1 | 40 |
| 22 | Pintura anticorrosivo | 1 litro | 5 |
| 23 | Masilla | 1 litro | 5 |
| 24 | Electrodos de suelda | 3 libras | 3 |

| | | | |
|-----------|------------------|----|---|
| 25 | Lija N° 80 y 240 | 4 | 5 |
| 26 | Hoja de segueta | 2 | 3 |
| 30 | Remaches | 10 | 2 |

Total materiales 401 USD

6.2.2. Mano de Obra

Los costos de mano de obra corresponden al trabajo y esfuerzo personal que no se pudo realizar dentro de los laboratorios del Instituto, por lo cual se buscó ayuda profesional para poder culminar con éxito nuestro proyecto y se describe a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 6.2. *Detalle costo de mano de obra*

| ORD. | DETALLE | CANT. | VALOR USD |
|-------------|------------------------|--------------|------------------|
| 1 | Carpintería | 2 | 30 |
| 2 | Trascripción de planos | 4 | 20 |
| 3 | Mantenimiento general | 1 | 15 |

Total mano de obra 65 USD

6.2.3. Maquinas Herramientas

Para la construcción de nuestro banco se ocupó varias máquinas herramientas las mismas que se encuentran en el taller de mecánica básica del ITSA, a continuación detallamos los valores invertidos.

Tabla 6.3. Detalle de máquinas herramientas

| ORD. | DETALLE | CANT. | VALOR USD |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|------------------|
| 1 | Guillotina electro hidráulica | 16 hr. | 16 |
| 2 | Taladro de pedestal | 4 hr. | 4 |
| 3 | Dobladora de cajas | 2 hr. | 2 |
| 4 | Rebobinaje | 4 hr. | 40 |
| 5 | Compresor | 7 hr. | 10 |
| 6 | Soldadora | 8hr. | 10 |
| 7 | Amoladora | 8 hr. | 5 |
| Total costo máquinas herramientas | | | 87 USD |

6.2.4. Otros

Este rubro comprende los gastos realizados como son transporte, investigación, cartuchos de tinta, alquiler de computadora etc.

Tabla 6.4. Detalle de imprevistos

| ORD. | DETALLE | CANT. | VALOR USD |
|--------------------|----------------|--------------|------------------|
| 1 | Otros gastos | 1 | 80 |
| Total otros gastos | | | 80 USD |

6.2.5. Detalle total

El costo total de la inversión en la construcción e investigación del banco de pruebas de ensayos no destructivos es el siguiente.

Tabla 6.5. *Detalle de gastos totales*

| ORD. | DETALLE | CANT. | VALOR USD |
|--------------|-----------------------|--------------|----------------------|
| 1 | Materiales | 1 | 401 |
| 2 | Mano de obra | 1 | 65 |
| 4 | Máquinas herramientas | 1 | 87 |
| 5 | Otros | 1 | 80 |
| Total gastos | | | 633 USD |

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- El banco de pruebas está compuesto de varias partes que fueron contruidos con diferentes materiales de alta calidad y con mano de obra propia.
- El funcionamiento del banco es muy útil, puesto que los equipos de inspección no destructiva son desmontables y portátiles, funcionan con un voltaje de 115 voltios y permite trabajar en cualquier lugar.
- Las prácticas realizadas en este banco mejoran y fortalecen los conocimientos teóricos impartidos en las aulas.
- Los servicios que presta este banco de pruebas es de gran calidad, puesto que se puede magnetizar materiales ferromagnéticos, tanto especímenes planos como cilíndricos, para luego mediante una persona calificada y certificada determinar si existen discontinuidades superficiales y subsuperficiales en los materiales inspeccionados.

7.2. RECOMENDACIONES

- Evitar golpear los equipos durante su utilización.
- Seguir el manual de operaciones para obtener óptimos resultados en las inspecciones a realizarse.
- Éste banco deberá ser operado bajo instrucciones de personal capacitado el cual permitirá tener más conocimientos y por ende poder impartir la instrucción de mejor manera hacia los alumnos.
- Se recomienda que este banco de pruebas debe ser colocado en un laboratorio de NDI. Para a una mejor conservación y control de sus equipos y accesorios.
- La retentividad magnética que poseen los materiales podrían afectar la operación normal de estos por lo que se recomienda realizar la desmagnetización luego de haber ocupado.

Bibliografía

- IMENDE, A.C. Manual de entrenamiento para el curso de partículas magnéticas. México (1994).
- ASME SEC. V, ARTICLE 7, Magnetic particle examination. Edición (1990).
- MOLISHEV, G. NIKOLOIEV y SHUVALOV. Tecnología de los metales. Séptima edición.
- SYDNEY HAVNER. Introducción a la metalurgia física. Segunda edición.
- ANTONIO COLMENAR SANTOS y RICARDO ANTONIO MARTÍN BARRIOS. Guía práctica de electricidad y electrónica I. Edición (1999).
- VICENTE ROJAS A, JOSÉ ÑACATO. Técnica de flujogramas. Cuarta edición (1986).
- ALEJANDRO ARIAS. Conductores eléctricos y propiedades magnéticas. Segunda edición (1992).

ANEXOS

ANEXO A

(PLANOS)

ANEXO B

(FOTOGRAFÍAS DEL BANCO DE PRUEBAS)

Anexo B1. Partes del banco de pruebas.



Anexo B2. Banco de pruebas.



Anexo B3. Pruebas realizadas.





ANEXO C

(COPIA DE LA NORMA NOM B – 124 – 1986)

ANEXO D

(REGISTRO DE PRÁCTICAS)

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

ALNO. LLANGARÍ JOSÉ

ALNO. ORTÍZ VICENTE

A/C. SALDARRIAGA SAMMY

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

ING. EDUARDO CASTILLO
MAYO. TÉC. AVC.

Latacunga, 7 de Octubre del 2002