

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA  
REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ARRANCADORES  
GENERADORES DE LOS HELICÓPTEROS BELL SERIES DE LA  
COMPAÑÍA AEROMASTER AIRWAYS S.A.**

**POR:**

**CARRAZCO BUENAÑO LENIN ISMAEL**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del  
Título de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**2011**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el SR. CARRAZCO BUENAÑO LENIN ISMAEL, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA.

---

Ing. Diego Lucero  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Latacunga, 22 de Agosto del 2011

## **DEDICATORIA**

El presente Proyecto está dedicado a mis Padres Jorge y Magda, mis hermanos, a mis compañeros y amigos, en si a todos aquellos que confiaron en mí y estuvieron en los momentos buenos y malos, siendo de gran ayuda en el cumplimiento de mis metas y sueños muchas gracias los amo.

**Lenin Carrazco**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar quiero dar gracias a Dios y a mi familia, por haberme dado la salud, la fortaleza y capacidad para culminar esta etapa de mi vida. En segundo lugar quiero dar mi más grande agradecimiento a mis amigos, compañeros por haberme apoyado a cumplir mis objetivos y porque siempre están a mi lado.

De la misma manera quiero agradecer a mi director de trabajo de grado Ing. Diego Lucero por su tiempo, paciencia y consejos para la culminación de este escalón de mi vida.

Al Sr. Alex Chavez quién gracias a su apoyo nació el reto de este proyecto.

Finalmente quiero agradecer a todo el personal de Mantenimiento de la empresa AEROMASTER AIRWAYS S.A. por el apoyo brindado, especialmente a los Srs. Jorge Alencastro, y José Erazo.

**Lenin Carrazco**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
CERTIFICACIÓN .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
SUMMARY .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi

### CAPÍTULO I

EL PROBLEMA.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Alcance.....	3

### CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	4
El generador.....	4
2.1. Introducción.....	4
2.1.1. Fundamentos eléctricos en aeronáutica .....	4
a) Fuerza electro motriz (Voltaje) .....	4
b) Corriente .....	5
c) Ley de Ohm (Resistencia).....	6
d) Comparación corriente AC y DC .....	7
e) Magnetismo.....	8
f) Electromagnetismo.....	9

g)	Dispositivos eléctricos utilizados en un circuito .....	11
h)	Conductores en aeronáutica .....	13
i)	Instrumentos de medición .....	16
2.1.2.	Fundamentos de las máquinas eléctricas .....	19
2.1.3.	Principio de Funcionamiento de un generador de corriente continua .. .....	19
2.1.4.	Partes de un generador básico de corriente continua.....	22
	Estator .....	22
	Rotor y colector.....	23
2.1.5	Tipos de generadores de corriente continua.....	25
	2.1.5.1 Generador con excitación independiente .....	25
	2.1.5.2 Generadores autoexcitados.....	29
2.2.	El arrancador generador de CD en los helicópteros.....	33
2.2.1.	Descripción del equipo.....	33
2.2.2.	Diagrama eléctrico del arrancador generador CD.....	34
2.2.3.	El arrancador generador de CD en el helicóptero Bell 206 .....	35
	a) Esquema eléctrico simplificado de generación y arranque .....	36
2.2.4.	El arrancador generador de CD en el helicóptero Bell 212 .....	37
	a) Esquema eléctrico simplificado de generación.....	40
2.2.5.	El arrancador generador de CD en el helicóptero Bell 412 .....	40
	a) Esquema eléctrico simplificado de generación.....	43
2.3.	Motores eléctricos de corriente alterna trifásico .....	45
a)	Motor asincrónico .....	45
	Principio de funcionamiento.....	45
	Campo magnético giratorio.....	46
	Partes del motor trifásico de corriente alterna .....	48
b)	Motor trifásico con rotor bobinado .....	49
c)	Motor trifásico con rotor tipo jaula de ardilla .....	50
2.4.	Variador de velocidad de motores trifásicos.....	52
a)	Descripción.....	53
b)	Problemas que surgen en el arranque de motores asíncronos .....	54
c)	Factores a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de regulación de velocidad. ....	54

d)	Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos .....	57
e)	Inconvenientes de la utilización del variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos .....	57
f)	Composición de un variador de frecuencia.....	57
g)	Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos .....	59
	Aceleración controlada .....	59
	Variación de velocidad.....	59
	Regulación de la velocidad .....	60
	Deceleración controlada .....	61
	Inversión del sentido de marcha .....	61
	Frenado .....	61
	Protección integrada .....	62
h)	Principales tipos de variadores.....	62
	Convertidor de frecuencia para motor asíncrono .....	62
	Regulador de tensión para el arranque de motores asíncronos .....	63
i)	Composición.....	63
	El módulo de control .....	64
	El módulo de potencia .....	65
	Componentes de Potencia.....	65
j)	Funcionamiento a par constante .....	66
2.5.	Mecanismos de transmisión y transformación de movimiento .....	67
2.5.1.	Transformación de movimiento circular en movimiento circular.....	68
a)	Sistema Polea-Correa .....	68

### **CAPÍTULO III**

DESARROLLO DEL TEMA .....	71
3.1. PRELIMINARES.....	71
3.1.1. Estudio Técnico .....	71
3.1.1.1. Estudio básico del módulo de comprobación para los arrancadores generadores .....	71
3.1.1.2. Estudio de alternativas para la elección del motor .....	73

3.1.1.3.	Estudio de alternativas para la selección del variador de velocidad .....	75
3.1.1.4.	Estudio del método de transmisión de potencia y movimiento ..	81
3.1.2.	Estudio Legal .....	88
3.1.3.	Estudio económico.....	89
a.	Rubros.....	89
b.	Costos Primarios .....	90
c.	Maquinaria, Equipo y Herramienta .....	90
3.2.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....	91
3.2.1.	Adquisición e inspección del motor eléctrico.....	91
a.	Inspección .....	92
b.	Mantenimiento del motor .....	92
3.2.2.	Construcción de la fuente de voltaje de campo .....	93
3.2.3.	Construcción de la mesa de soporte.....	94
3.2.4.	Construcción de los soportes de alojamiento de los generadores a la mesa.....	96
3.2.5.	Construcción del eje mayor.....	97
3.2.6.	Construcción del soporte trasero del generador .....	100
3.2.7.	Fijación del motor a la mesa .....	101
3.2.8.	Fijación del eje y las chumaceras .....	102
3.2.9.	Fijación de las poleas y banda.....	103
3.2.10.	Construcción del panel de control e instrumentos .....	105
3.2.11.	Construcción del arnés eléctrico.....	107
3.2.12.	Fijación del variador de velocidad al panel y programación. ....	107
3.2.13.	Fijación de los instrumentos al panel.....	110
3.3.	DIAGRAMAS DE PROCESO .....	111
3.3.1.	Diagramas de proceso de construcción .....	111
a.	Fabricación de la mesa de soporte principal .....	112
b.	Diagrama de proceso de construcción del soporte principal del generador.....	113
c.	Diagrama de proceso de construcción del soporte trasero del generador.....	114
d.	Diagrama de proceso de construcción del eje conducido. ....	115
3.3.2.	Diagramas de proceso de ensamble del banco de prueba. ....	116



3.4.	PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	117
3.4.1.	Pruebas de Funcionamiento .....	117
3.4.2.	Pruebas del motor trifásico .....	117
3.4.3.	Pruebas de Funcionamiento del variador de velocidad.....	118
3.4.4.	Pruebas del sistema de transmisión de movimiento .....	118
3.4.5.	Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Generación .....	119
3.4.6.	Pruebas de Funcionamiento de los componentes del panel de control e instrumentos. ....	119
3.5.	ELABORACIÓN DE MANUALES .....	120
3.5.1.	Elaboración del manual de procedimiento .....	120
a)	Manual de Seguridad .....	121
b)	Manuales de Operación .....	121
c)	Manual de Mantenimiento .....	121

## **CAPÍTULO IV**

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	122
4.1.	CONCLUSIONES.....	122
4.2.	RECOMENDACIONES .....	123
	GLOSARIO.....	124
	BIBLIOGRAFÍA.....	128

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Fig. 2. 1	Movimiento de electrones.....	6
Fig. 2. 2	Triángulo de la Ley de Ohm .....	7
Fig. 2. 3	Formas de onda AC y DC .....	8
Fig. 2. 4	Campo magnético .....	8
Fig. 2. 5	Líneas de fuerza.....	9
Fig. 2. 6	Campo magnético alrededor de un conductor.....	9
Fig. 2. 7	Regla de la mano derecha en un conductor.....	10
Fig. 2. 8	Campo magnético de una bobina.....	10
Fig. 2. 9	Regla de la mano izquierda en una bobina .....	11
Fig. 2. 10	Potenciómetro .....	11
Fig. 2. 11	Símbolo esquemático del rompe circuitos .....	12
Fig. 2. 12	Símbolos esquemáticos de switches.....	12

Fig. 2. 13 Tipos de conductores aeronáuticos .....	13
Fig. 2. 14 Máxima caída de voltaje recomendada en un circuito con carga .....	14
Fig. 2. 15 Tabla de conductores, flujo continuo .....	15
Fig. 2. 16 Codificación de cables.....	16
Fig. 2. 17 Tacómetro óptico.....	19
Fig. 2. 18 Posición 1 de la espira dentro de un campo magnético .....	20
Fig. 2. 19 Posición 2 de la espira dentro de un campo magnético .....	20
Fig. 2. 20 Posición 3 de la espira dentro de un campo magnético .....	21
Fig. 2. 21 Posición 4 de la espira dentro de un campo magnético .....	21
Fig. 2. 22 Generador de Corriente Continua .....	22
Fig. 2. 23 Estator .....	23
Fig. 2. 24 Colector .....	24
Fig. 2. 25 Partes fundamentales de una máquina de Corriente Continua .....	25
Fig. 2. 26 Circuito equivalente generador con excitación independiente.....	26
Fig. 2. 27 Curvas características generador de excitación indep. en vacío.....	26
Fig. 2. 28 Curva de rendimiento del generador con excitación indepen. en vacío .....	27
Fig. 2. 29 Circuito equivalente generador con excitación indep. con carga.....	27
Fig. 2. 30 Curvas de tensión del generador con excitación indepen. con carga .....	28
Fig. 2. 31 Curva del rendimiento del generador con carga.....	28
Fig. 2. 32 Circuito equivalente generador shunt en vacío .....	29
Fig. 2. 33 Curva de tensión del generador shunt en vacío .....	29
Fig. 2. 34 Curvas de tensión del generador shunt.....	30
Fig. 2. 35 Recta de carga del generador shunt .....	30
Fig. 2. 36 Circuito equivalente del generador serie .....	31
Fig. 2. 37 Curva de vacío del generador serie.....	31
Fig. 2. 38 Curvas de carga del generador serie .....	31
Fig. 2. 39 Circuito equivalente generador compound derivación corta .....	32
Fig. 2. 40 Circuito equivalente generador compound derivación larga.....	32
Fig. 2. 41 Curvas de tensión de los generadores compound .....	33
Fig. 2. 42 Partes de un arrancador generador típico .....	34
Fig. 2. 43 Diagrama eléctrico arrancador generador .....	34
Fig. 2. 44 Localización starter generator en el motor 250-C20.....	35

Fig. 2. 45 Sistema simplificado de generación del Bell 206.....	36
Fig. 2. 46 Twin pack turbinas PT6T-3.....	37
Fig. 2. 47 Localización del arrancador generador en la turbina PT6T-3.....	38
Fig. 2. 48 Sistema eléctrico simplificado Bell 212.....	40
Fig. 2. 49 Twin pack turbinas PT6T-3B .....	41
Fig. 2. 50 Localización del arrancador generador en la turbina PT6T-3B.....	41
Fig. 2. 51 Sistema eléctrico DC simplificado Bell 412.....	43
Fig. 2. 52 Sistema eléctrico AC simplificado Bell 412.....	44
Fig. 2. 53 Principio de funcionamiento motor asíncrono.....	45
Fig. 2. 54 Diagrama del principio de funcionamiento del motor asíncrono .....	46
Fig. 2. 55 Campo magnético giratorio .....	47
Fig. 2. 56 Acción de los campos magnéticos .....	47
Fig. 2. 57 Desfase del motor trifásico .....	48
Fig. 2. 58 Partes de un motor trifásico.....	48
Fig. 2. 59 Motor trifásico asíncrono de rotor bobinado .....	49
Fig. 2. 60 Rotor bobinado .....	49
Fig. 2. 61 Motor trifásico jaula de ardilla .....	50
Fig. 2. 62 Rotor tipo jaula de ardilla .....	50
Fig. 2. 63 Diagrama par-velocidad de un motor alimentado en directo. ....	56
Fig. 2. 64 Diagrama par de velocidad de un motor alimentado con un variador .....	56
Fig. 2. 65 Esquema de principio de un convertidor de frecuencia .....	58
Fig. 2. 66 Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad .....	60
Fig. 2. 67 Arrancador para un motor asíncrono y forma de onda de la corriente de alimentación .....	63
Fig. 2. 68 Estructura general de un variador de velocidad electrónico .....	65
Fig. 2. 69 Símbolos de elementos semiconductores .....	66
Fig. 2. 70 Curva de funcionamiento a par constante .....	67
Fig. 2. 71 Configuración del sistema polea-correa .....	69
Fig. 3. 1 Componentes del módulo de comprobación .....	71
Fig. 3. 2 Diagrama de bloques de componentes eléctricos.....	72
Fig. 3. 3 Motor eléctrico trifásico WEG .....	74
Fig. 3. 4 Variador de velocidad Sinamic G110 .....	76

Fig. 3. 5 Curva par inverso .....	77
Fig. 3. 6 Rendimiento en condiciones ambientales .....	78
Fig. 3. 7 Diagrama de conexiones simplificado .....	79
Fig. 3. 8 Diagrama de puesta en servicio rápida .....	80
Fig. 3. 9 Polea de 9" de diámetro .....	84
Fig. 3. 10 Polea de 4" de diámetro .....	84
Fig. 3. 11 Banda tipo A de 50" .....	84
Fig. 3. 12 Diseño conjunto chumaceras-eje-polea .....	85
Fig. 3. 13 Chumaceras de piso de 1 ¼ " .....	85
Fig. 3. 14 Eje redondo Acero V945 .....	86
Fig. 3. 15 Diseño de soporte para el arrancador 23046-020 .....	87
Fig. 3. 16 Diseño de soporte para el arrancador 23032-018 .....	87
Fig. 3. 17 Diseño de la mesa del módulo de comprobación .....	88
Fig. 3. 18 Motor en condición reparable .....	92
Fig. 3. 19 Desmontaje del rotor .....	93
Fig. 3. 20 Mantenimiento estator y cambio de rodamientos .....	93
Fig. 3. 21 Estructura principal.....	94
Fig. 3. 22 Vigas transversales .....	95
Fig. 3. 23 Soporte del motor .....	95
Fig. 3. 24 Soporte removible generadores 23046-020 (Bell 212 y 412) .....	96
Fig. 3. 25 Soporte removible generadores 23032-018 (Bell 206).....	97
Fig. 3. 26 Corte del eje en bruto .....	98
Fig. 3. 27 Maquinado del eje .....	99
Fig. 3. 28 Medición diámetros exterior e interior.....	99
Fig. 3. 29 Alojamiento del estriado hembra .....	100
Fig. 3. 30 Soporte trasero.....	101
Fig. 3. 31 Fijación del motor a la mesa.....	101
Fig. 3. 32 Chumacera de piso de 1" ¼ .....	102
Fig. 3. 33 Chumaceras y eje.....	103
Fig. 3. 34 Rectificación del eje del motor.....	104
Fig. 3. 35 Construcción del canal para la chaveta.....	104
Fig. 3. 36 Diseño panel de control e instrumentos .....	105
Fig. 3. 37 Esquema de corte y doblado del panel .....	106
Fig. 3. 38 Montaje del variador de velocidad.....	108

Fig. 3. 39 Fijación del panel de instrumentos .....	110
---	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Especificaciones del arrancador generador del Bell 206 .....	35
Tabla 2. 2 Especificaciones del arrancador generador del Bell 212 .....	38
Tabla 2. 3 Especificaciones del arrancador generador del Bell 412 .....	42
Tabla 2. 4 Comparación de las características de funcionamiento en uso normal y con un variador de velocidad. ....	55
Tabla 3. 1 Características de placa del motor trifásico.....	74
Tabla 3. 2 Costos primarios.....	90
Tabla 3. 3 Mano de Obra.....	91
Tabla 3. 4 Costos Secundarios .....	91
Tabla 3. 5 Costo Total Proyecto .....	91
Tabla 3. 6 Valores de parámetros de programación del variador de velocidad .....	109
Tabla 3. 7 Simbología de los diagramas de proceso.....	111
Tabla 3. 8 Condición general de los sistemas del banco .....	117
Tabla 3. 9 Prueba de motor.....	118
Tabla 3. 10 Prueba del variador de velocidad .....	118
Tabla 3. 11 Prueba del sistema de transmisión.....	119
Tabla 3. 12 Prueba del sistema de generación .....	119
Tabla 3. 13 Prueba del panel de control e instrumentos .....	119
Tabla 3. 14 Código de Manuales.....	120

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de contribuir con la necesidad de los técnicos de mantenimiento de AMSA a tener una mayor facilidad en el proceso de mantenimiento. Además pretende ser un aporte al giro de negocio de AMSA ahorrando tiempo y dinero, ya que permite realizar pruebas en tierra y asegurar el correcto mantenimiento de los generadores un componente vital en una aeronave. El proyecto también incentiva la construcción, el diseño, la implementación y creación de otros bancos o dispositivos recomendados en manuales.

El marco teórico brinda la posibilidad de adentrarse, de manera profunda, en el comportamiento y funcionamiento de un generador, desde los principios básicos de la electricidad hasta su uso en los diferentes modelos de helicópteros. Se detalla la operación, las partes y componentes de cada sistema que conforma el banco de pruebas, para comprender su operación y realizar un correcto mantenimiento.

La construcción e implementación del banco de pruebas para los generadores permite conocer e identificar el estado eléctrico de los componentes de un generador de DC y su capacidad para suministrar energía en vuelo. Se recopiló información acerca del funcionamiento y operación del generador de DC aeronáutico en los diferentes modelos de helicópteros de la flota de AMSA, se hizo el estudio técnico de los elementos utilizadas en el proceso de mantenimiento e implementación. A partir de análisis y cálculos se determinaron las partes que se implementarían para un correcto funcionamiento y operación del banco de pruebas. Antes de empezar el proceso de implementación, se determinó el costo de construcción para no exceder el presupuesto establecido. Después de adquirir los materiales, contar con la herramienta necesaria y determinar los diferentes componentes para cada sistema, se procedió a su implementación. Finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento, se redactaron los manuales de operación y de mantenimiento del banco de pruebas de los generadores.

## SUMMARY

This work was conducted in order to contribute the necessity for AMSA maintenance technician to get easy maintenance procedures. It also intended as a contribution to the business drafts, saving several hours and money in order to carry out ground checks and to be sure of maintenance performed. The project also encourages the construction, design, implementation and creation of other hook up for tests or devices as recommended in the aircraft manuals.

The theoretical framework provides the opportunity of entering so deep, knowledge of the conduct and operation of a generator machine, since basic electricity notions until the use on the different helicopter models. It details the operation, parts and components of each system that makes up the hook up to test, to understand its importance and do proper maintenance.

Hook up construction and implementation for DC aeronautical generators allow understanding and identifying the electric conditions of the generator components and its rate to supply power on flight. We collected information about performance and generator operation on the models of AMSA Helicopters fleet, we became the technical study of the elements used in maintenance and deployment process. From analysis and calculations determined the parts that would be implemented for Hook up to test proper operation. Before starting the implementation process, we determined the construction cost not to exceed the budget. After acquiring the materials, have the necessary tool to determine the different components for each system, we proceeded to implementation. Finally, functional tests were performed and wrote the manuals of operation and maintenance.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el campo aeronáutico presenta un nivel tecnológico de última generación, el mismo que demanda mayor calidad de procesos en el que se encuentren involucrados los principios y bases del el área de mantenimiento.

El vínculo existente entre el conocimiento empírico con la ciencia, hace que la tecnología no sólo abarque "el hacer", sino también su reflexión teórica definida por las siguientes etapas:

- Identificación del problema práctico a resolver.
- Establecimiento de los requisitos que debe cumplir la solución.
- Elección del principio de funcionamiento.
- Diseño o Implementación del elemento.
- Simulación o Creación del elemento.

Motivo por el que surge respuesta a la necesidad en el mantenimiento aeronáutico especialmente en helicópteros, la construcción de un banco de pruebas para los generadores en el que se pueda corroborar y asegurar el mantenimiento realizado previamente, aportando de esta manera a la calidad en los procesos de mantenimiento de AMSA y garantizar la operación del generador en vuelo.



## **CAPÍTULO I**

### **TEMA: CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA PARA REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ARRANCADORES AEROMASTER AIRWAYS S.A.**

#### **1.1. Antecedentes**

El presente trabajo de graduación se encuentra fundamentado en la investigación que se realizó con anterioridad, un Anteproyecto, que tiene como objetivo “Realizar estudios de investigación que den como resultado nuevas alternativas de innovación y mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento de AMSA”<sup>1</sup>

Como resultado del análisis del trabajo de investigación se llegó a proponer: “La construcción de un módulo de comprobación para la reparación y mantenimiento de los arrancadores generadores de los helicópteros Bell series de la compañía Aeromaster Airways S.A.”. El presente módulo de comprobación servirá como alternativa de soporte técnico para facilitar el mantenimiento de los arrancadores generadores de la flota de helicópteros con que cuenta Aeromaster Airways S.A (AMSA).

#### **1.2. Justificación**

El presente proyecto se desarrolla con el fin de facilitar los procedimientos de mantenimiento eléctrico, y de esta manera garantizar la calidad en el servicio de mantenimiento de la empresa. Es por esta razón que se propuso realizar un módulo de comprobación partiendo de un motor trifásico y de éste modo

---

<sup>1</sup>Anteproyecto (Lenin Carrazco, Pág. 3)

proporcionar material de soporte técnico para los técnicos quienes tienen a su cargo las actividades de mantenimiento actualmente.

La construcción del módulo de comprobación nace con la finalidad de mejorar y facilitar el procedimiento de mantenimiento por parte de los técnicos de mantenimiento de AMSA.

La importancia de la realización de éste proyecto recae directamente sobre los técnicos de mantenimiento quienes realizan la actividad, ya que contarán con un equipo de soporte técnico y comprobación donde garantizarán el mantenimiento frecuentemente realizado con los arrancadores generadores de la propia empresa y de clientes externos.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Construir un módulo de comprobación para la reparación y mantenimiento de los arrancadores generadores de los helicópteros Bell series de la compañía Aeromaster Airways S.A.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Recopilar información concerniente al tema.
- Investigar sobre el funcionamiento de cada uno de los componentes necesarios para el funcionamiento del módulo.
- Organizar y procesar la información obtenida.
- Esquematizar la ubicación de los componentes del módulo de comprobación para optimizar espacio y recursos (Diagrama eléctrico).
- Implementar cada uno de los componentes de acuerdo a la necesidad y satisfacción del procedimiento de elaboración del módulo de comprobación, así como también de quienes van hacer uso del mismo.
- Extraer conclusiones sobre el proyecto que sirvan como referencias a futuro.

#### **1.4. Alcance**

Este trabajo de investigación pretende ofrecer beneficios a corto plazo y de manera primordial a los técnicos de mantenimiento en el área eléctrica, específicamente en su rendimiento en el trabajo, ya que les proporcionará mayor facilidad en los procedimientos y en la calidad que AMSA imprime en todos los servicios técnicos a su cargo.

El banco de pruebas está diseñado para la comprobación eléctrica de los generadores modelo 23032-18 y 23046-20 utilizados en los helicópteros Bell 206 el primero y Bell 212, 412 el segundo. Se podrá utilizar para otros modelos de generadores siempre y cuando sean de eje corto o se modifique las características de diseño del eje conducido del banco de prueba.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **EL Generador**

##### **2.1. Introducción**

“El arrancador generador de 28V está montado en el lado superior derecho de la caja de accesorios de cada sección de potencia (turbina). El arrancador generador engranado a la caja de accesorios conduce el eje de entrada del compresor durante el arranque del motor. Después del arranque el arrancador generador funciona como generador primario”<sup>1</sup> y es el encargado de transformar la energía mecánica proveniente del motor en energía eléctrica utilizada para todos los sistemas eléctricos del helicóptero. Para nuestro fin vamos a profundizar en el estudio del arrancador generador funcionando como generador. Se llama generador a aquella máquina eléctrica destinada a la transformación de energía mecánica en eléctrica.

Se entiende por generar a la acción de proveer de un tipo de energía en nuestro caso eléctrica para accionar dispositivos que funcionen con mencionada energía.

##### **2.1.1. Fundamentos eléctricos en aeronáutica**

###### **a) Fuerza electro motriz (Voltaje)**

El voltaje es una variable que es determinada entre dos puntos y con frecuencia nos referimos al voltaje como un valor entre mencionados puntos, en realidad es la fuerza electromotriz (fem) o la aplicación de una carga o presión (fricción) en un conductor que produce el movimiento de los electrones convirtiéndolo en un flujo. El símbolo de voltaje es la letra mayúscula “E”.

---

<sup>1</sup> Referencia Lear Siegler Overhaul Manual for Starter Generators

Entre los dos terminales de una batería aeronáutica típica, el voltaje puede ser medido como una diferencia de potencial de 12V o 24V, esto quiere decir que entre los dos terminales de la batería existe una fuerza electromotriz de 12V o 24V disponibles para aplicar corriente en un circuito. Relativamente los electrones libres en el terminal negativo se moverán hacia los excesos de carga positivas en el terminal positivo. No hay flujo de corriente a menos que se aplique un voltaje desde una batería, generador o una fuente de voltaje en tierra. La diferencia de potencial o voltaje entre dos puntos en un circuito eléctrico es determinada por:

$$E = \frac{\varepsilon}{Q}$$

E= diferencia de potencial en voltios

$\varepsilon$ =energía consumida en joules (J)

Q= Carga medida en coloumbs

## **b) Corriente**

Los electrones en movimiento producen una corriente eléctrica. Esta corriente eléctrica es usualmente reconocida como una “corriente” o “flujo de corriente”, sin importar la cantidad de electrones en movimiento. La corriente es la medida de un porcentaje o cantidad en el cual la carga fluye a través de una región en el espacio o en un conductor. El desprendimiento de electrones de un átomo de un material conductor es inducido a moverse en una dirección dada aplicando una fuente de voltaje. La gran cantidad de carga en movimiento a través del conductor en un tiempo determinado representa la corriente.

$$\text{Corriente} = \frac{\text{Carga}}{\text{Tiempo}} \quad \text{o} \quad I = \frac{Q}{T}$$

Donde:

I= Corriente en amperios (A)

Q= Carga en coloumbs (C)

T= tiempo

La unidad de medida internacional para la corriente es el amperio (A), donde:

$$1A = 1 \frac{C}{s}$$

Que significa que 1 amperio (A) de corriente es equivalente a 1 coloumb (C) de carga pasando a través de un conductor en 1 segundo (s). Un coloumb es igual a 6.28 billones de billones de electrones. El símbolo de identificación de la corriente es la letra mayúscula "I". Cuando la corriente es en un solo sentido, es llamada corriente directa (DC) y cuando varía u oscila es llamada corriente alterna (AC).

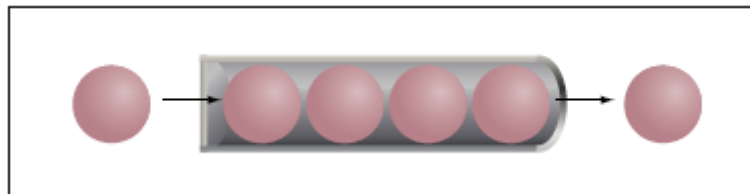


Fig. 2. 1 Movimiento de electrones  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin carrazco

### c) Ley de Ohm (Resistencia)

Las dos fundamentales propiedades de la corriente y voltaje están relacionadas por una tercera llamada resistencia. En todo circuito eléctrico cuando se aplica voltaje se produce un flujo de corriente, la resistencia del conductor determinará la cantidad de corriente que fluye bajo el voltaje dado. En la mayoría de casos a mayor resistencia, menor corriente y viceversa.

La ley de Ohm puede ser expresada como una ecuación, como la siguiente:

$$I = \frac{E}{R}$$

Donde:

I= corriente en amperios (A)

E= voltaje (V)

R= resistencia (R).

Con esta ecuación podemos calcular cualquiera de los tres valores si se conocen al menos dos de ellos por simple deducción. Una manera práctica es el llamado triángulo de la Ley de Ohm.

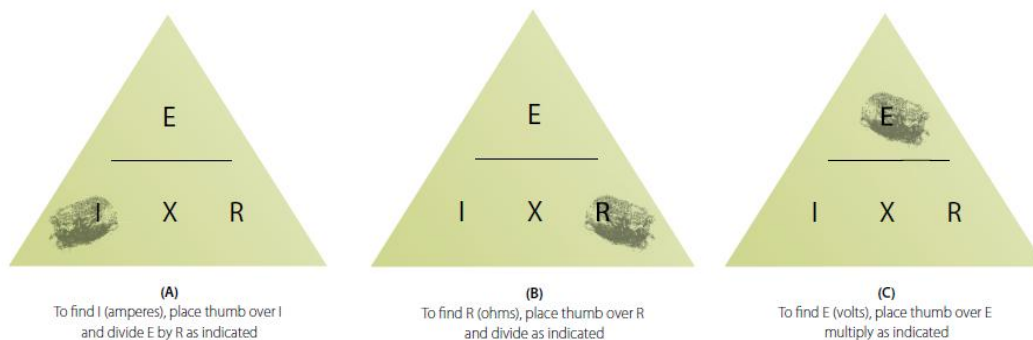


Fig. 2. 2 Triángulo de la Ley de Ohm  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin carrazco

#### d) Comparación corriente AC y DC

Muchos de los principios, características y efectos de AC son similares a los de corriente directa. La corriente directa fluye constantemente en un solo sentido y con una polaridad constante y cambia de magnitud solo cuando se abre o cierra el circuito.

La corriente alterna AC cambia de dirección en intervalos regulares o periódicos, incrementa el valor de cero hasta el máximo positivo, regresa a cero entonces cambia de sentido y polaridad, y decrece de la misma manera hasta el máximo negativo y otra vez regresa a cero.

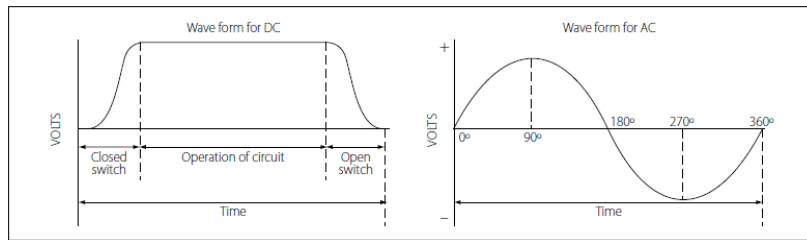


Fig. 2. 3 Formas de onda AC y DC  
 Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
 Editado por: Lenin Carrazco

### e) Magnetismo

El magnetismo está definido como la propiedad que tiene un objeto de atraer ciertas sustancias metálicas. En general, estas sustancias son materiales ferrosos compuestos de hierro o aleaciones del mismo como el hierro dulce, acero.

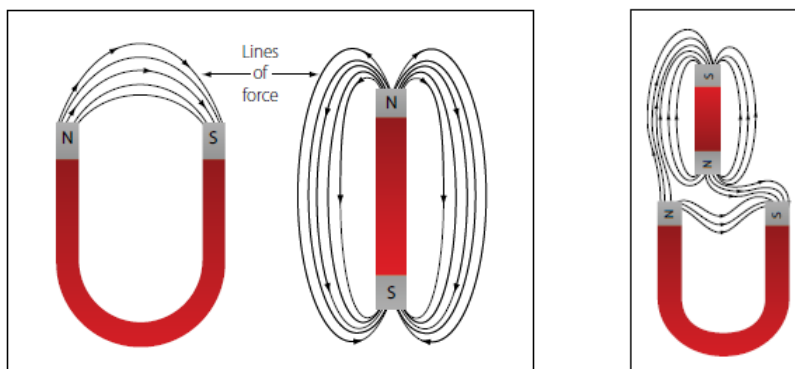


Fig. 2. 4 Campo magnético  
 Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
 Editado por: Lenin Carrazco

El magnetismo es una fuerza invisible no tan bien definida como tal sino por los efectos que produce. La fuerza magnética de un magneto depende del campo magnético que posee, el campo magnético siempre está entre los polos del magneto y se adapta a la forma del este. Aunque físicamente no existen estas líneas de fuerza, este término es usado para describir la fuerza natural que representa el campo magnético. Estas líneas de fuerza son llamadas también como flujo magnético.

Cada línea es una fuerza individual y no se cruzan entre ellas porque se repellen entre ellas paralelamente.



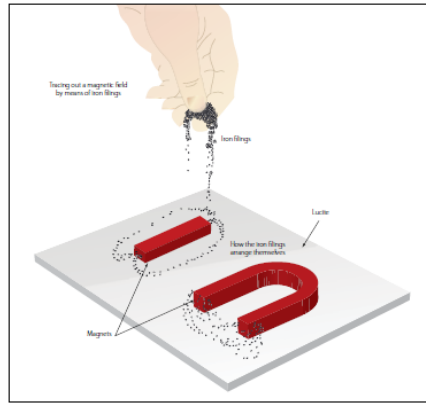


Fig. 2. 5 Líneas de fuerza  
 Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
 Editado por: Lenin Carrazco

### f) Electromagnetismo

En 1820, Hans Christian Oersted descubrió la relación entre la electricidad y el magnetismo, principio en el cual las máquinas de la industria moderna funcionan. Oersted descubrió que el campo magnético no tiene ninguna conexión con el conductor por donde los electrones circulan, debido a que el cobre es un material no magnético. Los electrones en movimiento a través del conductor crearon un campo magnético alrededor del conductor, así que mientras más carga circule por el conductor mayor será el campo magnético creado. Una serie de círculos concéntricos alrededor del conductor representa el campo que en conjunto pareciera a un cilindro. Si la corriente de flujo es DC, el campo magnético se mantiene estacionario y cuando la corriente deja de circular, el campo magnético desaparece.

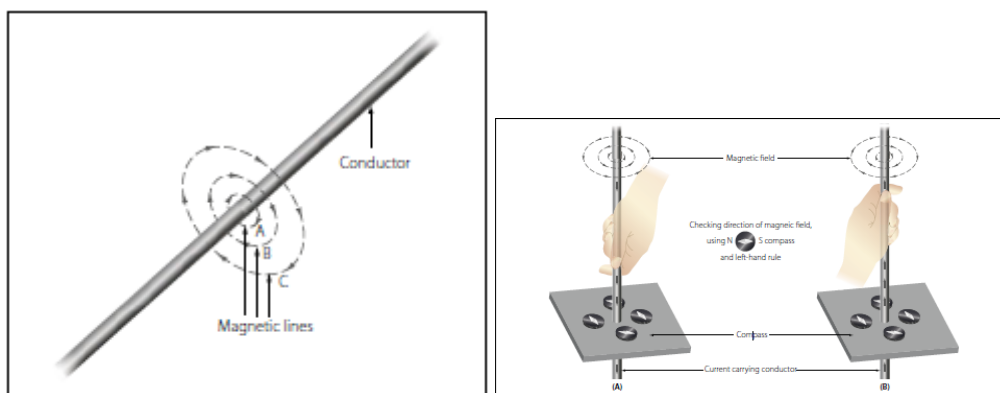


Fig. 2. 6 Campo magnético alrededor de un conductor  
 Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
 Editado por: Lenin Carrazco

Un método utilizado para determinar la dirección de las líneas de fuerza cuando es conocida la dirección de la corriente es la regla de la mano izquierda. Si sujetamos el conductor con la mano izquierda, con el pulgar apuntando en dirección del flujo de corriente y los otros dedos se enrollarán al conductor en el mismo sentido que las líneas de fuerza del campo magnético.

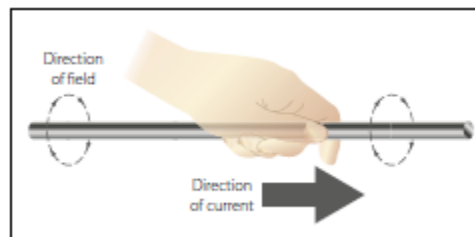


Fig. 2. 7 Regla de la mano derecha en un conductor  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin Carrazco

Ahora cuando un conductor tiene varias vueltas, es llamado una bobina. Las líneas de fuerza alrededor de las vueltas del conductor causa una alta concentración de líneas de fuerza a través del centro de la bobina.

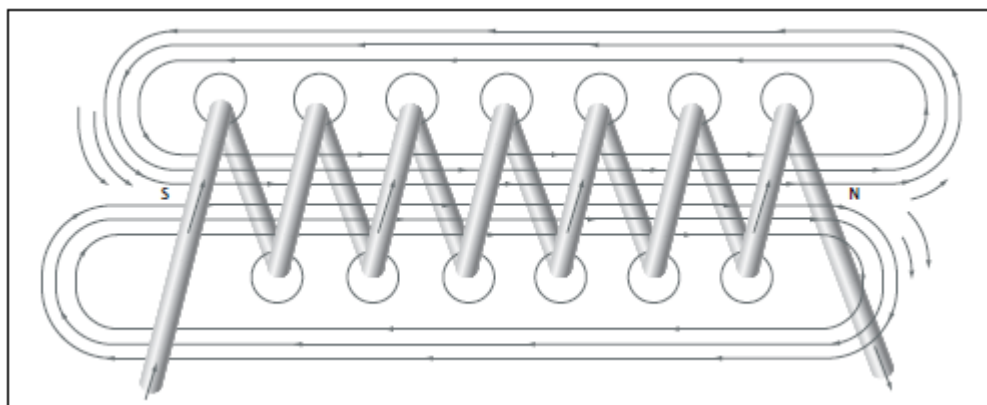


Fig. 2. 8 Campo magnético de una bobina  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin Carrazco

En las muchas vueltas de una bobina se disipan las líneas de fuerza y para lograr la concentración de campo en el centro de la bobina se colocan un núcleo o barra de hierro, esta combinación de una bobina y un núcleo de hierro es llamado electroimán de modo que los extremos (polos) de la bobina poseen las características de un imán común, con la diferencia de que el flujo magnético es incrementado y además que las líneas de flujo tienen más concentración. La polaridad de un electroimán es determinada por la regla de la

mano izquierda, así, sujetamos en la mano izquierda de manera que los dedos indiquen el sentido de flujo de corriente de (menos a más), entonces el dedo pulgar apuntará en dirección del polo norte.

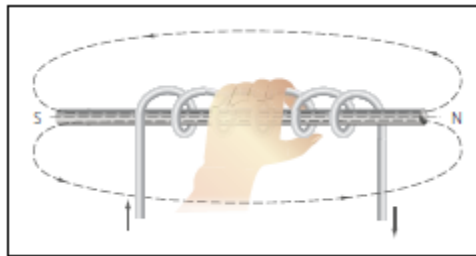


Fig. 2. 9 Regla de la mano izquierda en una bobina  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin Carrazco

### g) Dispositivos eléctricos utilizados en un circuito

- **Potenciómetro**

Es considerado como un dispositivo de tres terminales, los terminales de los extremos tienen el valor total de la resistencia del potenciómetro y el terminal intermedio es la perilla que permite que el valor de resistencia entre el terminal intermedio y cualquiera de los extremos pueda ser variado, la diferencia entre el reóstato y el potenciómetro es que el reóstato se utiliza para variar la corriente en un circuito y el potenciómetro es utilizado para variar el voltaje en un circuito, tal como en los controles de volumen o paneles de audio y dispositivos de entrada para grabadora de datos de vuelo.

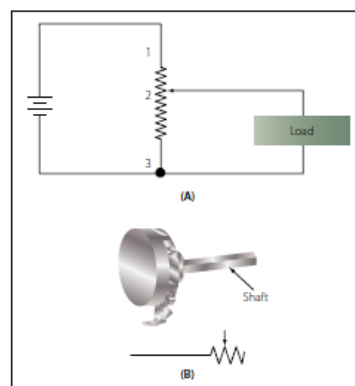


Fig. 2. 10 Potenciómetro  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin Carrazco

- **Fusible**

Son usados para proteger un circuito en condiciones de sobre corriente, son instalados de manera que la corriente pase a través de ellos, la mayoría son hechos de aleación de latón y bismuto que se derretirá o romperá y abrirá el circuito cuando la corriente exceda el valor del fusible.

- **Rompe circuitos.**

Son utilizados comúnmente en lugar de los fusibles y está diseñado con el fin de romper el circuito y detener el paso de corriente cuando se excede el valor predeterminado del rompe circuito, a diferencia del fusible, el rompe circuito puede ser reseteado en cambio los fusibles o limitadores deben ser reemplazados. Hay muchos tipos de rompe circuitos usados en una aeronave, magnéticos, de sobre temperatura y los más usados los de reseteado a mano.

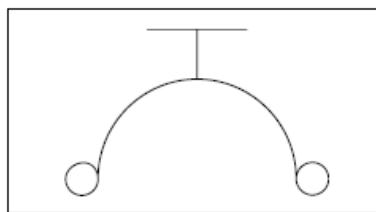


Fig. 2. 11 Símbolo esquemático del rompe circuitos  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin Carrazco

- **Switches**

Los switches controlan el flujo de corriente en la mayoría de los circuitos en las aeronaves., es usado para arrancar, apagar o cambiar la dirección de la corriente en el circuito. El swiitch en cada circuito debe ser capaz de llevar la corriente normal del circuito y debe ser aislado del voltaje del circuito. Existen varios tipos de switches de acuerdo a su número de polos, ramas y modo de acción, así tenemos de un polo, una rama o de un polo doble o doble polo una rama, etc.

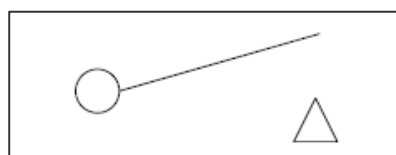


Fig. 2. 12 Símbolos esquemáticos de switches  
Fuente: FAA Advisory circular Chapter 10  
Editado por: Lenin Carrazco

## h) Conductores en aeronáutica

Un conductor en aeronáutica, es descrito como un hilo sólido o un conjunto de hilos, ambos cubiertos por un aislante capaz de conducir corriente de un punto a otro.

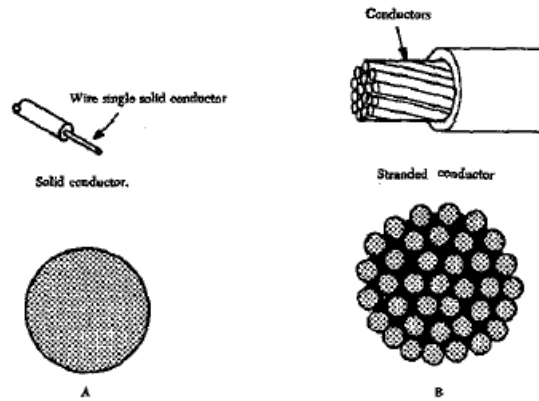


Fig. 2. 13 Tipos de conductores aeronáuticos  
Fuente: Aircraft Electrical System Handbook  
Editado por: Lenin Carrazco

- **Calibre del conductor**

Los conductores son fabricados en distintos calibres de acuerdo a un estándar conocido como AWG<sup>1</sup>, mientras más pequeño es el número de designación, más grande es el calibre del conductor. El más grande es el 0000 y el más pequeño es el 40, para su medida se utiliza una galga de conductores. Factores muy severos deben ser considerados en la selección de un cable, tales como, la pérdida convertida en calor, la caída de voltaje en el circuito o línea y su capacidad de soportar una cantidad de corriente determinada.

Aunque la plata es el mejor conductor, el costo limita su uso, los dos conductores más usados son el cobre y el aluminio. El cobre tiene mayor conductividad, es más dúctil, es fácil de soldar y es más pesado y costoso que el aluminio.

Aunque el aluminio tiene solo el 60% de conductividad en comparación con el cobre, su uso es extendido. Por su ligereza en cuanto al peso permite tender

---

<sup>1</sup> American Wire Gauge

grandes longitudes y su diámetro relativo para una conductividad dada reduce el efecto corona<sup>1</sup>.

Es recomendable que una caída de voltaje en los conductores principales de la fuente principal de una aeronave o batería a una barra no debe exceder el 2% del voltaje regulado cuando el generador está corriendo.

<i>Nominal system voltage</i>	<i>Allowable voltage drop</i>	
	<i>Continuous operation</i>	<i>Intermittent operation</i>
14	0.5	1
28	1	2
115	4	8
200	7	14

Fig. 2. 14 Máxima caída de voltaje recomendada en un circuito con carga  
Fuente: Aircraft Electrical System Handbook  
Editado por: Lenin Carrazco

- **Selección de un conductor**

Para la correcta selección de un conductor, se debe tomar dos factores de mayor importancia. Primero, el calibre debe ser lo suficiente para prevenir una excesiva caída de voltaje mientras conduce la corriente necesaria en la distancia requerida. Segundo, el calibre debe ser lo suficiente para prevenir el sobrecalentamiento del cable mientras conduce corriente. Para facilitar la selección utilizamos una Tabla de Conductores en donde elegimos el conductor a usar, mediante el conocimiento de la corriente que va a conducir, la longitud requerida y la caída de voltaje permisible.

<sup>1</sup> Descarga de electricidad de un conductor cuando tiene un pico alto de voltaje.

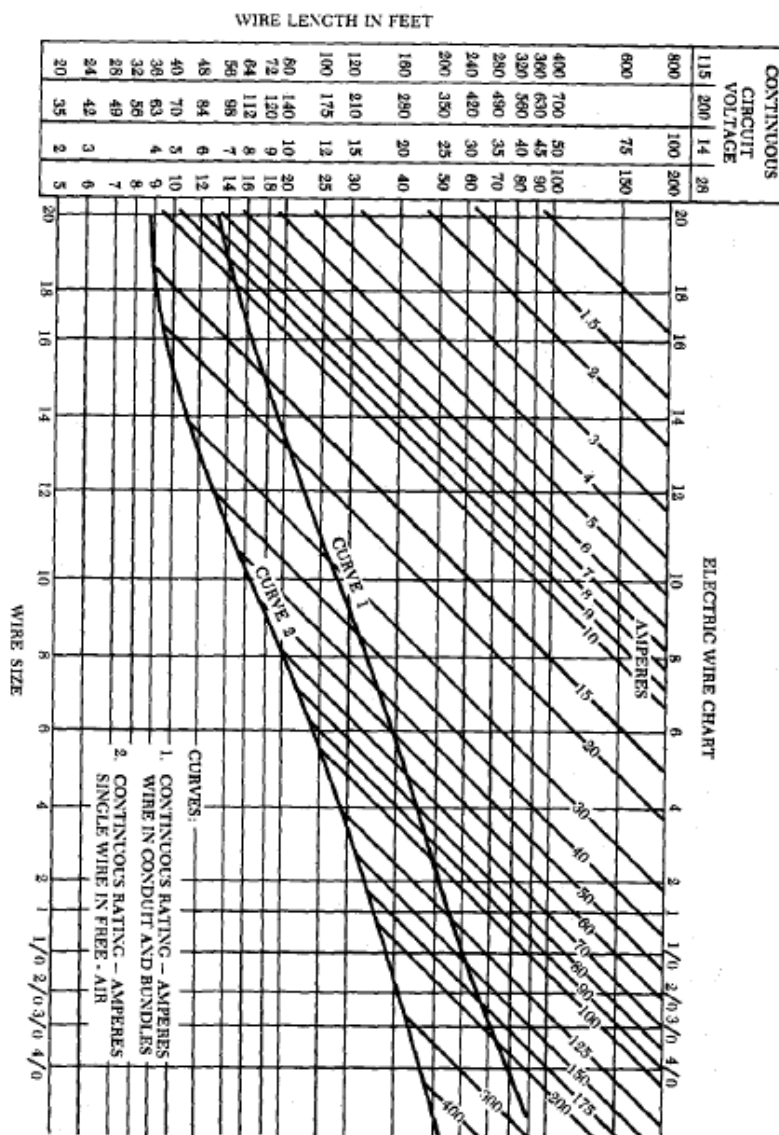


Fig. 2. 15 Tabla de conductores, flujo continuo  
Fuente: Aircraft Electrical System Handbook  
Editado por: Lenin Carrazco

- **Identificación de cables**

El cableado de un sistema eléctrico de una aeronave debe ser marcado por una combinación de letras y números que identifican cada cable, el circuito que pertenece, el calibre del cable y otra información necesaria para relacionar el cable con el diagrama del cableado. No hay un procedimiento estándar para marcar los cables, depende de cada fabricante el código que se les marque.

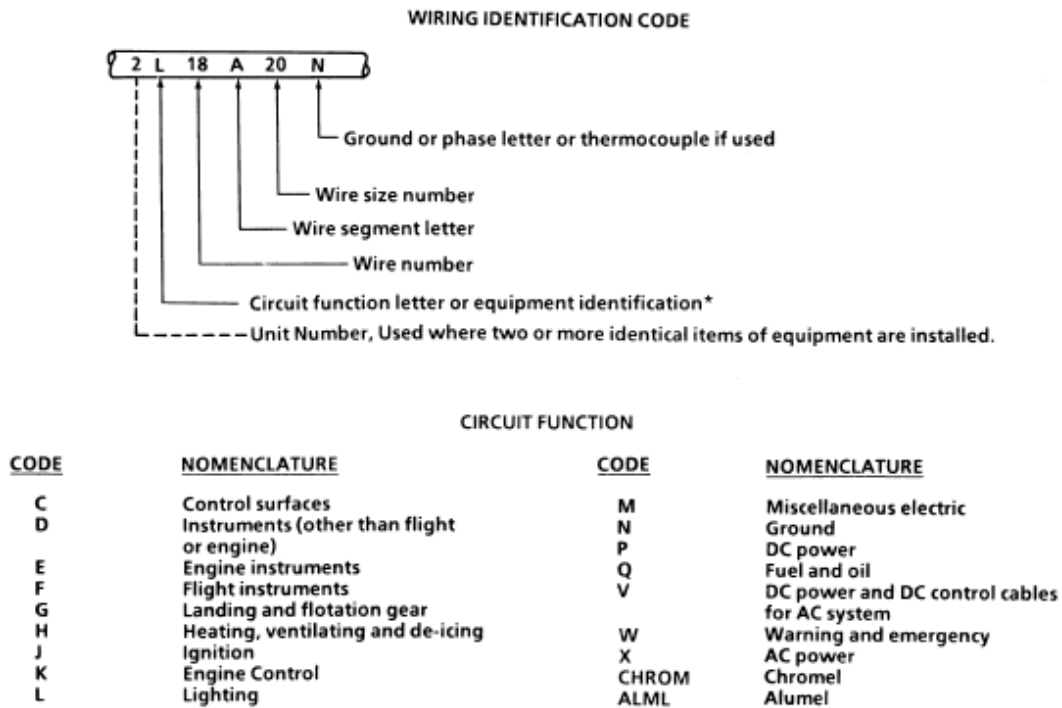


Fig. 2. 16 Codificación de cables  
Fuente: BHT-212-98-1  
Editado por: Lenin Carrasco

### i) Instrumentos de medición

- **Amperímetro**

La corriente es una de las cantidades más importantes que uno quisiera medir en un circuito eléctrico. Se conoce como amperímetro al dispositivo que mide corriente. La corriente que se va a medir debe pasar directamente por el amperímetro, debido a que éste debe conectarse a la corriente. Los alambres deben cortarse para realizar las conexiones en el amperímetro.

Cuando use este instrumento para medir corrientes continuas, hay que asegurarse de conectarlo de modo que la corriente entre en la terminal positiva del instrumento y salga en la terminal negativa. Idealmente, un amperímetro debe tener resistencia cero de manera que no altere la corriente que se va a medir. Esta condición requiere que la resistencia del amperímetro sea pequeña comparada con  $R_1 + R_2$ . Puesto que cualquier amperímetro tiene siempre



alguna resistencia, su presencia en el circuito reduce ligeramente la corriente respecto de su valor cuando el amperímetro no está presente.

Amperímetro de bobina móvil: La bobina móvil, teniendo en cuenta su delicada construcción, no puede conducir más que una pequeña fracción de amperio. Para valores mayores, la mayor parte de la corriente se hace por una derivación, o shunt, de baja resistencia en paralelo con el instrumento. La escala, sin embargo, se calibra generalmente para leer en ella la corriente total  $I$ , aún cuando la corriente  $I$ , que pasa por la bobina sea sólo de unos cuantos miliamperios.

- **Voltímetro**

El voltímetro es un aparato que mide la diferencia de potencial entre dos puntos. Para efectuar esta medida se coloca en paralelo entre los puntos cuya diferencia de potencial se desea medir. La diferencia de potencial se ve afectada por la presencia del voltímetro. Para que este no influya en la medida, debe desviar la mínima intensidad posible, por lo que la resistencia interna del aparato debe de ser grande.

Como  $R_V$  es conocida, la medida de la intensidad  $I$ , permite obtener la diferencia de potencial. La resistencia serie debe de ser grande, para que la intensidad que circule por el voltímetro sea despreciable. Se puede cambiar de escala sin más que cambiar la resistencia serie.

Un dispositivo que mide diferencias de potencial recibe el nombre de voltímetro. La diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera en el circuito puede medirse uniéndose simplemente las terminales del voltímetro entre estos puntos sin romper el circuito. La diferencia de potencial en el resistor  $R_2$  se mide conectando el voltímetro en paralelo con  $R_2$ . También en este caso, es necesario observar la polaridad del instrumento. La terminal positiva del voltímetro debe conectarse en el extremo del resistor al potencial más alto, y la terminal negativa al extremo del potencial más bajo del resistor. Un voltímetro ideal tiene resistencia infinita de manera que no circula corriente a través de él. Esta condición requiere que el voltímetro tenga una resistencia que es muy

grande en relación con  $R_2$ . En la práctica, si no se cumple esta condición, debe hacerse una corrección respecto de la resistencia conocida del voltímetro

- **Óhmetro**

Aparato diseñado para medir la resistencia eléctrica en ohmios. Debido a que la resistencia es la diferencia de potencial que existe en un conductor dividida por la intensidad de la corriente que pasa por el mismo, un ohmímetro tiene que medir dos parámetros, y para ello debe tener su propio generador para producir la corriente eléctrica.

Los ohmímetros más comunes son 'multímetros', esto es, instrumentos que por medio de un dial pueden utilizarse para medir la diferencia de potencial, la intensidad de corriente o la resistencia; normalmente pueden preseleccionarse en una gran variedad de rangos de modo que se pueden utilizar ohmímetros de laboratorio relativamente baratos para medir resistencias desde fracciones de ohmio hasta varios millones de ohmios (megaohmios). Los ohmímetros se utilizan mucho para detección de fallos en circuitos eléctricos. Un ingeniero eléctrico conoce los valores aproximados de resistencia que deben existir entre determinados puntos del circuito y puede comprobarlos fácilmente con el ohmímetro.

- **Tacómetro**

El tacómetro es un dispositivo que mide las revoluciones por minuto (RPM) del rotor de un motor o una turbina, velocidad de superficies y extensiones lineales. Son utilizados para llevar un registro de las velocidades del elemento que tengamos en estudio, que nos permita saber si está trabajando de forma adecuada. Con este tipo de instrumentos evitaríamos que se detenga la maquinaria, pudiendo hacer un mantenimiento en el momento adecuado. También se pueden emplear para conocer distancias recorridas por ruedas, engranes o bandas.

Existen dos tipos de tacómetros muy utilizados: el tacómetro óptico y el tacómetro de contacto.

El tacómetro óptico mide con precisión la velocidad rotatoria (RPM) usando un haz de luz visible, puede ser usado a una distancia de hasta 8 m en un elemento rotatorio. La construcción robusta, portabilidad y características notables del tacómetro óptico, lo hacen la opción ideal para el departamento de mantenimiento, operadores de maquinas y varias otras aplicaciones en maquinarias.

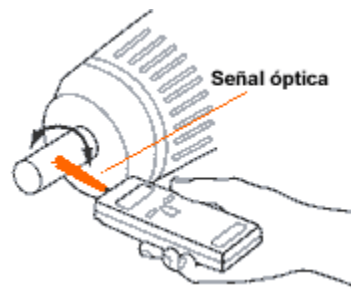


Fig. 2. 17 Tacómetro óptico  
Fuente: [instrumentos.com/tacómetro.html](http://instrumentos.com/tacómetro.html)  
Editado por: Lenin Carrazco

### **2.1.2. Fundamentos de las máquinas eléctricas**

Las máquinas de corriente continua son clasificadas generalmente en generadores que convierten energía mecánica en energía eléctrica de corriente continua, y motores que convierten energía eléctrica de corriente continua en energía mecánica. La mayoría las máquinas de corriente continua son semejantes a las máquinas de corriente alterna ya que en su interior tienen corrientes y voltajes de corriente alterna. Las máquinas de corriente continua tienen corriente continua sólo en su circuito exterior debido a la existencia de un mecanismo que convierte los voltajes internos de corriente alterna en voltajes corriente continua en los terminales. Este mecanismo se llama colector, y por ello las máquinas de corriente continua se conocen también como máquinas con colector.

### **2.1.3. Principio de Funcionamiento de un generador de corriente continua**

Cuando tenemos un espiral por donde circula una corriente eléctrica situada dentro de un campo magnético, aparecen un par de fuerzas que provocan que

el espiral gire alrededor de su eje. También hemos visto que cuando tengamos un espiral situado dentro de un campo magnético, la variación de flujo magnético provoca la aparición de una corriente inducida al espiral. El principio de funcionamiento de una máquina eléctrica se basará en estos dos efectos.

Cuando hagamos girar la espira bajo la acción del campo magnético creado por el estator habrá unas posiciones donde la f.e.m (fuerza electro motriz) inducida que recojan las escobillas (D i E) será máxima y otras donde será mínima. Fijémonos en una vuelta completa del espiral. Cuando el espiral está situado de manera que el plano que describe es perpendicular a la dirección del campo magnético, el flujo atraviesa ese máximo. La variación de flujo es nula, la f.e.m que se induce a la bobina es nula y no circula ninguna corriente.

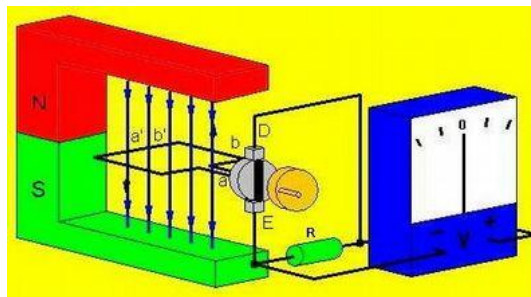


Fig. 2. 18 Posición 1 de la espira dentro de un campo magnético  
Fuente: Máquina de Corriente Continua J.M. Arroyo  
Editado por: Lenin Carrazco

Cuando el espiral gira  $90^\circ$  en sentido contrario a las agujas del reloj, el flujo magnético que lo atraviesa es nulo, pero la variación de flujo que tiene en ese instante llega a su valor máximo y, por lo tanto, la f.e.m que se induce en la espira es máxima.

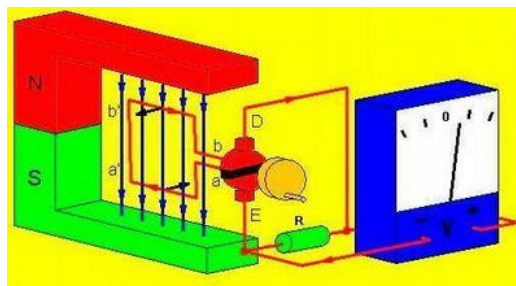


Fig. 2. 19 Posición 2 de la espira dentro de un campo magnético  
Fuente: Máquina de Corriente Continua J.M. Arroyo  
Editado por: Lenin Carrazco

Cuando la espira gira  $90^\circ$  más, vuelve a estar en la misma situación que al principio, con la única diferencia que el tramo a-a' y el b-b' están intercambiados. De manera que la f.e.m inducida vuelve a ser nula.

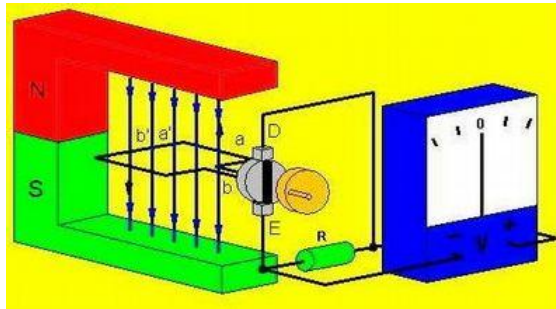


Fig. 2. 20 Posición 3 de la espira dentro de un campo magnético  
Fuente: Máquina de Corriente Continua J.M. Arroyo  
Editado por: Lenin Carrazco

Si el espiral gira otros  $90^\circ$ , ahora estamos en la misma posición que en la figura 2, pero con los lados de la espira cambiados. De forma que la variación de flujo vuelve a ser máxima por lo que tendremos otra vez, el valor máximo de corriente inducida en la bobina.

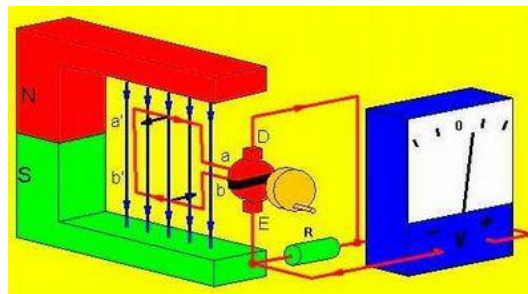


Fig. 2. 21 Posición 4 de la espira dentro de un campo magnético  
Fuente: Máquina de Corriente Continua J.M. Arroyo  
Editado por: Lenin Carrazco

Si el espiral gira  $90^\circ$  más, volvemos a la posición inicial. Hemos realizado así una vuelta completa (un ciclo) y hemos obtenido corriente inducida continua. Esta corriente es continua porque en todo momento la mitad de la espira por donde circula la corriente está en contacto con la misma escobilla. Cuando la espira gira indefinidamente, el ciclo completo se va repitiendo.

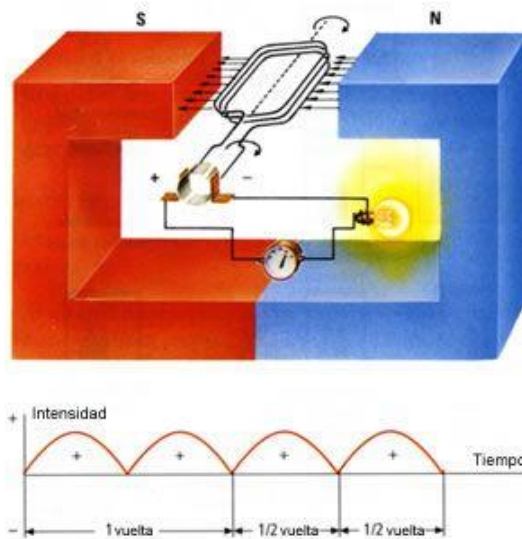


Fig. 2. 22 Generador de Corriente Continua  
 Fuente: Máquina de Corriente Continua J.M. Arroyo  
 Editado por: Lenin Carrazco

#### 2.1.4. Partes de un generador básico de corriente continua

##### Estator

El estator está constituido por la carcasa sobre la superficie interna de la cual están montados los polos principales dotados de zapatos polares. Siendo sede de inducción magnética constante, la carcasa y los núcleos están realizados en hierro macizo; por otro lado los zapatos polares pueden ser macizos o laminados, porque su inducción soporta fluctuaciones.

En torno a cada núcleo polar están puestas bobinas entre ellas idénticas que globalmente constituyen el devanado inductor (o devanado de excitación); estas están conectadas en modo que, cuando están recorridas por la corriente de excitación, las fuerzas magnetomotriz (f.m.m.) de dos polos consecutivos tengan módulos iguales y dirección opuestas (uno centrífugo y el otro centrípeto).

La conexión más sencilla presenta las bobinas de dos polos consecutivos conectadas en anti serie.

Excepto que en las máquinas más pequeñas, entre los polos principales están puestos polos salientes más pequeños, dichos polos de conmutación o polos auxiliares, dotados de devanados, la función de los cuales estará aclarada a continuación.

En las máquinas más grandes los zapatos polares de los polos principales están dotados de ranuras longitudinales que alojan los conductores de los devanados de compensación

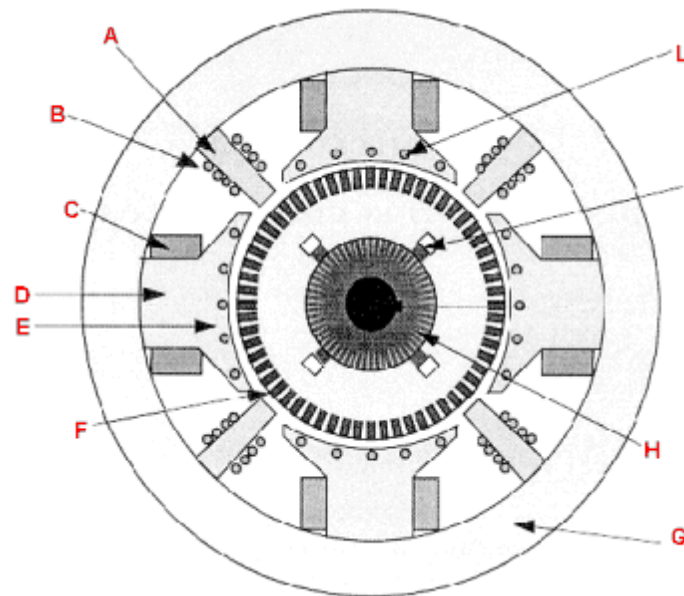


Fig. 2. 23 Estator

Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
 Editado por: Lenin Carrazco

- |                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| A = polo de conmutación     | F = conductores de inducido     |
| B = devanado de conmutación | G = carcasa                     |
| C = bobina de inductor      | H = colector de laminas         |
| D = núcleo polar            | I = escobilla y portaescobilla  |
| E = zapato polar            | L = conductores de compensación |

### Rotor y colector

El rotor está siempre realizado en hierro laminado, porque es sede de inducción magnética alternada en el tiempo.

Está dotado de ranuras longitudinales, normalmente de tipo abierto, que alojan los conductores de inducido; estos están conectados a las cabezas formando madejas parecidas a las del inducido de las sincrónicas; también las madejas están interconectadas formando uno o más devanados cerrados,

El colector es órgano característico de las máquinas en continua que permite convertir las tensiones y las corrientes alternadas de los conductores de inducido en las corrientes y tensiones continuas presente en los bornes de potencia de la máquina. Esto tiene estructura cilíndrica y está engargolado sobre el eje a una de las extremidades del rotor.

Está constituido por láminas de cobre que ocupan las diferentes posiciones acimutales, aisladas con espesores de mica o resina de vidrio desde 0,5 hasta 1,5 mm y conectadas a las madejas del devanado de inducido. Las láminas están también conectadas a los dos bornes de potencia de la máquina a través contactos rastreros con las escobillas fijadas respecto al estator. Estas son presentes a parejas, dispuestas simétricamente según el colector. Antes que utilizar las escobillas de grande sección se prefiere utilizar más escobillas dispuestas en filas, para obtener un mejor contacto con las láminas.

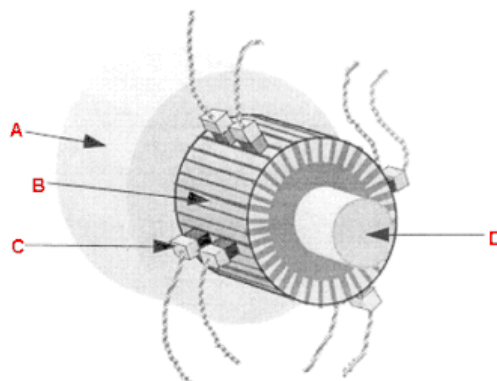


Fig. 2. 24 Colector

Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf

Editado por: Lenin Carrazco



- A = rotor
- B = colector de láminas
- C = escobilla y portaescobilla
- D = eje

En la siguiente figura se muestran los componentes internos de una máquina de corriente continua.

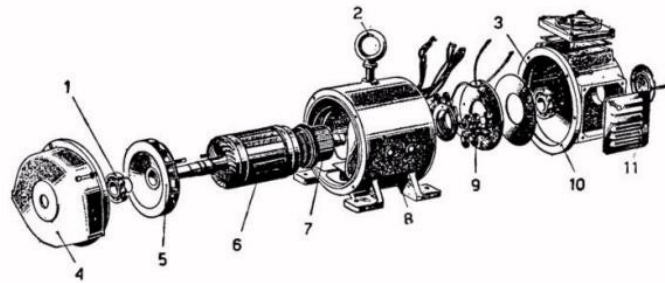


Fig. 2. 25 Partes fundamentales de una máquina de Corriente Continua  
 Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
 Editado por: Lenin Carrazco

- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 = cojinetes               | 7 = colector                     |
| 2 = anillo de levantamiento | 8 = estator                      |
| 3 = cojinetes               | 9 = escobilla y puerta escobilla |
| 4 = brida soporte eje       | 10 = brida soporte colector      |
| 5 = turbina de ventilación  | 11 = tapa                        |
| 6 = inducido                |                                  |

## 2.1.5 Tipos de generadores de corriente continua

### 2.1.5.1 Generador con excitación independiente

En este tipo de generador, la tensión en los bornes es casi independiente de la carga de la máquina y de su velocidad, ya que la tensión se puede regular por

medio del reóstato de campo, aunque naturalmente, dentro de ciertos límites, porque la excitación del campo inductor no puede aumentar más allá de lo que permite la saturación.

En la Figura 2.26 se representa el esquema de conexiones completo de un generador de corriente continua con excitación independiente; se supone que el sentido de giro de la máquina es a la derecha lo que, por otro lado, es el que corresponde a casi todas las máquinas motrices. Si hubiere que cambiar el sentido de giro, bastará con cambiar, las conexiones del circuito principal.

### a) Características de vacío

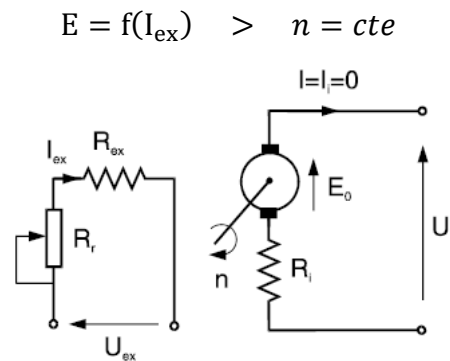


Fig. 2. 26 Circuito equivalente generador con excitación independiente  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

Del circuito equivalente

$$U = E_0 - R_a I_a - 2U_e$$

Como se cumple:

$$I_a = 0 \quad \text{y} \quad 2U_e = 0 \quad \text{entonces:} \quad U = E_0$$

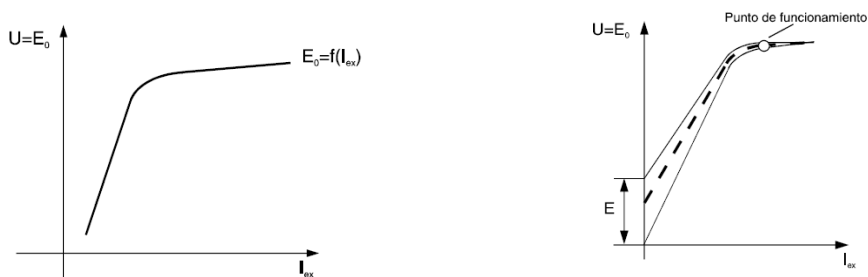


Fig. 2. 27 Curvas características generador de excitación indep. en vacío  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

El funcionamiento de la máquina se suele situar en torno al codo de la curva, buscando una mayor estabilidad con valores mínimos de la corriente de excitación.

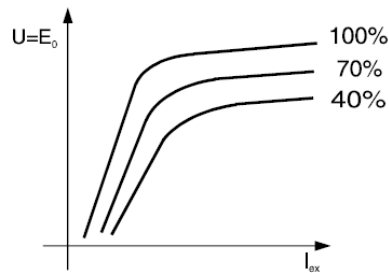


Fig. 2. 28 Curva de rendimiento del generador con excitación indepen. en vacío  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

Para un mismo valor de corriente de excitación, se cumplirá la siguiente relación:

$$E = k\phi n$$

$$E' = k\phi n' \quad \frac{E}{E'} = \frac{n}{n'}$$

### b) Características de carga

$$E = f(I) \quad n = cte \quad y \quad I_{ex} = cte$$

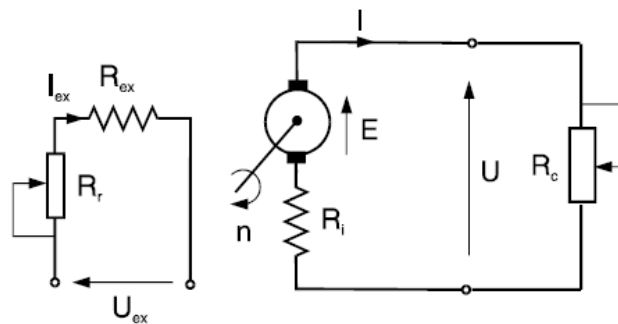


Fig. 2. 29 Circuito equivalente generador con excitación indepen. con carga  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

La ecuación de la máquina será:

$$U = E - I(R_i + R_p) - 2U_e$$

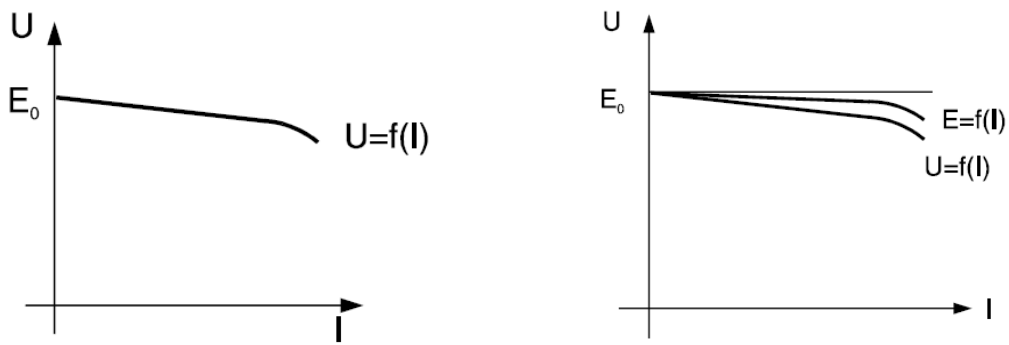


Fig. 2. 30 Curvas de tensión del generador con excitación indepen. con carga  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

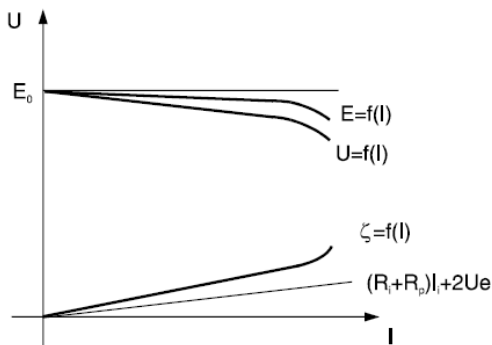
La diferencia entre la fem  $E_0$  y la tensión  $U$  seña a la superposición de dos caídas de dos caídas que se producen cuando la máquina funciona con carga: la debida a la resistencia interna y la originada por la disminución del flujo.

$$E_0 - U = I_i(R_i + R_p) + 2Ue + \Delta E$$

Siendo  $\Delta E$  la caída de tensión del inducido

$$E = U + I_i(R_i + R_p) + 2Ue$$

$$E_0 = E + \Delta E$$



$$\zeta_r = \frac{E_0 - U}{U}$$

$$\zeta_r \% = \frac{E_0 - U}{U} \cdot 100$$

Fig. 2. 31 Curva del rendimiento del generador con carga  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

## 2.1.5.2 Generadores autoexcitados

### 2.1.5.2.1 Máquina Shunt o Derivación

#### a) Características en vacío

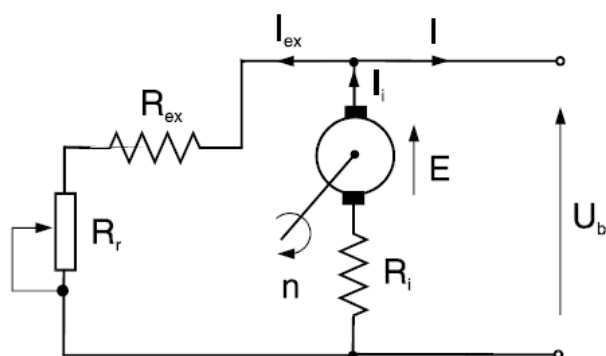


Fig. 2. 32 Circuito equivalente generador shunt en vacío

Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf

Editado por: Lenin Carrazco

$$\Phi_r \Rightarrow E'_0 \uparrow \Rightarrow I'_{ex} \uparrow \Rightarrow \Phi \uparrow \Rightarrow E''_0 \uparrow \Rightarrow I''_{ex} \uparrow \Rightarrow \dots\dots\dots$$

Esta variación de corriente en las bobinas inductoras, durante el proceso de cebado da lugar a una fem autoinducida de valor:

$$e_{ex} = L \frac{di}{dt} \quad U = R_{ex} i_{ex} + L \frac{di}{dt}$$

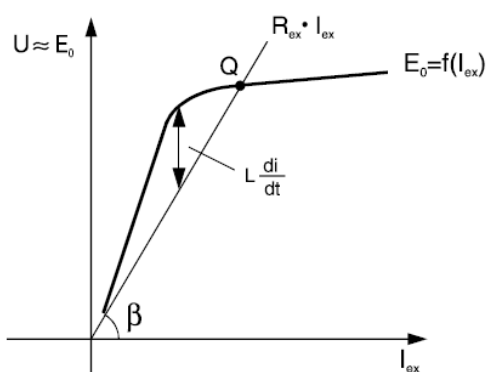


Fig. 2. 33 Curva de tensión del generador shunt en vacío

Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf

Editado por: Lenin Carrazco

El punto de corte (Q) define el valor en que la tensión queda estabilizada.

En el punto de corte (Q), se cumple que la tensión en el inducido

$$U = I_i(R_x \cdot i_{ex}) + L di_{ex}/dt$$

Y la del inductor ( $R_x \cdot i_{ex}$ ) se igualan o lo que es lo mismo  $L di_{ex}/dt = 0$

Por encima de este punto (Q) no es posible valores de tensiones ya que ello implicará valores de  $L di_{ex}/dt$ , siendo necesario que los incrementos de la corriente de excitación  $i_{ex}$  son negativos.

En el punto (Q) se cumple:

$$\frac{U}{i_{ex}} = \text{tg}\beta = R_{ex}$$

Si aumentamos el valor de  $R_{ex}$ , introduciendo un reóstato de campo en el circuito inductor, el punto de funcionamiento se desplazará hacia valores menores de tensión.

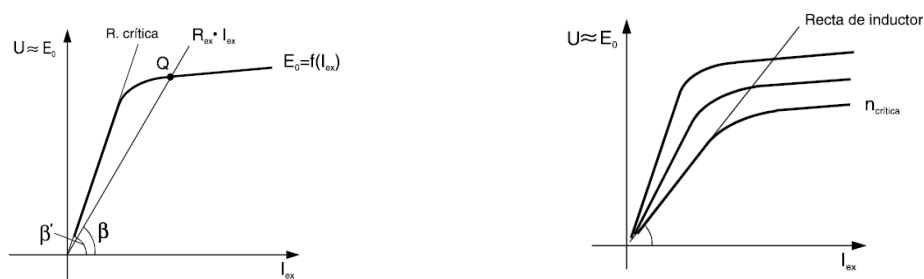


Fig. 2. 34 Curvas de tensión del generador shunt  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

### b) Características con carga

$$E = f(I) \quad > \quad n = \text{cte} \quad \text{y} \quad I_{ex} = \text{cte}$$

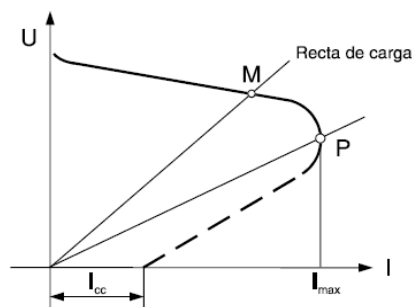


Fig. 2. 35 Recta de carga del generador shunt  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

La resistencia de carga que hace circular la corriente máxima por la máquina se denomina resistencia crítica. Esta resistencia queda definida por la tangente de la recta de carga que pasa por el punto "P".

### 2.1.5.2.2 Generador serie

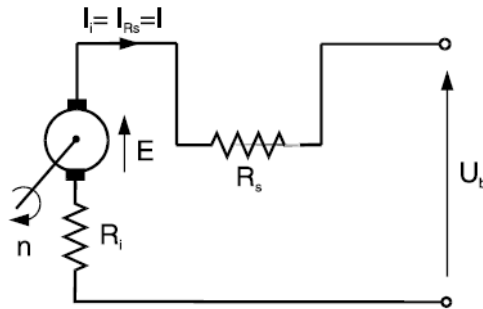


Fig. 2. 36 Circuito equivalente del generador serie  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

#### a) Características de vacío

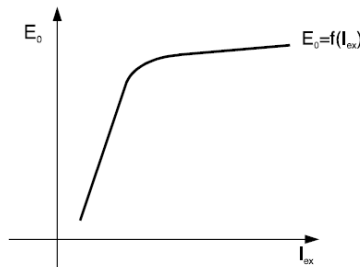


Fig. 2. 37 Curva de vacío del generador serie  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

#### b) Características de carga

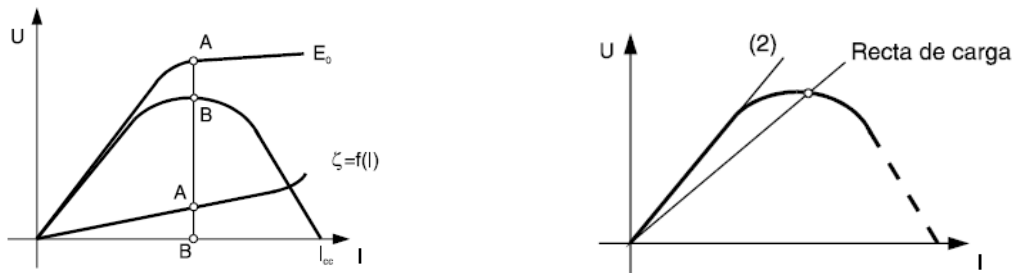


Fig. 2. 38 Curvas de carga del generador serie  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

La autoexcitación en esta máquina se produce de forma similar al generador derivación, como consecuencia del magnetismo remanente, cuando el circuito está cerrado con una resistencia de carga.

Para valores muy elevados de la resistencia de carga, no es posible el cebado de la máquina (recta 2)

### 2.1.5.2.3 Generador de excitación compuesta

#### a) Generador compund derivación corta

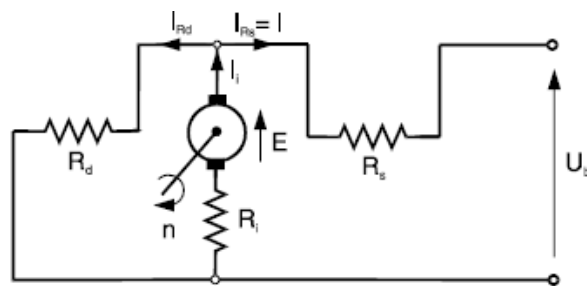


Fig. 2. 39 Circuito equivalente generador compund derivación corta  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

#### b) Generador compund derivación larga

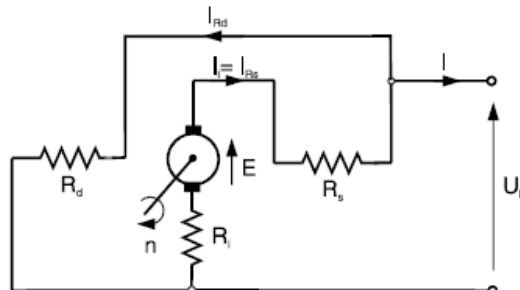


Fig. 2. 40 Circuito equivalente generador compund derivación larga  
Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco



- La máquina compound se caracteriza porque la tensión se mantiene prácticamente constante con la carga.
- En la máquina hipercompound la tensión disminuye ligeramente con la carga.
- Como resultado de la diferencia de f.m.s. , en la máquina anticompound la tensión la tensión de salida decrece rápidamente con la carga.

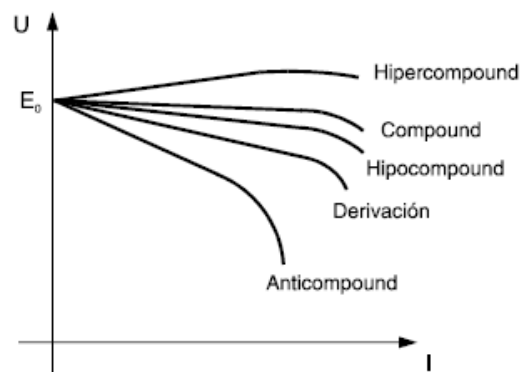


Fig. 2. 41 Curvas de tensión de los generadores compound  
 Fuente: Máquina de Corriente Continua/ TME1\_2.pdf  
 Editado por: Lenin Carrazco

## 2.2. El arrancador generador de CD en los helicópteros

### 2.2.1. Descripción del equipo

La serie de los arrancadores generadores opera como motor para proveer fuerza para el arranque del motor y como generador para suplir de corriente eléctrica continua después de que el motor ha arrancado.

El arrancador generador ilustrado en la Fig. 2.42 consiste de una armadura sujeta y que gira dentro del estator y su carcasa. La armadura es soportada por dos rodamientos. Al extremo de la armadura que engrana uno de los rodamientos está sujeto dentro de un soporte y al otro extremo de la armadura el segundo rodamiento está sujeto por un soporte del rodamiento y de los carbones. El eje del arrancador generador es desmontable y está

instalado en la armadura. En el extremo del eje que engrana hay un amortiguador que absorbe la vibración torsional producida por los cambios de velocidad en la caja de engranajes a la cual es acoplada y la carga eléctrica a cual esté sometido. El conjunto amortiguador consta de una platina amortiguadora trasera, un anillo de fricción y otra platina amortiguadora delantera. Un ventilador ajustado al extremo trasero del eje enfría el generador para operaciones en tierra. En vuelo, el arrancador generador es enfriado además por el ducto de entrada de aire al motor.

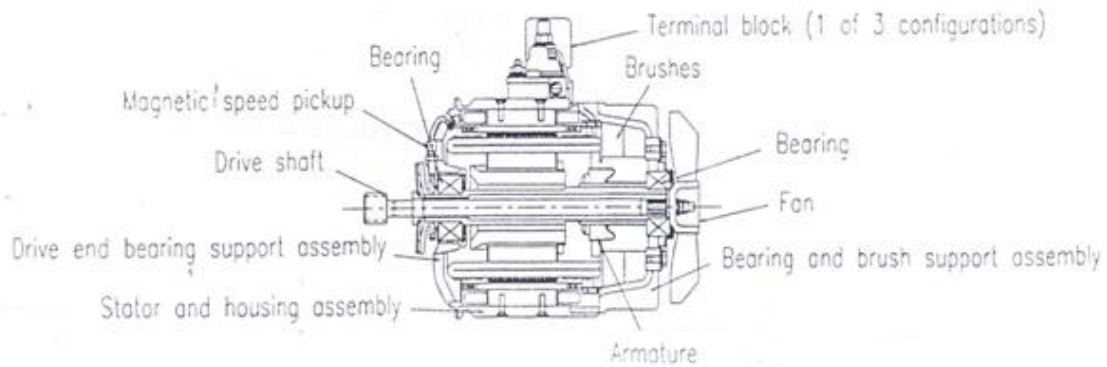


Fig. 2. 42 Partes de un arrancador generador típico  
Fuente: Lucas Aerospace M.M. DC Starter Generator  
Editado por: Lenin carrazco

### 2.2.2. Diagrama eléctrico del arrancador generador CD

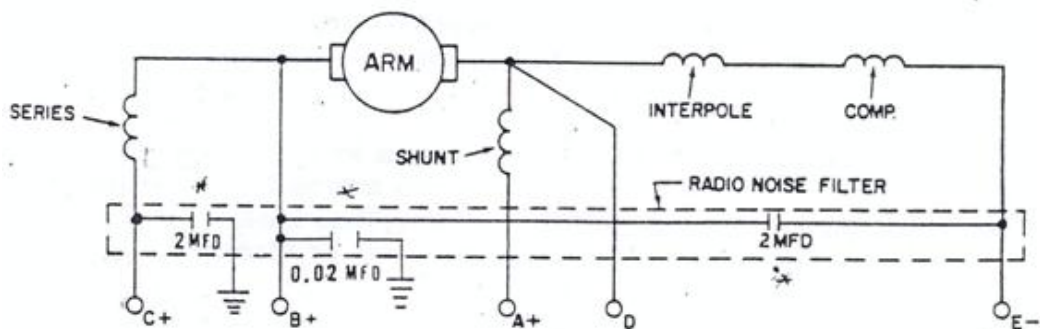


Fig. 2. 43 Diagrama eléctrico arrancador generador  
Fuente: Lear Siegler Overhaul Manual No. 23212  
Editado por: Lenin carrazco

### 2.2.3. El arrancador generador de CD en el helicóptero Bell 206

“Starter-generator is located on underside of the engine to right of helicopter centerline. The starter-generator is used to start engine, charge battery, and supply power for operation of do equipment. The starter-generator is vented with a cooling duct made of fiberglass and located at right side of engine.”<sup>1</sup>

El arrancador generador está localizado en la parte trasera baja derecha de la línea central motor. El arrancador generador es utilizado para arrancar el motor, cargar la batería durante el vuelo y generar corriente para los equipos que operan con DC . El arrancador generador es ventilado por un ducto hecho de fibra de vidrio localizada al lado derecho del motor.

Este helicóptero es monomotor utiliza una turbina modelo 250-C20 del fabricante Allison (Rolls Roys).

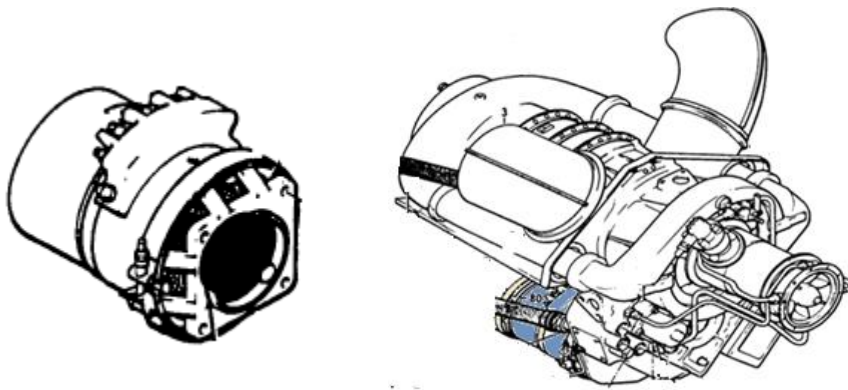


Fig. 2. 44 Localización starter generator en el motor 250-C20

Fuente: BHT-206B-IPB FIG. 71-11

Editado por: Lenin carrazco

Tabla 2. 1 Especificaciones del arrancador generador del Bell 206

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR / DESIGNACIÓN</b>
Número de parte	23032-018
Potencia	6 Kilowats
Carga continua	150 A

<sup>1</sup> Referencia BHT-206B-CAP. 71-00-00

Voltaje de salida	30 V
Rango de velocidad	7200 a 12000 RPM
Velocidad mínima para regular	7800 RPM
Dirección de rotación	Contrareloj
Altitud de operación	35000 ft
Enfriamiento	Autoenfriamiento
Peso	26.8 lbs
Número de dientes del eje	12
Diámetro externo de los dientes del eje	0.6 "
Designación de terminales	
Positivo	B+
Negativo	E-
Campo	A+
Ecuilizador	D
Arranque	C+
Arranque externo	28V (max) 800 A (max)

Fuente: Lear Siegler Overhaul Manual  
Editado por: Lenin carrazco

a) Esquema eléctrico simplificado de generación y arranque

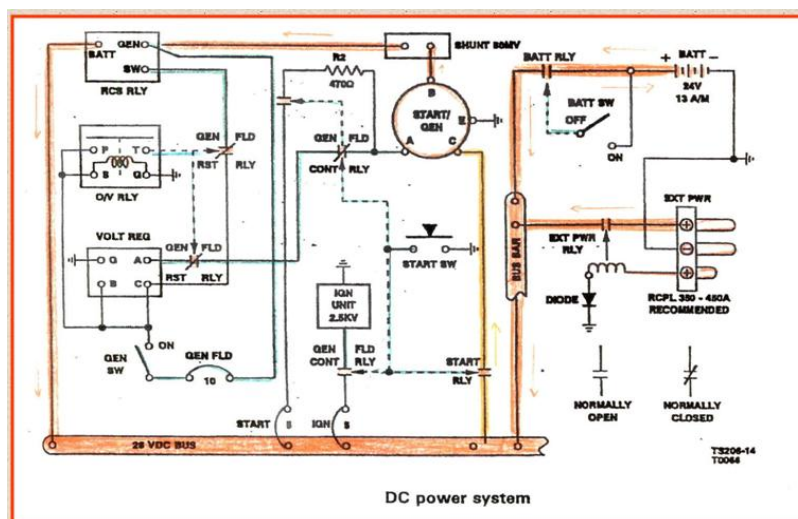


Fig. 2. 45 Sistema simplificado de generación del Bell 206  
Fuente: BHT-206B-Training Manual  
Editado por: Lenin carrazco

#### 2.2.4. El arrancador generador de CD en el helicóptero Bell 212

“The 28 VDC starter generator is mounted on the upper forward right side of each power section accessory gearbox. The starter generator drives the compressor input shaft through gearing in the accessory gearbox during engine starting cycle. After starting, the starter generator functions as primary generator.”<sup>1</sup>

El arrancador generador de 28VDC está montado en el lado superior derecho de la caja de accesorios de cada sección de potencia (turbina). El arrancador generador engranado a la caja de accesorios conduce el eje de entrada del compresor durante el arranque del motor. Después del arranque el arrancador generador funciona como generador primario y es el encargado de transformar la energía mecánica proveniente del motor en energía eléctrica utilizada para todos los sistemas eléctricos del helicóptero.

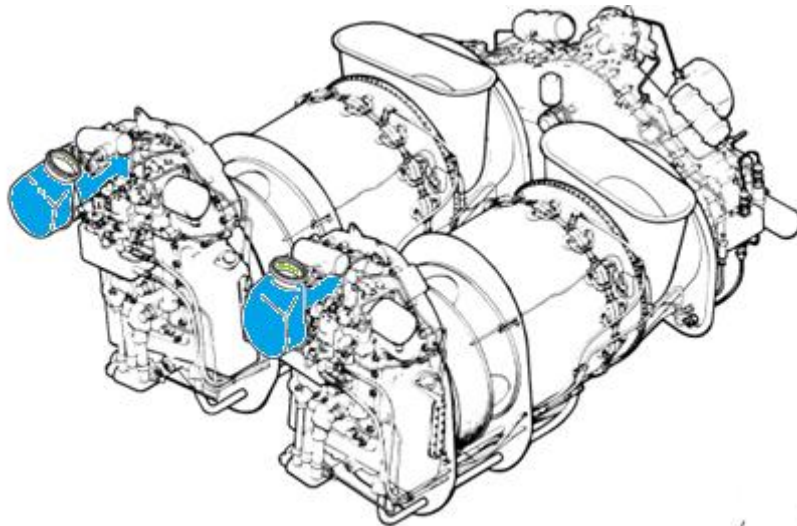


Fig. 2. 46 Twin pack turbinas PT6T-3  
Fuente: BHT 212 MM FIG. 71-38  
Editado por: Lenin Carrasco

<sup>1</sup> Referencia BHT-212-MM-CAP-71.97

Este modelo de helicóptero es bimotor tiene un twin pack de turbinas modelo PT6T-3 del fabricante Pratt & Withney, por lo tanto tiene dos arrancadores generadores uno para cada sección de potencia.

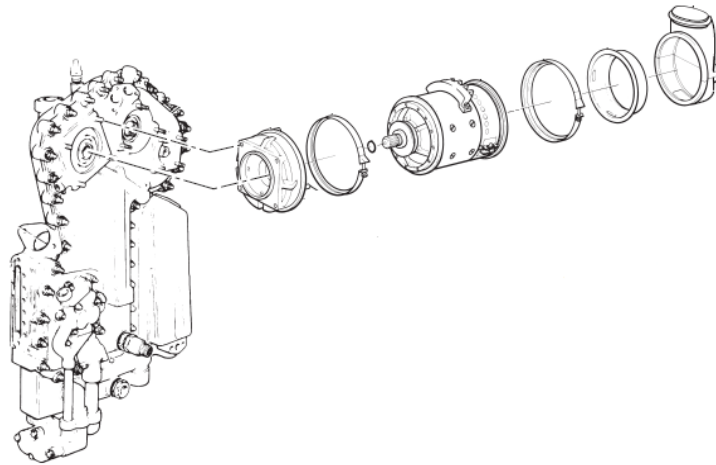


Fig. 2. 47 Localización del arrancador generador en la turbina PT6T-3  
 Fuente: BHT-212-MM FIG. 71-38  
 Editado por: Lenin Carrazco

Tabla 2. 2 Especificaciones del arrancador generador del Bell 212

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR / DESIGNACIÓN</b>
Número de parte	23046-020
Potencia	6 Kilowats
Carga continua	200 A
Voltaje de salida	30 V
Rango de velocidad	6700 a 12000 RPM
Velocidad mínima para regular	7800 RPM
Dirección de rotación	Contrareloj
Altitud de operación	35000 ft
Enfriamiento	Autoenfriamiento
Peso	26.8 lbs
Número de dientes del eje	12
Diámetro externo de los dientes del eje	0.6 "
Designación de terminales	
Positivo	B+

Negativo	E-
Campo	A+
Ecualizador	D
Arranque	C+
Arranque externo	28V (max) 800 A (max)

Fuente: Lear Siegler Overhaul Manual  
Editado por: Lenin carrazco

El sistema eléctrico es de 28V DC de conductor sencillo con el terminal negativo conectado a la estructura del helicóptero (tierra). La energía de CD es suministrada por los arrancadores generadores que operan en paralelo, alimentando dos barras esenciales CD y una barra CD no esencial. Si ambos generadores fallan, una batería de níquel y cadmio de 24V 35AH, puede suplir de CD a las barras por un tiempo determinado. Tres inversores de estado sólido de 250 volts-amperes proveen 115V AC fase sencilla, 400 Hz de potencia a las cinco barras de AC (tres barras de 115 V y dos barras de 26V)

a) Esquema eléctrico simplificado de generación

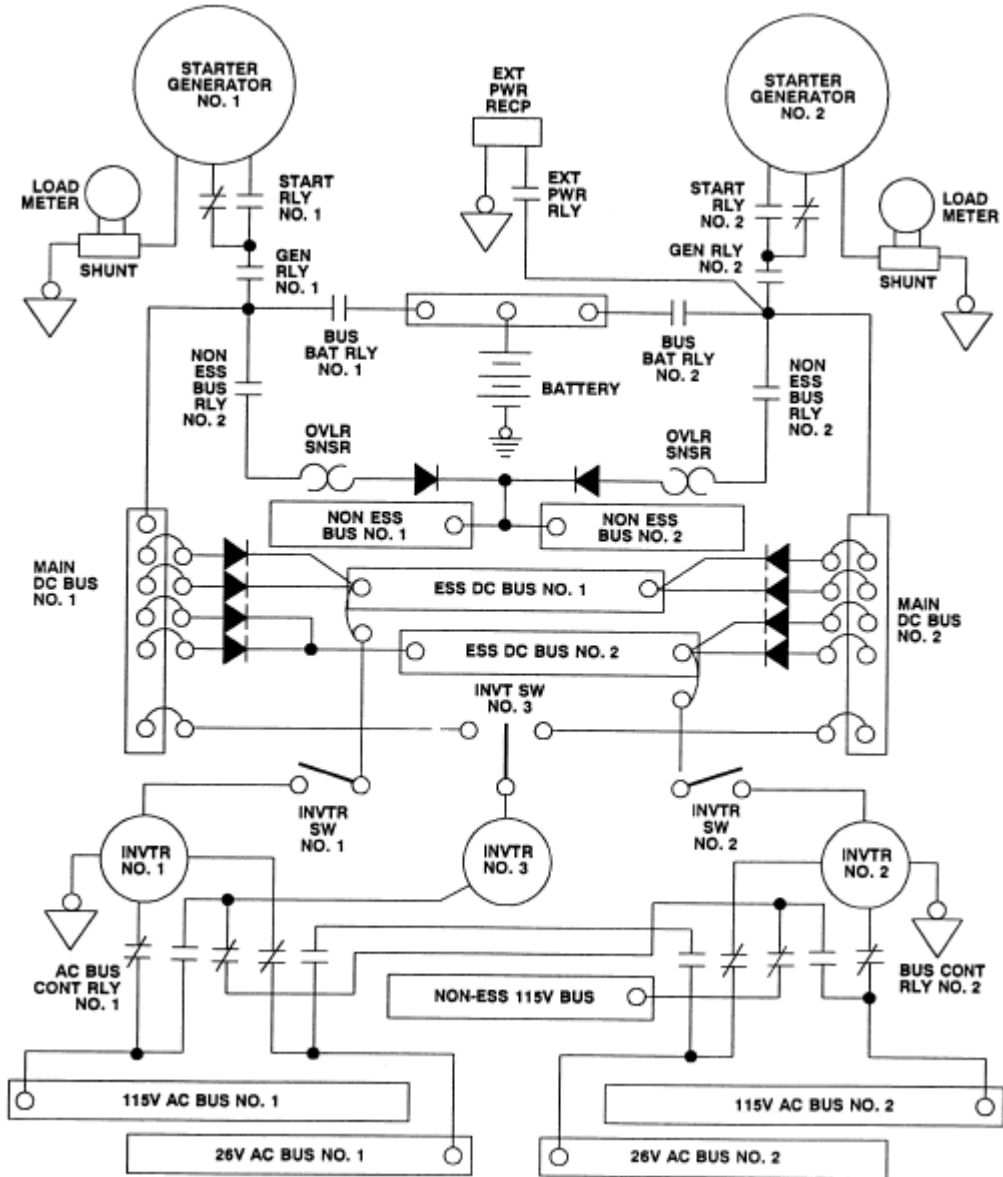


Fig. 2. 48 Sistema eléctrico simplificado Bell 212  
 Fuente: BHT-212-MM-FIG. 98-4  
 Editado por: Lenin Carrasco

2.2.5. El arrancador generador de CD en el helicóptero Bell 412

“The starter-generator is a 30 Vdc unit mounted on upper forward right of each power section accessory gearbox. The starter-generator drives the compressor



input shaft through the gearing in the accessory gearbox during engine starting cycle and provides primary 28 Vdc power for the helicopter.”<sup>1</sup>

El arrancador generador es una máquina de 30VDC montada en la parte superior derecha de la caja de accesorios de cada sección de potencia. El arrancador generador gira la entrada del compresor engranado a la caja de accesorios durante el arranque y posterior provee 28VDC para los componentes eléctricos del helicóptero.

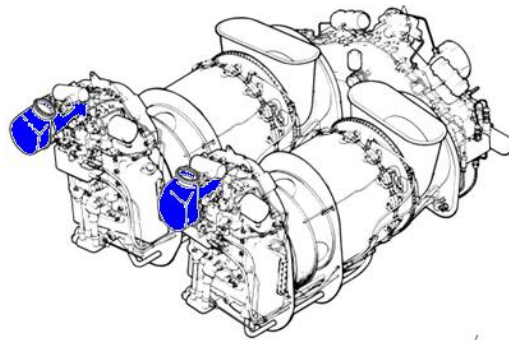


Fig. 2. 49 Twin pack turbinas PT6T-3B  
Fuente: BHT- 412-MM FIG. 71-46  
Editado por: Lenin Carrazco

Este modelo de helicóptero es similar al del modelo 212, es bimotor tiene un twin pack de turbinas modelo PT6T-3B del fabricante Pratt & Withney, por lo tanto tiene dos arrancadores generadores uno para cada sección de potencia. El arrancador generador tiene un ducto de autoventilación además que se ventila con el aire que ingresa por el ducto de entrada al compresor de la turbina.

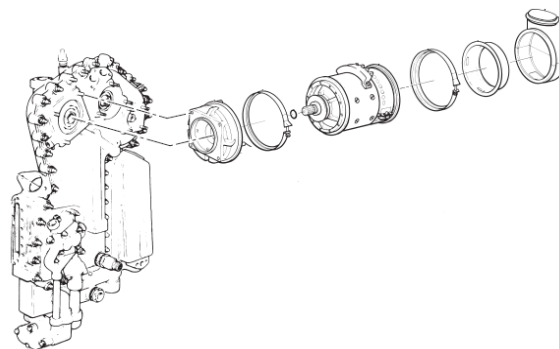


Fig. 2. 50 Localización del arrancador generador en la turbina PT6T-3B  
Fuente: BHT- 412-MM FIG. 71-46  
Editado por: Lenin Carrazco

<sup>1</sup> Referencia BHT-412-MM-AP. 71.22

Tabla 2. 3 Especificaciones del arrancador generador del Bell 412

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALOR / DESIGNACIÓN</b>
Número de parte	23046-020
Potencia	6 Kilowats
Carga continua	200 A
Voltaje de salida	30 V
Rango de velocidad	6700 a 12000 RPM
Velocidad mínima para regular	7800 RPM
Dirección de rotación	Contrareloj
Altitud de operación	35000 ft
Enfriamiento	Autoenfriamiento
Peso	26.8 lbs
Número de dientes del eje	12
Diámetro externo de los dientes del eje	0.6 “
Designación de terminales	
Positivo	B+
Negativo	E-
Campo	A+
Ecualizador	D
Arranque	C+
Arranque externo	28V (max) 800 A (max)

Fuente: Lear Siegler Overhaul Manual  
 Editado por: Lenin Carrazco

a) Esquema eléctrico simplificado de generación

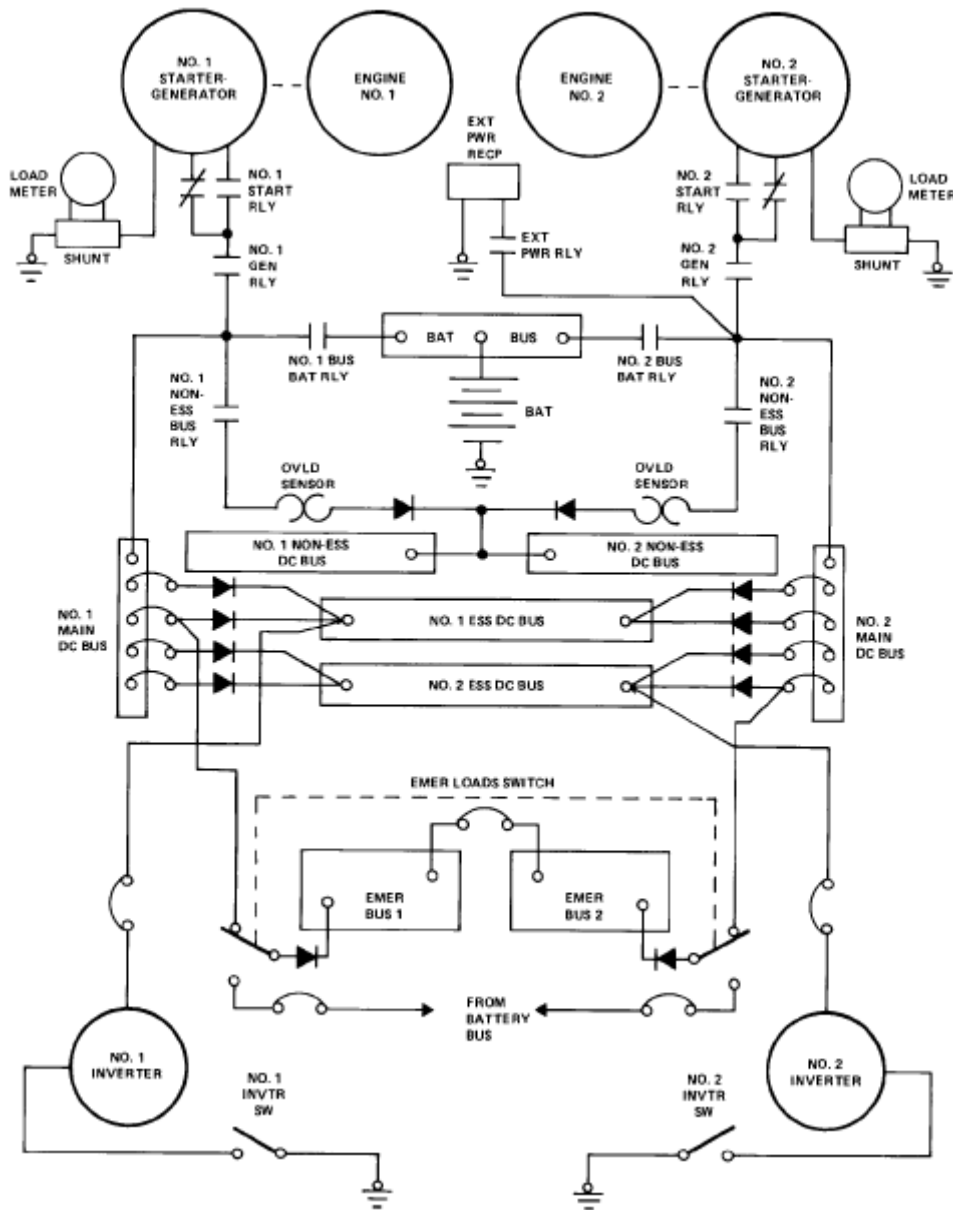


Fig. 2. 51 Sistema eléctrico DC simplificado Bell 412  
 Fuente: BHT-412-MM-FIG. 98-4  
 Editado por: Lenin Carrazco

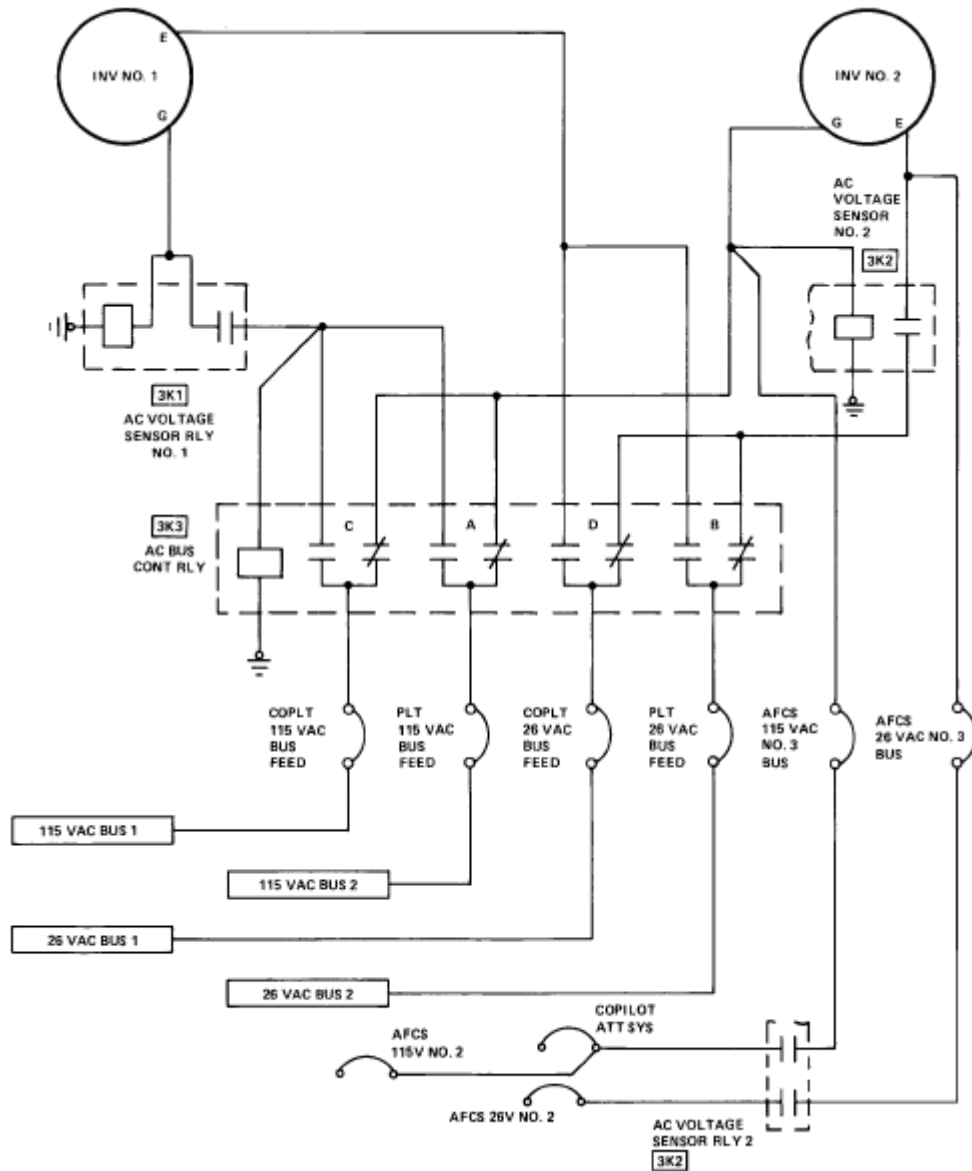


Fig. 2. 52 Sistema eléctrico AC simplificado Bell 412  
 Fuente: BHT-412-MM-FIG. 98-4  
 Editado por: Lenin carrazco

El sistema eléctrico es similar al del modelo 212, es de 28V DC de conductor sencillo con el terminal negativo conectado a la estructura del helicóptero (tierra). La energía de CD es suministrada por los arrancadores generadores que operan en paralelo, soportan hasta una corriente máxima de carga de 200 ADC, alimentando dos barras esenciales CD y una barra CD no esencial. Si ambos generadores fallan, una batería de níquel y cadmio de 24V 35AH, puede suplir de CD a las barras por un tiempo determinado. Tres inversores de estado sólido de 250 volts-ampères proveen 115V AC fase sencilla, 400 Hz de potencia a las cinco barras de AC (tres barras de 115 V y dos barras de 26V)

## 2.3. Motores eléctricos de corriente alterna trifásico

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos de los motores eléctricos son reversibles. La mayoría de los motores trifásicos tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V. Los motores trifásicos se clasifican según su velocidad en motores sincrónicos y asíncrónicos.

### a) Motor asíncrono

#### Principio de funcionamiento

Para explicar el principio de funcionamiento, supongamos que tenemos un imán moviéndose a lo largo de una escalera conductora como en la Fig. 2.53. Este imán en su desplazamiento a velocidad ( $V$ ) provoca una variación de flujo sobre las rejillas que forman los peldaños de la escalera. Esta variación genera una f.e.m. inducida por la Ley de Faraday, que a su vez hace que circule por dichos recintos una corriente. Esta corriente eléctrica provoca la aparición de una fuerza sobre la escalera que hace que esta se desplace en el mismo sentido que lo hace el imán.

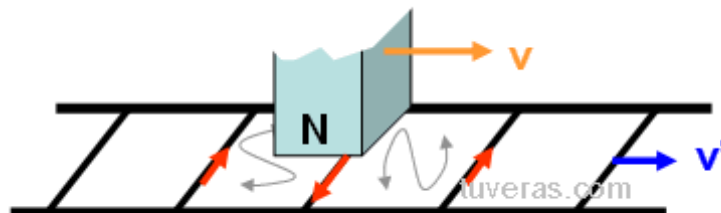


Fig. 2. 53 Principio de funcionamiento motor asíncrono  
Editado por: Lenin Carrasco

La escalera nunca podrá desplazarse a la velocidad del imán, pues en el supuesto caso que se desplazase a la misma velocidad que el imán, la

variación del flujo sobre los recintos cerrados sería nula, y por tanto la f.e.m. inducida también, y por tanto la fuerza resultante sería nula.

En un motor asincrónico la escalera es el desarrollo lineal del rotor y el campo magnético que se desplaza es originado por un sistema trifásico de corriente que circula por el estator.

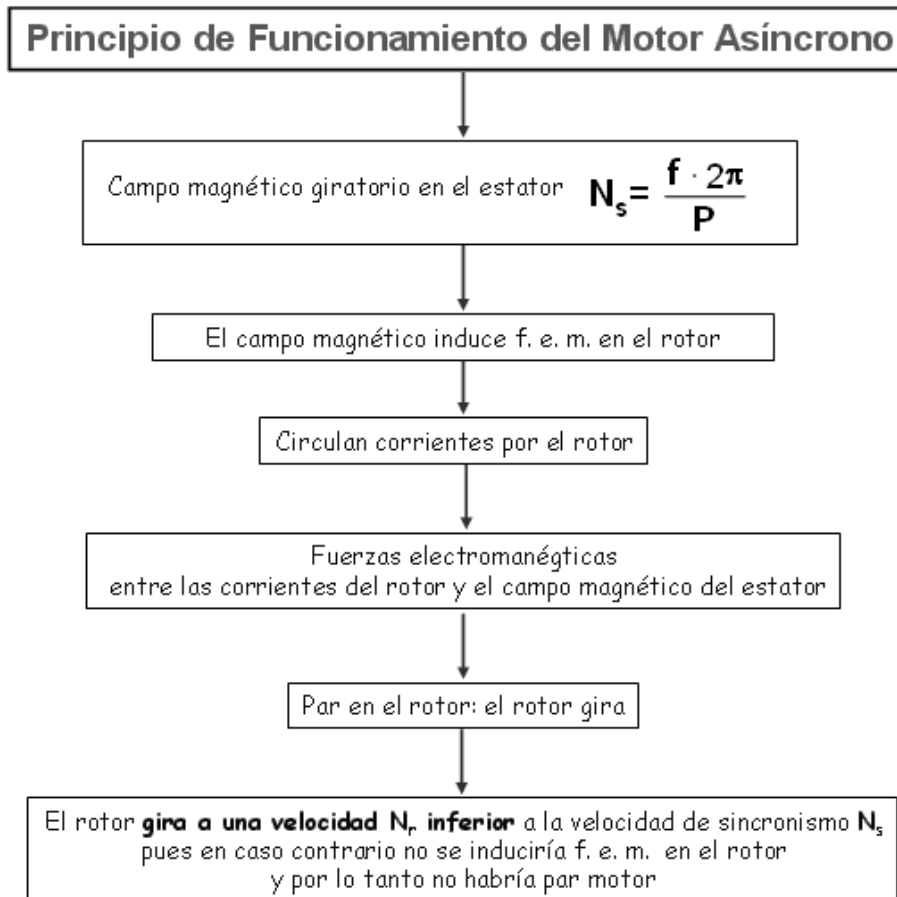


Fig. 2. 54 Diagrama del principio de funcionamiento del motor asincrónico  
Editado por: Lenin Carrazco

### Campo magnético giratorio

El campo magnético giratorio se obtiene con tres devanados desfasados  $120^\circ$  eléctricos (acoplados en estrella o triángulo) y conectados a una red trifásica de CA.

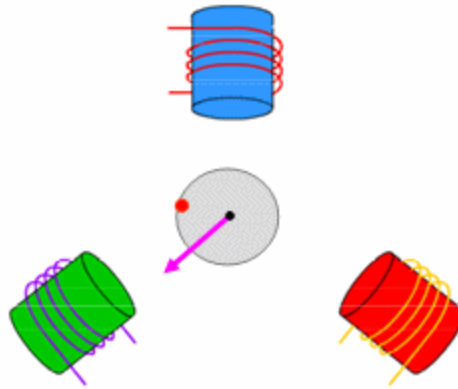


Fig. 2. 55 Campo magnético giratorio  
Editado por: Lenin Carrazco

El campo magnético giratorio origina un flujo que induce corrientes en el rotor que interactúan con el campo magnético del estator. En cada conductor del rotor se produce una fuerza que da origen al par motor. En la Fig. 2. 55 el punto rojo representa la velocidad del rotor que siempre será menor que la velocidad de sincronismo.

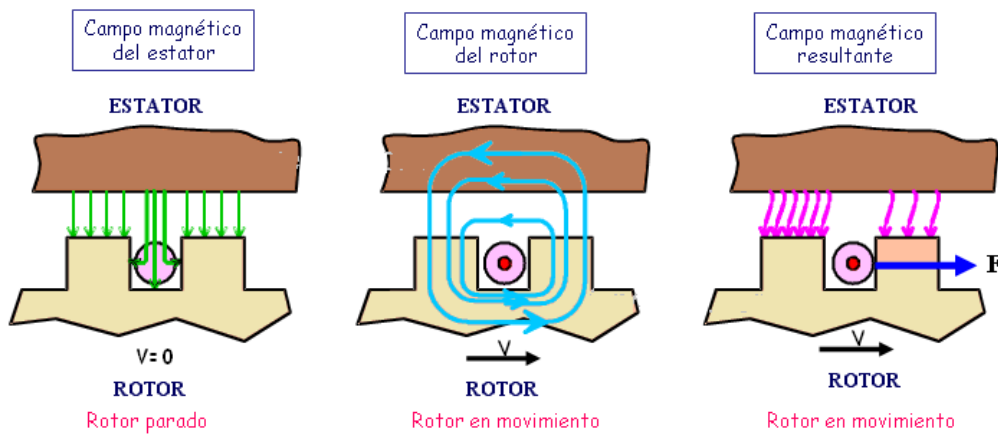
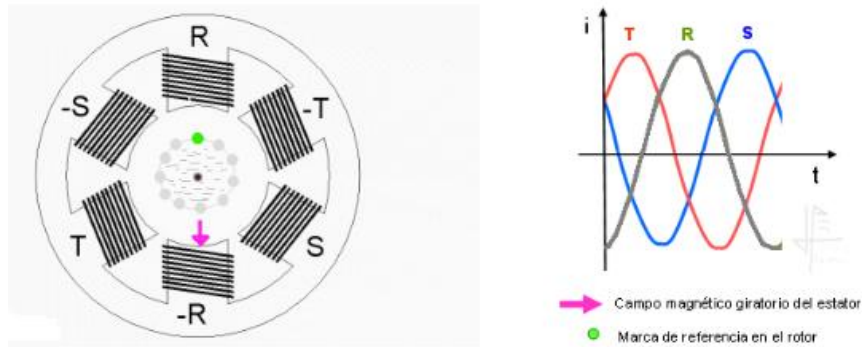


Fig. 2. 56 Acción de los campos magnéticos  
Editado por: Lenin Carrazco

En la Fig. 2.57 podemos observar cómo el campo magnético giratorio del estator (flecha rosa), creado por el sistema de corrientes trifásica R,S,T y que gira a una velocidad  $N_s$  corta los conductores del rotor, que gira a una velocidad  $N_r$  (punto verde) que siempre será menor que  $N_s$ , además de las curvas en donde se demuestra el desfase entre líneas.



### Partes del motor trifásico de corriente alterna

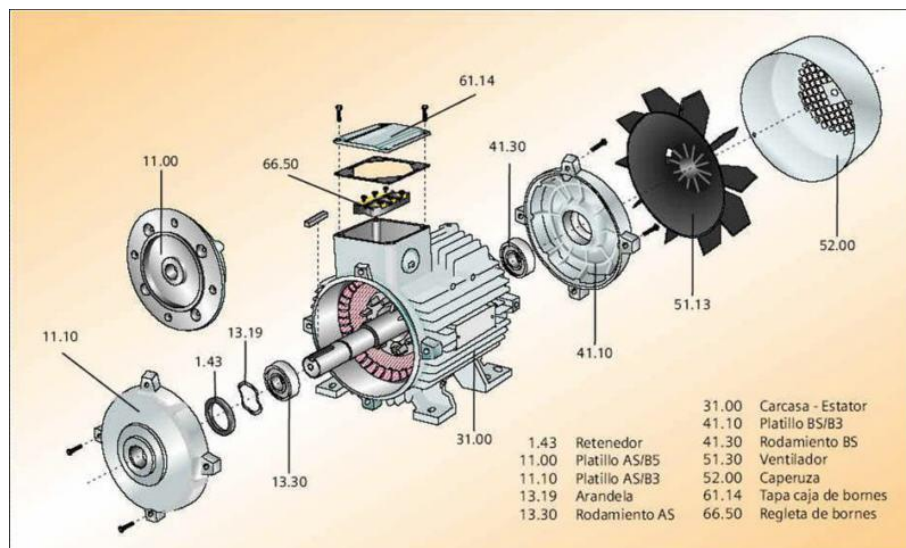


Fig. 2. 58 Partes de un motor trifásico  
Editado por: Lenin Carrazco

Un motor trifásico consta de dos partes principales, el estator y el rotor.

- La carcasa o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
- El estator consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatórico, que es una parte fija y unida a la carcasa.



- El rotor consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.
- El eje está sujetado por unos rodamientos a cada extremo que permiten la rotación, estos rodamientos están montados a unas tapas y asegurados por anillos retenedores y todo el conjunto va sujeto a la carcasa.

**b) Motor trifásico con rotor bobinado**

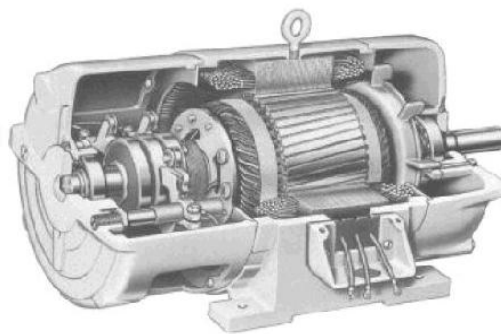


Fig. 2. 59 Motor trifásico asíncrono de rotor bobinado  
 Fuente: tuveras.com  
 Editado por: Lenin Carrazco

La principal característica de este motor, es que los bobinados del rotor son similares a los del estator con el que está asociado. El número de fases no tiene por qué ser el mismo que las del estator, lo que si tiene que ser igual es el número de polos. Los devanados del rotor están conectados a anillos colectores montados sobre el mismo eje.

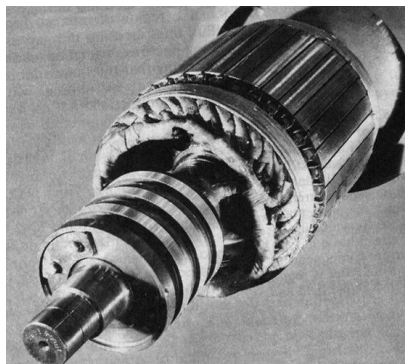


Fig. 2. 60 Rotor bobinado  
 Fuente: tuveras.com  
 Editado por : Lenin Carrazco

Se utiliza en aquellos casos en los que la transmisión de potencia es demasiado elevada (a partir de 200 kW) y es necesario reducir las corrientes de arranque. También se utiliza en aquellos casos en los que se desea regular la velocidad del eje.

En el rotor se aloja un conjunto de bobinas que además se pueden conectar al exterior a través de anillos rozantes. Colocando resistencias variables en serie a los bobinados del rotor se consigue suavizar las corrientes de arranque. De la misma manera, gracias a un conjunto de resistencias conectadas a los bobinados del rotor, se consigue regular la velocidad del eje.

### c) Motor trifásico con rotor tipo jaula de ardilla

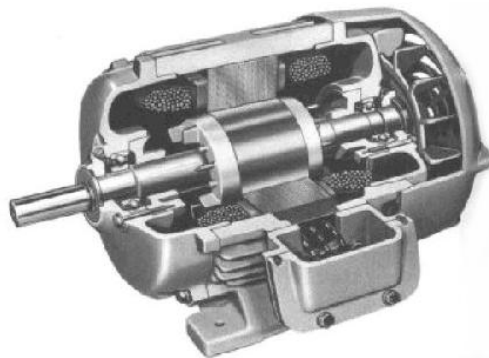


Fig. 2. 61 Motor trifásico jaula de ardilla  
Fuente: tuveras.com  
Editado por : Lenin Carrazco

En este tipo de motor, los conductores del rotor están igualmente distribuidos por la periferia del rotor. Los extremos de estos conductores están cortocircuitados, por tanto no hay posibilidad de conexión de los devanados del rotor con el exterior. La posición inclinada de las ranuras mejora las propiedades de arranque y disminuye el ruido.



Fig. 2. 62 Rotor tipo jaula de ardilla  
Fuente: tuveras.com  
Editado por : Lenin Carrazco

El rotor jaula de ardilla está formado por varillas conductoras alojadas en ranuras que existen en el hierro del propio rotor y cortocircuitadas en ambos extremos mediante dos anillos planos conductores dispuestos en cada lado del rotor.

Supongamos que

**n** : rpm del rotor

**ns** : rpm del estator (velocidad síncrona, velocidad del campo rotatorio del estator)

El rotor se retrasa respecto al campo del estator en:

$$n = n_s - n$$

El deslizamiento se expresa por:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Es decir:

$$n = n_s (1 - s)$$

El movimiento relativo entre los conductores del rotor respecto al flujo, induce en ellos una tensión a una frecuencia  $s \cdot f$ , llamada frecuencia de deslizamiento.

Cuando el rotor está girando en la misma dirección que el campo inductor, la frecuencia de las corrientes rotóricas es  $s \cdot f$ .

El campo creado por estas corrientes rotóricas girará a la velocidad:

Con respecto al rotor, adelantándose.

La velocidad del campo del rotor será:

$$n + n = n + s \quad n_s = n_s (1 - s) + s \quad n_s = n_s$$

Es decir, ambos campos el del estator y el del rotor permanecen estacionarios uno respecto al otro creándose un torque constante.

#### **2.4. Variador de velocidad de motores trifásicos**

Una gran parte de los equipos utilizados en la industria moderna funcionan a velocidades variables, como por ejemplo los trenes laminadores, los mecanismos de elevación, las máquinas-herramientas, etc. En los mismos se requiere un control preciso de la velocidad para lograr una adecuada productividad, una buena terminación del producto elaborado, o garantizar la seguridad de personas y bienes.

El estudio de este fenómeno para cada caso particular tiene una gran importancia práctica, ya que la elección correcta de las características de los motores y variadores a instalar para un servicio determinado, requieren el conocimiento de las particularidades de éste producto.

La regulación de velocidad puede realizarse por métodos mecánicos, como poleas o engranajes, o por medios eléctricos.

La máquina de inducción alimentada con corriente C.A., especialmente la que utiliza un rotor en jaula de ardilla, es el motor eléctrico más común en todo tipo de aplicaciones industriales y el que abarca un margen de potencias mayor. Pero no basta conectar un motor a la red para utilizarlo correctamente, sino que existen diversos elementos que contribuyen a garantizar un funcionamiento seguro.

La fase de arranque merece una especial atención. El par debe ser el necesario para mover la carga con una aceleración adecuada hasta que se alcanza la velocidad de funcionamiento en régimen permanente, procurando que no aparezcan problemas eléctricos o mecánicos capaces de perjudicar al motor, a la instalación eléctrica o a los elementos que hay que mover.

El motor de corriente alterna, a pesar de ser un motor robusto, de poco mantenimiento, liviano e ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales, tiene el inconveniente de ser un motor rígido en cuanto a su velocidad. La velocidad del motor asincrónico depende de la forma constructiva del motor y de la frecuencia de alimentación. Como la frecuencia de alimentación que entregan las compañías de electricidad es constante, la velocidad de los motores asincrónicos es constante, salvo que se varíe el número de polos, el resbalamiento o la frecuencia.

El método más eficiente de controlar la velocidad de un motor eléctrico es por medio de un variador electrónico de frecuencia. No se requieren motores especiales, son mucho más eficientes y tienen precios cada vez más competitivos.

El variador de frecuencia regula la frecuencia del voltaje aplicado al motor, logrando modificar su velocidad. Sin embargo, simultáneamente con el cambio de frecuencia, debe variarse el voltaje aplicado al motor para evitar la saturación del flujo magnético con una elevación de la corriente que dañaría el motor.

### **a) Descripción**

Los variadores son convertidores de energía encargados de modular la energía que recibe el motor. Otra definición sería, los variadores de velocidad son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Los variadores de velocidad son dispositivos electrónicos que permiten variar la velocidad y la cupla de los motores asincrónicos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Se utilizan estos equipos cuando las necesidades de la aplicación sean:

- Dominio de par y la velocidad

- Regulación sin golpes mecánicos
- Movimientos complejos
- Mecánica delicada

El control de los motores eléctricos mediante conjuntos de conmutación “Todo o Nada” es una solución bien adaptada para el accionamiento de una amplia gama de máquinas. No obstante, conlleva limitaciones que pueden resultar incómodas en ciertas aplicaciones.

### **b) Problemas que surgen en el arranque de motores asíncronos**

- El pico de corriente en el arranque puede perturbar el funcionamiento de otros aparatos conectados a la red,
- Las sacudidas mecánicas que se producen durante los arranques y las paradas pueden ser inaceptables para la máquina así como para la seguridad y comodidad de los usuarios,
- Funcionamiento a velocidad constante.

Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos eliminan estos inconvenientes. Adecuados para motores de corriente tanto alterna como continua, garantizan la aceleración y deceleración progresivas y permiten adaptar la velocidad a las condiciones de explotación de forma muy precisa. Según la clase del motor, se emplean variados de tipo rectificador controlado, convertidor de frecuencia o regulador de tensión.

### **c) Factores a tener en cuenta a la hora de diseñar un sistema de regulación de velocidad.**

- a) Límites o gama de regulación.
- b) Progresividad o flexibilidad de regulación.
- c) Rentabilidad económica.
- d) Estabilidad de funcionamiento a una velocidad dada.

- e) Sentido de la regulación (aumento o disminución con respecto a la velocidad nominal).
- f) Carga admisible a las diferentes velocidades.
- g) Tipo de carga (par constante, potencia constante, etcétera).
- h) Condiciones de arranque y frenado.
- l) Condiciones ambientales (temperatura, humedad, etc.)
- j) Tipo de motor (potencia, corriente, voltaje, etc.).
- k) Rangos de funcionamiento (vel. máx., mín.)
- l) Aplicación como o multimotor.
- m) Consideraciones de la red (microinterrupciones, fluctuaciones de tensión, armónicas, factor de potencia, corriente de línea disponible).

Tabla 2. 4 Comparación de las características de funcionamiento en uso normal y con un variador de velocidad.

<b>Motor Asíncrono</b>	<b>...en uso normal</b>	<b>...con variador de velocidad</b>
Corriente de Arranque	Muy elevada en el valor de 6 a 8 veces la nominal en valor eficaz, de 15 a 20 en valor cresta	Limitada en el motor (cerca de 1.5 veces del nominal)
Arranque	Brutal, cuya dirección solo depende de las características del motor y la carga que arrastra	Progresivo, sin brusquedades y controlado.
Velocidad	Variando ligeramente según la carga (próxima a la velocidad de sincronismo $N_s$ )	Variación posible desde cero hasta un valor superior a la velocidad de sincronismo $N_s$
Par Máximo $C_m$	Elevado, de 2 a 3 veces el par nominal	Elevado, disponible para todo el rango de velocidades (del orden de 1.5 veces el par nominal).

Frenado Eléctrico	Relativamente complejo, necesita protecciones y un esquema particular.	Fácil
Inversión del sentido de marcha	Fácil, solamente después de la parada del motor	Fácil
Riesgo de bloqueo	Sí, en caso de exceso de par o en caso de bajada de tensión.	No

Fuente: rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf

Editado por : Lenin Carrazco

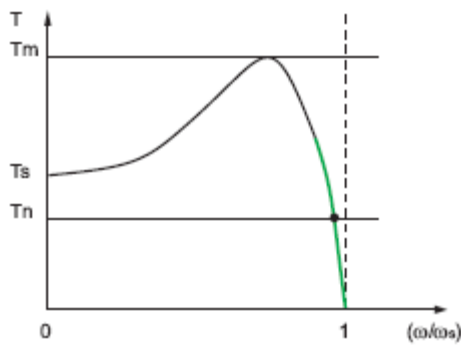


Fig. 2. 63 Diagrama par-velocidad de un motor alimentado en directo.

Fuente: rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf

Editado por : Lenin Carrazco

La zona de funcionamiento del motor en el plano par-velocidad está limitada a la parte verde de la curva de la Fig. 2.63 y 2.64

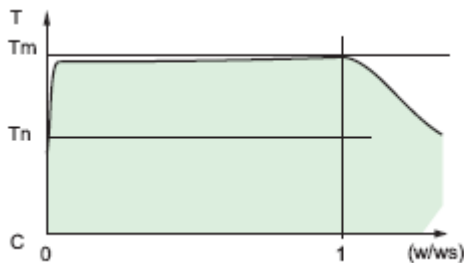


Fig. 2. 64 Diagrama par de velocidad de un motor alimentado con un variador

Fuente: rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf

Editado por: Lenin Carrazco



#### **d) Ventajas de la utilización del Variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos**

- El variador de velocidad no tiene elementos móviles, ni contactos.
- La conexión del cableado es muy sencilla.
- Permite arranques suaves, progresivos y sin saltos.
- Controla la aceleración y el frenado progresivo.
- Limita la corriente de arranque.
- Permite el control de rampas de aceleración y deceleración regulables en el tiempo.
- Consigue un ahorro de energía cuando el motor funcione parcialmente cargado, con acción directa sobre el factor de potencia
- Puede detectar y controlar la falta de fase a la entrada y salida de un equipo. Protege al motor.
- Puede controlarse directamente a través de un autómatas o microprocesador.
- Se obtiene un mayor rendimiento del motor.
- Nos permite ver las variables (tensión, frecuencia, r.p.m, etc...).

#### **e) Inconvenientes de la utilización del variador de Velocidad en el arranque de motores asíncronos**

- Es un sistema caro, pero rentable a largo plazo.
- Requiere estudio de las especificaciones del fabricante.
- Requiere un tiempo para realizar la programación.

#### **f) Composición de un variador de frecuencia**

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

- **Etapa Rectificadora.** Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- **Etapa intermedia.** Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

- **Inversor o "Inverter"**. Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.

- **Etapas de control.** Esta etapa controla los IGBT para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia

El Inversor o Inverter convierte la tensión continua de la etapa intermedia en una tensión de frecuencia y tensión variables. Los IGBT envían pulsos de duración variable y se obtiene una corriente casi senoidal en el motor.

La frecuencia portadora de los IGBT se encuentra entre 2 a 16KHz. Una portadora con alta frecuencia reduce el ruido acústico del motor pero disminuye el rendimiento del motor y la longitud permisible del cable hacia el motor. Por otra parte, los IGBT's generan mayor calor.

Las señales de control para arranque, parada y variación de velocidad (potenciómetro o señales externas de referencia) estén aisladas galvánicamente para evitar daños en sensores o controles y evitar ruidos en la etapa de control.

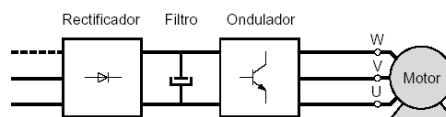


Fig. 2. 65 Esquema de principio de un convertidor de frecuencia  
Fuente: [rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf](http://rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf)  
Editado por: Lenin Carrazco

Suministra, a partir de una red de corriente alterna de frecuencia fija, una tensión alterna trifásica, de valor eficaz y frecuencia variables. La alimentación del variador puede ser monofásica para pequeñas potencias (orden de magnitud de algunos KW) y trifásica para los mayores. Ciertos variadores de pequeña potencia aceptan indistintamente tensiones de alimentaciones mono y trifásicas. La tensión de salida del variador es siempre trifásica. De hecho, los motores asíncronos monofásicos no son adecuados para ser alimentados mediante convertidores de frecuencia.

Los convertidores de frecuencia alimentan los motores de jaula estándar con todas las ventajas de estos motores: estandarización, bajo coste, robustez, estanqueidad, ningún mantenimiento. Puesto que estos motores son auto-ventilados, el único límite para su empleo es el funcionamiento a baja velocidad porque se reduce esta ventilación. Si se requiere este funcionamiento hay que prever un motor especial con una ventilación forzada independiente.

### **g) Principales funciones de los variadores de velocidad electrónicos**

#### **Aceleración controlada**

La aceleración del motor se controla mediante una rampa de aceleración lineal o en «S».

Generalmente, esta rampa es controlable y permite por tanto elegir el tiempo de aceleración adecuado para la aplicación.

#### **Variación de velocidad**

Un variador de velocidad no puede ser al mismo tiempo un regulador. En este caso, es un sistema, rudimentario, que posee un mando controlado mediante las magnitudes eléctricas del motor con amplificación de potencia, pero sin bucle de realimentación: es lo que se llama «en bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante un valor de entrada (tensión o corriente) llamado consigna o referencia. Para un valor dado de la consigna,

esta velocidad puede variar en función de las perturbaciones (variaciones de la tensión de alimentación, de la carga, de la temperatura). El margen de velocidad se expresa en función de la velocidad nominal.

### Regulación de la velocidad

Un regulador de velocidad es un dispositivo controlado. Posee un sistema de mando con amplificación de potencia y un bucle de alimentación: se denomina, «bucle abierto».

La velocidad del motor se define mediante una consigna o referencia.

El valor de la consigna se compara permanentemente con la señal de alimentación, imagen de la velocidad del motor. Esta señal la suministra un generador tacométrico o un generador de impulsos colocado en un extremo del eje del motor.

Si se detecta una desviación como consecuencia de una variación de velocidad, las magnitudes aplicadas al motor (tensión y/o frecuencia) se corrigen automáticamente para volver a llevar la velocidad a su valor inicial.

Gracias a la regulación, la velocidad es prácticamente insensible a las perturbaciones.

La precisión de un regulador se expresa generalmente en % del valor nominal de la magnitud a regular.

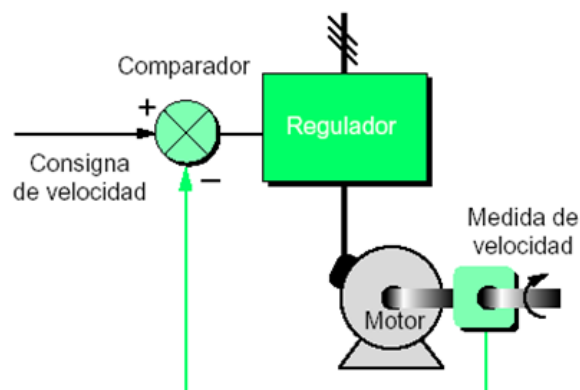


Fig. 2. 66 Principio de funcionamiento de la regulación de velocidad

Fuente: [rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf](http://rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf)

Editado por: Lenin Carrazco

## **Deceleración controlada**

Cuando se desconecta un motor, su deceleración se debe únicamente al par resistente de la máquina (deceleración natural). Los arrancadores y variadores electrónicos permiten controlar la deceleración mediante una rampa lineal o en «S», generalmente independiente de la rampa de aceleración.

Esta rampa puede ajustarse de manera que se consiga un tiempo para pasar de la velocidad de régimen fijada a una velocidad intermedia o nula:

Si la deceleración deseada es más rápida que la natural, el motor debe desarrollar un par resistente que se debe sumar al par resistente de la máquina; se habla entonces de frenado eléctrico, que puede efectuarse reenviando energía a la red de alimentación, o disipándola en una resistencia de frenado.

Si la deceleración deseada es más lenta que la natural, el motor debe desarrollar un par motor superior al par resistente de la máquina y continuar arrastrando la carga hasta su parada.

## **Inversión del sentido de marcha**

La mayoría de los variadores actuales tienen implementada esta función. La inversión de la secuencia de fases de alimentación del motor se realiza automáticamente o por inversión de la consigna de entrada, o por una orden lógica en un borne, o por la información transmitida a mediante una red.

## **Frenado**

Este frenado consiste en parar un motor pero sin controlar la rampa de desaceleración. Con los arrancadores y variadores de velocidad para motores asíncronos, esta función se realiza de forma económica inyectando una corriente continua en el motor, haciendo funcionar de forma especial la etapa de potencia. Toda la energía mecánica se disipa en el rotor de la máquina y, por tanto, este frenado sólo puede ser intermitente. En el caso de un variador

para motor de corriente continua, esta función se realiza conectando una resistencia en bornes del inducido.

### **Protección integrada**

Los variadores modernos aseguran tanto la protección térmica de los motores como su propia protección. A partir de la medida de la corriente y de una información sobre la velocidad (si la ventilación del motor depende de su velocidad de rotación), un microprocesador calcula la elevación de temperatura de un motor y suministra una señal de alarma o de desconexión en caso de calentamiento excesivo.

Además, los variadores, y especialmente los convertidores de frecuencia, están dotados de protecciones contra:

- Los cortocircuitos entre fases y entre fase y tierra,
- Las sobretensiones y las caídas de tensión,
- Los desequilibrios de fases,
- El funcionamiento en monofásico.

### **h) Principales tipos de variadores**

#### **Convertidor de frecuencia para motor asíncrono**

Suministra, a partir de una red de corriente alterna de frecuencia fija, una tensión alterna trifásica, de valor eficaz y frecuencia variable. La alimentación del variador puede ser monofásica para pequeñas potencias (orden de magnitud de algunos kW) y trifásica para los mayores. Ciertos variadores de pequeña potencia aceptan indistintamente tensiones de alimentaciones mono y trifásicas. La tensión de salida del variador es siempre trifásica. De hecho, los motores asíncronos monofásicos no son adecuados para ser alimentados mediante convertidores de frecuencia.

Los convertidores de frecuencia alimentan los motores de jaula estándar con todas las ventajas de estos motores: estandarización, bajo coste, robustez, estanqueidad, ningún mantenimiento. Puesto que estos motores son auto-ventilados, el único límite para su empleo es el funcionamiento a baja velocidad porque se reduce esta ventilación. Si se requiere este funcionamiento hay que prever un motor especial con una ventilación forzada independiente.

### Regulador de tensión para el arranque de motores asíncronos

Suministra, a partir de una red de corriente alterna, una corriente alterna de frecuencia fija igual a la de la red, mediante el control del valor eficaz de la tensión, modificando el ángulo de retardo de disparo de los semiconductores de potencia (dos tiristores montados en antiparalelo en cada fase del motor).

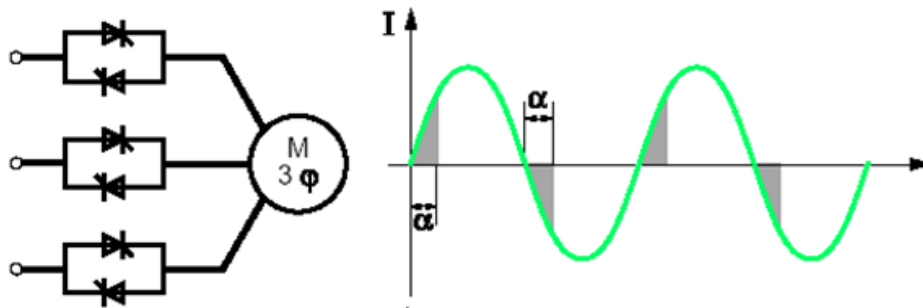


Fig. 2. 67 Arrancador para un motor asíncrono y forma de onda de la corriente de alimentación

Fuente: [rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf](http://rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf)

Editado por: Lenin Carrasco

#### i) Composición

Los arrancadores y variadores de velocidad electrónicos se componen de dos módulos generalmente montados en una misma envoltura.

- Un módulo de control que controla el funcionamiento del aparato,
- Un módulo de potencia que alimenta el motor con energía eléctrica.

## **El módulo de control**

En los arrancadores y variadores modernos, todas las funciones se controlan mediante un microprocesador que gestiona la configuración, las órdenes transmitidas por un operador o por una unidad de proceso y los datos proporcionados por las medidas como la velocidad, la corriente, etcétera.

Las capacidades de cálculo de los microprocesadores, así como de los circuitos dedicados (ASIC) han permitido diseñar algoritmos de mando con excelentes prestaciones y, en particular, el reconocimiento de los parámetros de la máquina arrastrada. A partir de estas informaciones, el microprocesador gestiona las rampas de aceleración y deceleración, el control de la velocidad y la limitación de corriente, generando las señales de control de los componentes de potencia. Las protecciones y la seguridad son procesadas por circuitos especializados (ASIC) o están integradas en los módulos de potencia (IPM).

Los límites de velocidad, las rampas, los límites de corriente y otros datos de configuración, se definen usando un teclado integrado o mediante PLC (sobre buses de campo) o mediante PC.

Del mismo modo, los diferentes comandos (marcha, parada, frenado...) pueden proporcionarse desde interfaces de diálogo hombre/máquina, utilizando autómatas programables o PC.

Los parámetros de funcionamiento y las informaciones de alarma, y los defectos pueden verse mediante displays, diodos LED, visualizadores de segmentos o de cristal líquido o pueden enviarse hacia la supervisión mediante un bus de terreno.

Los relés, frecuentemente programables, proporcionan información de:

- fallos (de red, térmicos, de producto, de secuencia, de sobrecarga),
- vigilancia (umbral de velocidad, pre-alarma, final de arranque).



Las tensiones necesarias para el conjunto de circuitos de medida y de control son proporcionadas por una alimentación integrada en el variador y separadas galvánicamente de la red.

### El módulo de potencia

El módulo de potencia está principalmente constituido por:

- Componentes de potencia (diodos, tiristores, IGBT...),
- Interfaces de medida de las tensiones y/o corrientes,
- Frecuentemente de un sistema de ventilación.

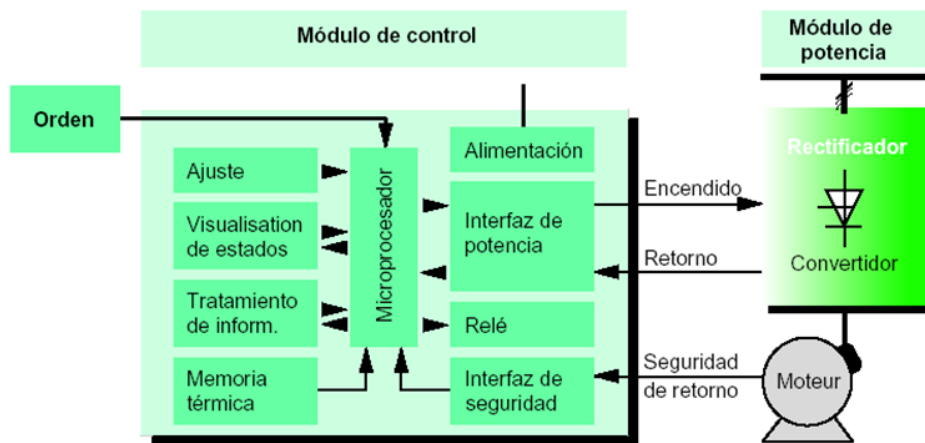


Fig. 2. 68 Estructura general de un variador de velocidad electrónico  
Fuente: rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf  
Editado por: Lenin Carrazco

### Componentes de Potencia

Los componentes de potencia son semiconductores que funcionan en «todo o nada», comparables, por tanto, a los interruptores estáticos que pueden tomar dos estados: abierto o cerrado.

Estos componentes, integrados en un módulo de potencia, constituyen un convertidor que alimenta, a partir de la red a tensión y frecuencia fijas, un motor eléctrico con una tensión y/o frecuencia variables.

Los componentes de potencia son la clave de la variación de velocidad y los progresos realizados estos últimos años han permitido la fabricación de variadores de velocidad económicos.

Los elementos semiconductores, tales como el silicio, tienen una resistividad que se sitúa entre los conductores y los aislantes. Sus átomos poseen 4 electrones periféricos. Cada átomo se asocia con 4 átomos próximos para formar una estructura estable con 8 electrones.

Un semiconductor de tipo P se obtiene añadiendo al silicio puro una pequeña cantidad de un elemento que posea 3 electrones periféricos. Le falta, por tanto, un electrón para formar una estructura de 8 electrones, lo que se convierte en un exceso de carga positiva.

Un semiconductor de tipo N se obtiene añadiendo un elemento que posea 5 electrones periféricos. Por tanto, hay un exceso de electrones, es decir, exceso de carga negativa.

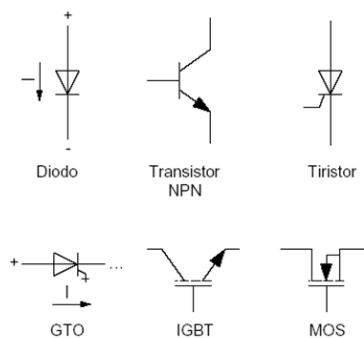


Fig. 2. 69 Símbolos de elementos semiconductores  
Editado por: Lenin Carrazco

### j) Funcionamiento a par constante

Se denomina funcionamiento a par constante cuando las características de la carga son tales, que, en régimen permanente, el par solicitado es sensiblemente constante sea cual sea la velocidad. Este modo de funcionamiento se utiliza en las cintas transportadoras y en las amasadoras. Para este tipo de aplicaciones, el variador debe tener la capacidad de proporcionar un par de arranque importante (1,5 veces o más el par nominal) para vencer los rozamientos estáticos y para acelerar la máquina (inercia)

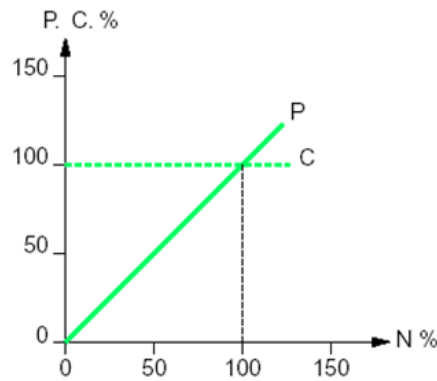


Fig. 2. 70 Curva de funcionamiento a par constante  
 Fuente: rincondelvago.com/variadores-de-velocidad.pdf  
 Editado por: Lenin Carrazco

## 2.5. Mecanismos de transmisión y transformación de movimiento

Un mecanismo transforma un movimiento y una fuerza de entrada en un movimiento y una fuerza de salida. La misión del mecanismo es transmitir el movimiento, transformarlo o ambas cosas a un tiempo. Los movimientos pueden ser:

Lineal: Movimiento en línea recta. Ejemplo: el desplazamiento de un coche en línea recta.

Lineal alternativo: Es un movimiento de avance y retroceso en línea recta. Durante un tiempo determinado el movimiento lleva una dirección y durante otro tiempo la dirección opuesta. Ejemplo: El pistón del motor de un coche.

Rotativo o giratorio: Es un movimiento en círculo en un sentido determinado. Ejemplo, las ruedas de un coche.

Oscilante: Es un movimiento de avance y retroceso describiendo un arco. Ejemplo un columpio o el péndulo de un reloj.

Un mecanismo está formado por una serie de órganos móviles, destinados a la transmisión y transformación del movimiento y de una serie de apoyos fijos que forman la estructura del mecanismo.

Las principales transformaciones de movimiento son:

- Circular continuo en circular continuo: Poleas unidas por correas, Engranajes, Ruedas de fricción.
- Circular continuo en rectilíneo continuo: Husillos, Piñón - Cremallera.

- Circular continuo en rectilíneo alternativo: Biela - Manivela, Excéntrica, balancín.
- Rectilíneo continuo en rectilíneo continuo: Poleas.

En la transformación de movimiento intervienen varios elementos como: árboles o ejes, poleas, ruedas, piñones, engranajes, correas, cadenas, bielas, etc.

### **2.5.1. Transformación de movimiento circular en movimiento circular**

En una transformación de movimiento circular en circular, siempre intervienen dos ejes: el eje motor que es el que produce el movimiento y el eje conducido que es el que lo recibe. En esta transformación de movimiento generalmente se persigue cambiar la velocidad, el sentido o la fuerza que puede desarrollar el eje conducido, aunque también se emplea para trasladar el movimiento entre ejes sin modificar la velocidad.

Definimos la relación de velocidades como el número de veces que es mayor la velocidad del eje motor con respecto a la velocidad del eje conducido, sea cual sea el sistema de transmisión y el número de pasos.

#### **a) Sistema Polea-Correa**

Transmite un movimiento giratorio de un eje a otro, pudiendo modificar sus características de velocidad y sentido. Normalmente los ejes tienen que ser paralelos, pero el sistema también puede emplearse con ejes cruzados a  $90^\circ$ .

El sistema se compone básicamente de dos ejes (conductor y conducido), dos poleas (conductora y conducida) y una correa, a los que se les puede añadir otros operadores como poleas locas o tensores cuya finalidad es mejorar el comportamiento del sistema.

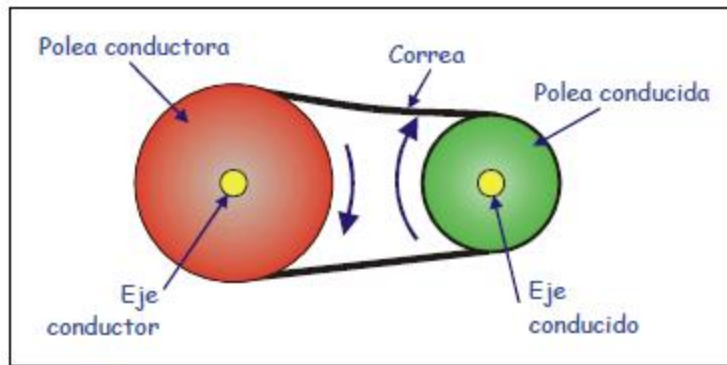


Fig. 2. 71 Configuración del sistema polea-correa  
Fuente: tx-mecanismos-para-transmision-de-movimiento  
Editada por: Lenin Carrazco

La finalidad de cada operador del sistema es:

- El eje conductor es el eje motriz, el que dispone del movimiento que tenemos que transmitir al otro eje.
- El eje conducido es el eje que tenemos que mover.
- Polea conductora es la que está unida al eje conductor
- Polea conducida es la que está unida al eje conducido.
- La Correa es un aro flexible que abraza ambas poleas y transmite el movimiento de una a otra.

Puede resultar interesante observar que los dos tramos de la correa no se encuentran soportando el mismo esfuerzo de tensión: uno de ellos se encuentra bombeado (flojo) mientras que el otro está totalmente tenso dependiendo del sentido de giro de la polea conductora (en la figura anterior el tramo superior estaría flojo mientras el inferior estaría tenso).

Este sistema de transmisión de movimientos tiene muchas ventajas: mucha fiabilidad, bajo coste, funcionamiento silencioso, no precisa lubricación, tiene una cierta elasticidad... Por estas razones es tan usado en aparatos electrodomésticos (neveras, lavadoras, lavavajillas...), electrónicos (aparatos de vídeo y audio, disqueteras...) y en algunos mecanismos de los motores térmicos (ventilador, distribución, alternador, bomba de agua...).

Su principal desventaja consiste en que cuando la tensión es muy alta la correa puede llegar a salirse de la polea, lo que en algunos casos puede llegar a provocar alguna avería más seria.

### **Relación de velocidades**

La transmisión de movimientos entre los dos ejes está en función de los diámetros de las dos poleas, cumpliéndose en todo momento:

$$D1 \times N1 = D2 \times N2$$

Definiendo la **relación de velocidades** como:

$$i = \frac{\text{Velocidad eje conductor}}{\text{Velocidad eje conducido}} = \frac{\text{Diámetro polea conducida}}{\text{Diámetro polea conductora}}$$

$$I = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

Donde:

**D1** Diámetro Polea conductora

**D2** Diámetro Polea conducida.

**N1** Velocidad de giro Polea conductora

**N2** Velocidad de giro Polea conducida.

# CAPÍTULO III

## DESARROLLO DEL TEMA

### 3.1. PRELIMINARES

#### 3.1.1. Estudio Técnico

##### 3.1.1.1. Estudio básico del módulo de comprobación para los arrancadores generadores

El módulo de comprobación consta de una parte mecánica y una parte eléctrica; la parte mecánica se constituye de un motor eléctrico que será el que arrastre al generador a la velocidad de operación mediante un sistema de poleas y una banda que multiplicará 2.5 veces la velocidad del motor y de esta manera harán girar un eje soportado por dos chumaceras en donde el generador será engranado y sujetado por un soporte removible montado en una base fija mediante pernos, además cuenta con otro poste en la parte trasera del generador y todo este conjunto montado sobre una mesa sujeta al piso.

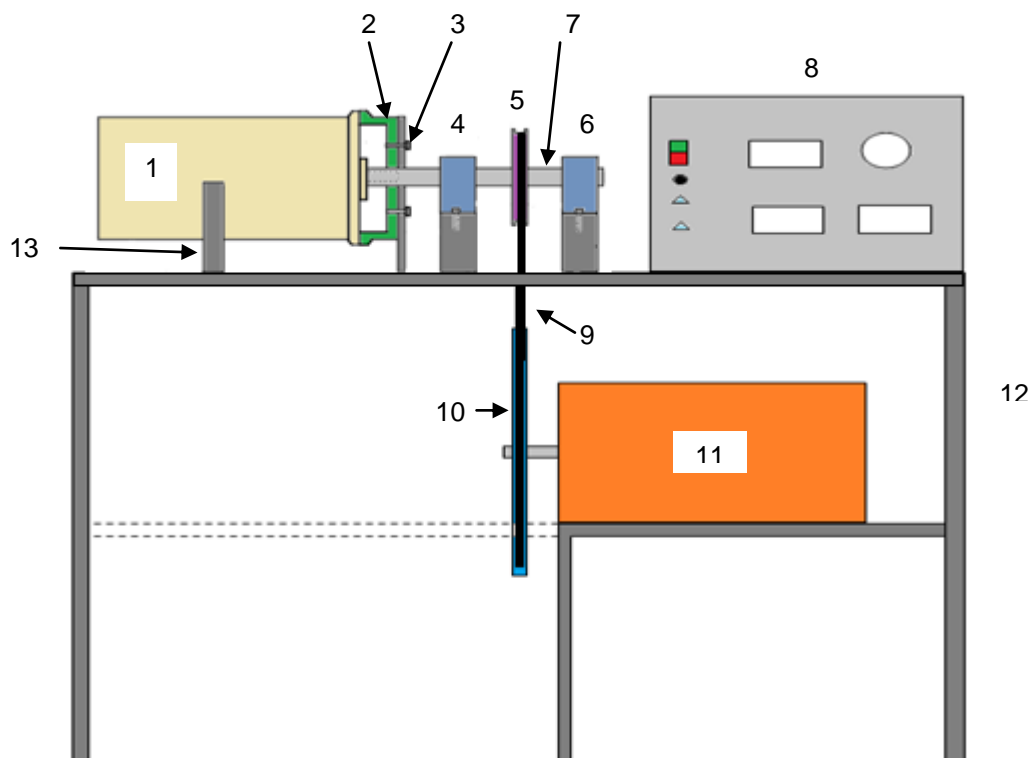


Fig. 3. 1 Componentes del módulo de comprobación  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

1. Arrancador generador (removible)
2. Soporte del generador (removible)
3. Base para el soporte (fija)
4. Chumacera (fija)
5. Polea menor (fija)
6. Chumacera (fija)
7. Eje (fijo)
8. Panel de control e instrumentos (fijo)
9. Banda (fija)
10. Polea Mayor (fija)
11. Motor eléctrico (fija)
12. Mesa (fija)
13. Poste de soporte (fijo)

La parte eléctrica está formada por un dispositivo variador de velocidad que permitirá controlar la velocidad del motor y consecuentemente la del generador, una fuente de voltaje que alimentará al bobinado de campo del generador, un tacómetro que indica la velocidad a la que opera el generador, un voltímetro de CD muestra el voltaje generado, , un amperímetro de carga a la salida del generador y un banco de resistencias de carga al cual será sometido la corriente generada y todos los instrumentos van montados en un panel a lado derecho del conjunto generador-eje

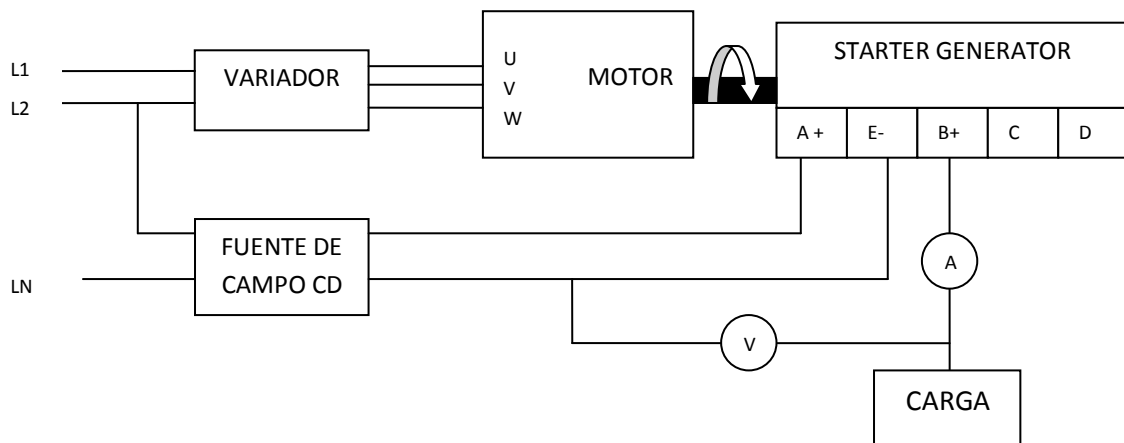


Fig. 3. 2 Diagrama de bloques de componentes eléctricos

Fuente: Investigación de campo

Editado por: Lenin Carrazco



### **3.1.1.2. Estudio de alternativas para la elección del motor**

#### **Aspectos que se analizaron para la elección del motor, para el módulo de comprobación.**

Previo a la elección del motor eléctrico idóneo que se emplearía en el módulo de comprobación, se realizó un análisis sencillo de los siguientes aspectos: en primer lugar se buscó un motor con una potencia suficiente para mover un tren de potencia que se asemeje tanto en el funcionamiento de una turbina<sup>1</sup> rotando al eje del generador, segundo se analizó los motores existentes en stock en la bodega de AMSA y en tercer lugar el costo de cada uno de los motores que se desprendió del análisis anterior, ya que el factor económico influye notablemente en la adquisición.

#### **a) Motor de corriente alterna trifásico asíncrono**

Después del análisis se determinó que la mejor opción era adquirir y utilizar un motor trifásico tipo jaula de ardilla, ya que cumplía con las siguientes características:

- Es un motor trifásico no muy robusto.
- Es un motor que tiene una alta velocidad como la requerida en este proyecto.
- Es un motor eléctrico básico utilizado mucho en el campo industrial.
- Es un motor con un alto factor de potencia.
- Es un motor muy comercial y con amplia gama de repuestos.
- Es un motor con un mantenimiento relativamente fácil.

El motor seleccionado es un motor de marca WEG y en su placa se especifica:

---

<sup>1</sup> Llamado así a aquellos motores a reacción utilizados en aviación que su principio de funcionamiento es el movimiento de una turbina de potencia por la expansión de gases.

Tabla 3. 1 Características de placa del motor trifásico

MODELO	56H0783
FRECUENCIA	60Hz
POTENCIA	3Cv
VELOCIDAD	3465 rpm
VOLTAJE	220V $\Delta$ /380V Y
CORRIENTE	8.5 A $\Delta$ / 4.9A Y
AISLAMIENTO	B

Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Este tipo de motor es frecuentemente utilizado en sistemas de bombeo de agua por “jet pump”, bombas comerciales e industriales, bombas residenciales, bombas centrífugas y bombas hidráulicas.



Fig. 3. 3 Motor eléctrico trifásico WEG  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Las principales características de este tipo de motor son:

- Grado de protección: IP21
- Carcasas: chapa de acero
- Potencias: 1/3 hasta 3cv (carcasas A56 hasta F56H) en 2 polos
- Aislamiento: clase "B"
- Categoría: N
- Tensiones: 220/380V

- Color: Negro Fosco (sin pintura)
- Norma NEMA MG -1
- Ventilación Interna de plástico
- Punta de eje con rosca o llaveta
- Brida FC 149
- Sentido de giro: ante horario
- Material del eje SAE 1040/45
- Forma constructiva B34D
- Rodamientos: bolas huelga ZZ

#### Opcionales Principales

- Aislamiento clase F
- Otras tensiones
- Eje en acero inoxidable
- Sin patas y con brida
- Sin patas
- Brida FC95
- Sellos del tipo retén, con o sin resorte
- Forma constructiva B14D, V18, V19

#### **3.1.1.3. Estudio de alternativas para la selección del variador de velocidad**

Los variadores de velocidad (drives) son dispositivos que permiten variar la velocidad en un motor controlando electrónicamente el voltaje y la frecuencia entregada al motor, manteniendo el torque constante (hasta la velocidad nominal). Su uso en cargas de torque cuadrático (bombas y ventiladores) permite ahorrar energía significativamente.

La manera más práctica y rentable de controlar la velocidad de un motor trifásico es mediante la utilización de un variador de frecuencia. En el capítulo anterior estudiamos los aspectos que se deben tomar en cuenta para la

elección de un variador de velocidad y su principio de funcionamiento así como su operación.

De este modo el variador seleccionado para el control del motor trifásico en el módulo de comprobación es de marca SIEMENS modelo G110 para motores trifásicos de 3HP.



Fig. 3. 4 Variador de velocidad Sinamic G110  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

El éxito de toda aplicación donde se utilice un variador de velocidad Siemens es establecer adecuadamente el torque o par (quien dará el trabajo requerido) así como las características del motor a controlar como:

- a.- Corriente máxima (considerando factor de servicio).
- b.- Voltaje nominal.
- c.- Frecuencia nominal.
- d.- El motor debe ser apto para ser controlado por un variador.

La correcta selección dependerá de la corriente y no de la potencia del motor. El variador deberá al menos cumplir con los valores del motor. En nuestro proyecto el variador cumple con las características nominales y es compatible con el variador de velocidad.

El par demandado por la carga aumenta a medida que la velocidad disminuye (inversamente proporcional), de forma que la potencia (par x velocidad) permanece constante. Aplicaciones: Bobinadoras y desbobinadores, máquinas de corte, tornos, taladros, sierras eléctricas, molinos, etc. El fabricante recomienda que para la “selección del Sinamics, favor considerar la aplicación como de par constante”<sup>1</sup>.

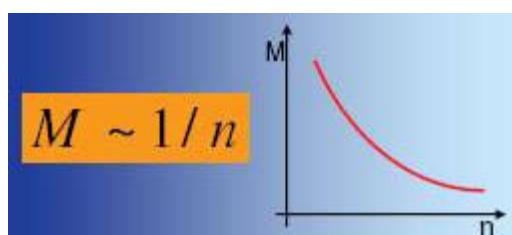


Fig. 3. 5 Curva par inverso  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Entendimiento de curva:

M: Torque o Par

n: Velocidad

Pmax: Potencia máxima a velocidad nominal

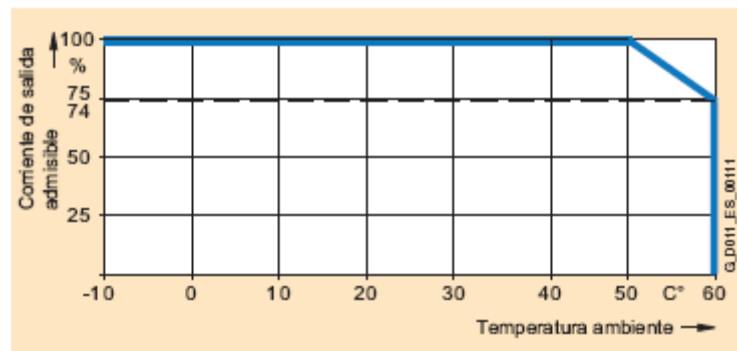
A temperaturas mayores a 50°C ó alturas de trabajo superiores a los 1.000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar), en caso de no tener una muy buena ventilación (ej: forzada) el equipo deberá ser derrateado (desclasificado), es decir la potencia real del variador será menor al que indica su placa, por lo que deberá considerarse variadores de mayor potencia para cubrir/compensar el derrateo.

La humedad, vibración y contaminación (ej: polvo, melaza, etc.), en cuyo caso deberán ser aislados o protegidos adecuadamente (gabinete con grado de protección idóneo).

---

<sup>1</sup> Referirse al Manual de Instalación SIEMENS Sinamics G110

### Temperatura ambiente



Sobrecarga alta (high overload HO)

### Altitud de instalación

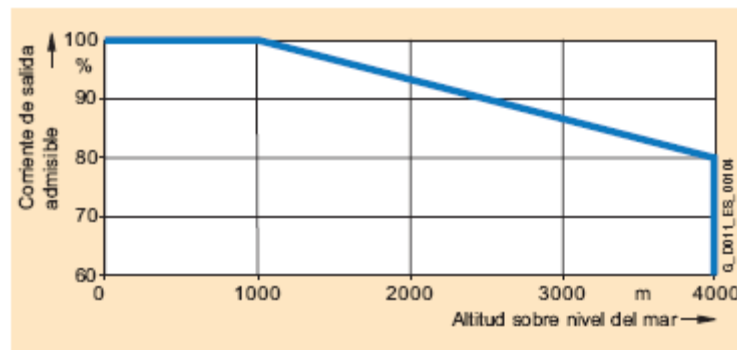


Fig. 3. 6 Rendimiento en condiciones ambientales  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Es recomendable que bajo existencias de cargas sensibles adyacentes a los variadores o si se quiere disminuir la generación de armónicos producto de los variadores, deberán instalarse inductancias de entrada (antes de los variadores a manera de filtros). Se lo pide como accesorio para cada modelo de variador Sinamics.

El variador Siemens proporcionará torque constante hasta los 60 Hz o su velocidad nominal. Luego de estos valores el torque disminuirá significativamente (el sistema podría “perder fuerza”), debido a la reducción de la corriente magnetizante y el consiguiente debilitamiento del campo magnético.

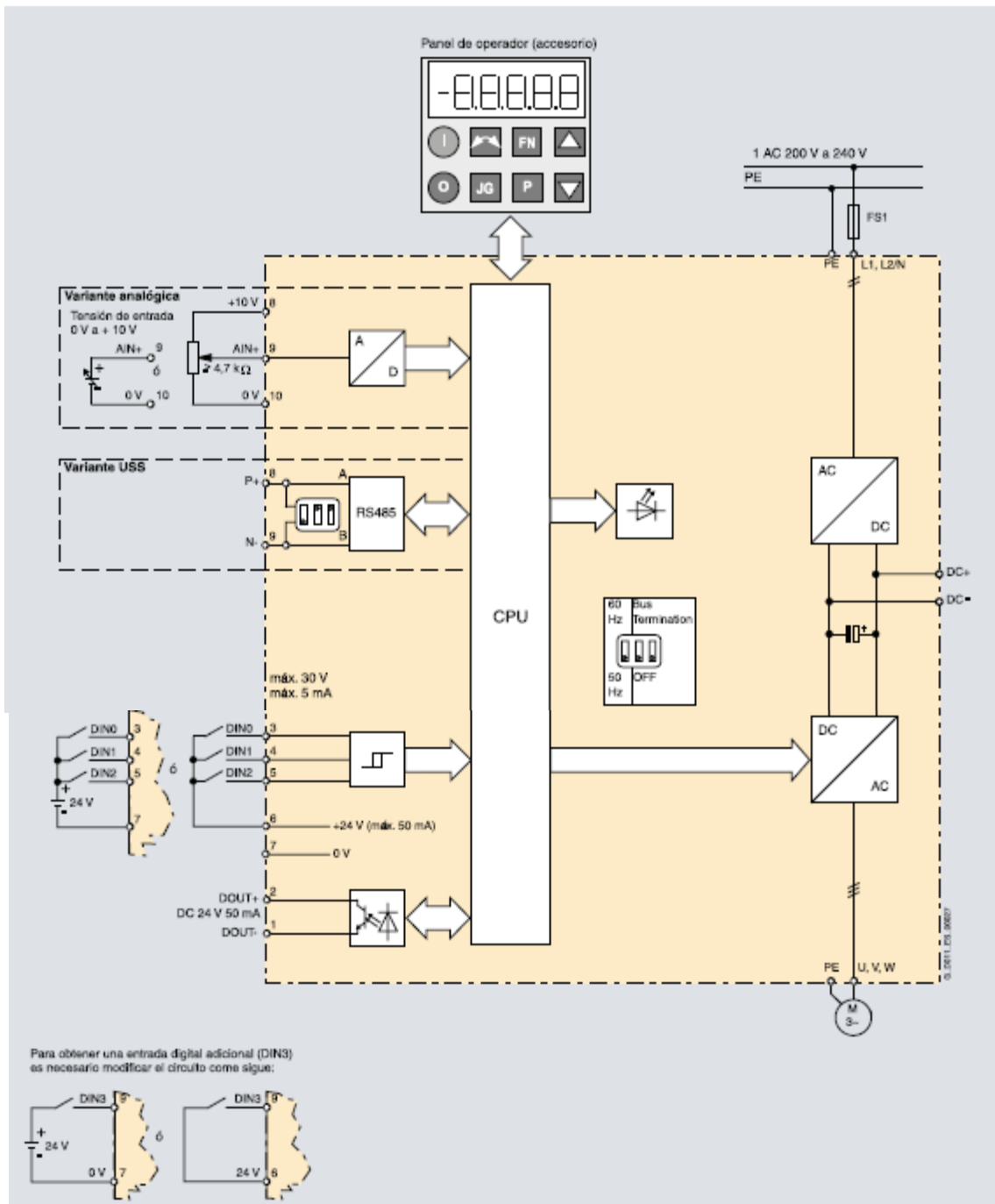


Fig. 3. 7 Diagrama de conexiones simplificado  
Fuente: Sitec Guía Técnica 2 SIEMENS  
Editado por: Lenin Carrasco

El Sinamic G110 cuenta con un módulo de potencia donde se realizan las conexiones y un panel removible de programación.

Para la puesta en servicio del variador de velocidad SINAMIC G110 requiere de una entrada bifásica, seleccionar el dip switch de frecuencia en 60 Hz, instalar los switches de arranque-parada, inversión de giro (opcional) y lo más

importante el potenciómetro de 10KΩ que será el dispositivo analógico externo para controlar la frecuencia de 0 a 60Hz y consecuentemente la velocidad del motor.

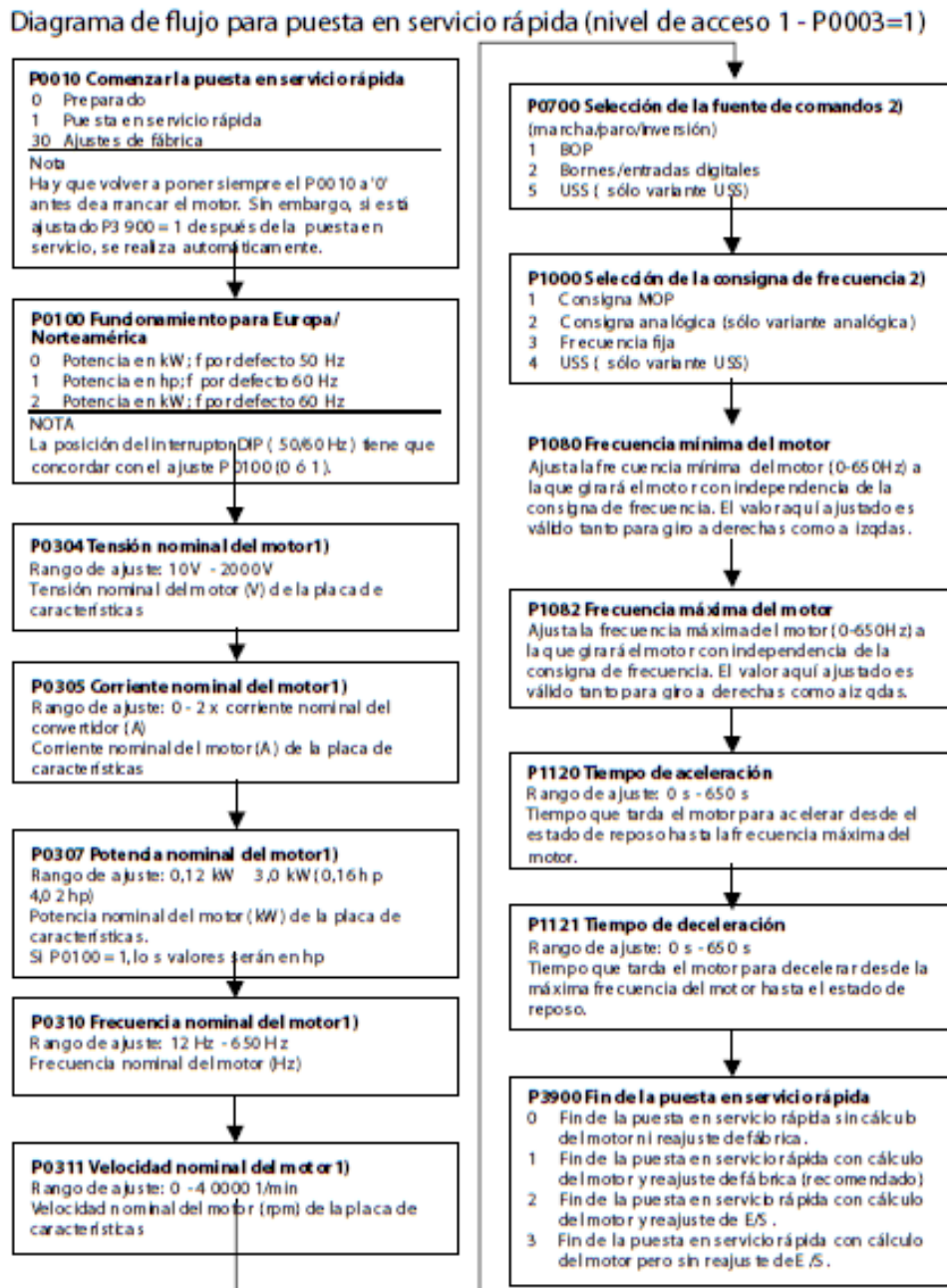


Fig. 3. 8 Diagrama de puesta en servicio rápida  
 Fuente: Sitec Guía Técnica 2 SIEMENS  
 Editado por: Lenin Carrasco

La puesta en servicio se suministra con un ajuste de fábrica que posibilita su aplicación, si se cumplen los siguientes requisitos:



- Los datos nominales del motor, tensión, corriente y frecuencia han sido introducidos en el convertidor para asegurar la compatibilidad entre motor y convertidor.
- Control lineal vía potenciómetro analógico.
- Velocidad máxima de 3600rpm controlada mediante un potenciómetro en la entrada analógica del convertidor.
- Tiempo de aceleración y desaceleración.

#### 3.1.1.4. Estudio del método de transmisión de potencia y movimiento

Una vez estudiados los métodos de transmisión de movimiento y potencia, la alternativa conveniente a nuestro fin es la transmisión por medio de poleas y banda, a más de lo anterior indicado es necesario multiplicar las rpm del motor en un 2.5 veces más para llevar a la velocidad de funcionamiento del generador para ser sometido a las pruebas consiguientes, pero para saber los tipos de polea y banda que vamos a utilizar es necesario realizar cálculos a continuación indicados basándose en una referencia estándar.

Datos

$$Cv = 3 = 2.9Hp$$

$$W_1 = 3465 \text{ rpm}$$

$$W_2 = 8662.5 \text{ rpm}$$

$$i = 2.3 = k$$

1. Relación de transmisión  $i$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{n_2}{n_1} \text{ nuestra relación de transmisión es } 2.3$$

2. Potencia de diseño (Potencia corregida)

$$C_1 = 1.2 \text{ (Ref. Tabla 1 Manual)}$$

$$Pc = C_1 \times Pot$$

$$Pc = 1.2(2.9hp)$$

$$P_c = 3.54hp$$

3. Selección de la banda

Banda tipo "A"

4. Diámetro primitivo (menor)

$$\phi = 100mm$$

5. Diámetro mayor

$$D = kxd$$

$$D = 2.3 \times 100mm$$

$$D = 230mm$$

6. Distancia entre ejes

$$\text{Si } 1 < k < 3 \text{ entonces } I = \frac{(k+1)d}{2} + 100$$

$$I = \frac{(2.5 + 1)100}{2} + 100$$

$$I = 275mm$$

7. Longitud de la banda

$$L = 2I + 1.57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4I}$$

$$L = 2(275) + 1.57(100 + 250) + \frac{(250 - 100)^2}{4 \times 275}$$

$$L = 550 + 549 + 20.45$$

$$L = 1119.95$$

$$L' = 1252.2mm$$

8. Distancia entre ejes real

$$\text{Si } L' < L \quad (-)$$

$$\text{Si } L' > L \quad (+)$$

$$I_{\text{real}} = I \pm \frac{(L - L')}{2}$$

$$I_{\text{real}} = 275 + \frac{(1119.95 - 1252.2)}{2}$$

$$I_{\text{real}} = 275 + (-66.125)$$

$$I_{\text{real}} = 208.87\text{mm}$$

9. Ángulo de contacto de la banda

Debe cumplir con

$$120 < \beta < 180$$

$$\beta = 180 - 57 \frac{(D - d)}{I_{\text{real}}}$$

$$\beta = 180 - 57 \frac{(250 - 100)}{208.87}$$

$$\beta = 139 \text{ entonces}$$

$$\underline{120 < 139 < 180}$$

10. Potencia transmisible

$$P_a = (P_b + P_d)C_\beta C_I$$

$$P_a = (3.1 + 0.65)(0.89)(1.086)$$

$$P_a = 2.8\text{hp}$$

11. Número de bandas

$$\# \text{bandas} = \frac{(P_c)}{(P_a)}$$

$$\# \text{bandas} = \frac{(3.54)}{(3.6)}$$

$$\# \text{bandas} = 0.98 \approx 1$$

12. Velocidad de la banda

$$V = \frac{0.052d_1N_1}{1000}$$

$$V = \frac{0.052(8662.5\text{rpm} \times 100\text{mm})}{1000}$$

$$V = 45 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

De acuerdo a lo calculado los materiales a utilizar en el sistema de transmisión de movimiento en la construcción del módulo de comprobación son:

- Una polea de 9" de diámetro



Fig. 3. 9 Polea de 9" de diámetro  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

- Una polea de 4" de diámetro



Fig. 3. 10 Polea de 4" de diámetro  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

- Una banda tipo "A" de 50"



Fig. 3. 11 Banda tipo A de 50"  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Una vez que se conoce el método de transmisión de movimiento, ahora es necesario de un conjunto de soporte, de un eje largo donde será engranado el generador y donde irá montada la polea menor como está mostrado en la Fig. 3.12

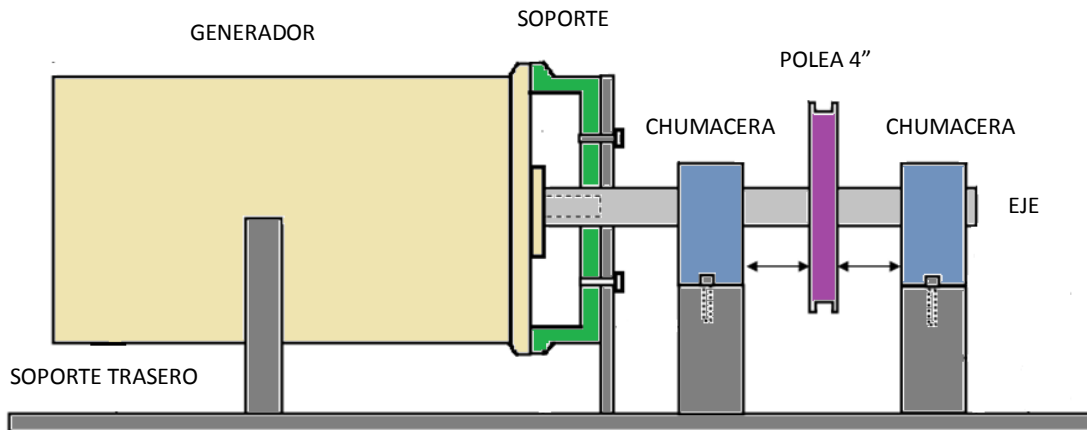


Fig. 3. 12 Diseño conjunto chumaceras-eje-polea  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

El eje es soportado por dos chumaceras de piso de 1 ¼ " diseñadas para soportar cargas radiales y axiales así también como para permitir que el eje gire libremente a altas velocidades.



Fig. 3. 13 Chumaceras de piso de 1 ¼ "  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Estas chumaceras son sujetadas al piso mediante pernos y su altura también será regulada según la necesidad por soportes debajo de éstas.

Una vez montado el conjunto eje-polea-chumaceras, es necesario el diseño de los soportes removibles que sujetarán al generador fijamente mediante una abrazadera, tomar en cuenta que los soportes son removibles debido a que los modelos de arrancadores generadores sometidos al test son diferentes y requieren otro diseño de acuerdo al diámetro del arrancador generador.

El material de construcción de los soportes debe ser altamente resistente y por esta razón el material seleccionado es el acero V945 que viene en bruto como un eje redondo de 170mm de diámetro y 120mm de espesor como se muestra en la fig.3.14 que será sometido al torno para obtener el soporte deseado como se explicará más adelante.



Fig. 3. 14 Eje redondo Acero V945

Fuente: Investigación de campo

Editado por: Lenin Carrazco

A continuación en la fig.3.15 se muestra el diseño del soporte que será utilizado para los arrancadores generadores modelo 23046-020 utilizados en los helicópteros Bell 212 series.

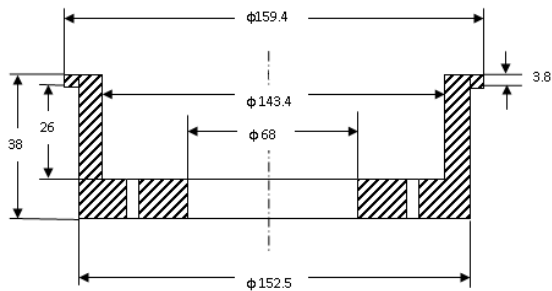


Fig. 3. 15 Diseño de soporte para el arrancador 23046-020  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

En el siguiente gráfico está el soporte que será utilizado para los arrancadores generadores modelo 23032-018 montados en los helicópteros Bell 206 series.

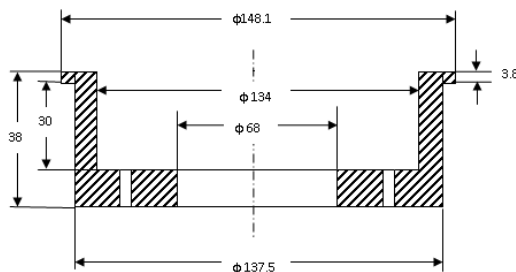


Fig. 3. 16 Diseño de soporte para el arrancador 23032-018  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

Y finalmente se tiene el diseño de la mesa en donde irán montados todos los componentes antes mencionados y estudiados, el material de ésta mesa serán ángulos en L de 40mm x 40mm y por 4mm de espesor, con una alta resistencia y capaz de soportar cargas. Ésta mesa será fijada al piso mediante montantes amortiguadores que absorberán la vibración ocasionada por la operación.



Fig. 3. 17 Diseño de la mesa del módulo de comprobación  
Fuente: Investigación de campo  
Editado por: Lenin Carrazco

### 3.1.2. Estudio Legal

- Uno de los fundamentos en los que sustenta este proyecto es la parte 145.101 en el que menciona que una estación de reparación certificada debe proporcionar, instalaciones facilidades, equipos, materiales, y datos que cumplan con los requerimientos aplicables para la emisión del certificado y habilitaciones que posee la estación de reparación.
- Un segundo fundamento es el existente en la parte 145.103 subparte C que dice: "Una estación de reparación certificada puede realizar mantenimiento, mantenimiento preventivo, o alteraciones en artículos fuera de sus facilidades, si proporciona instalaciones apropiadas que sean aceptables por la DGAC y cumple con los requerimientos de la



Sección 145.103(a) para que el trabajo se pueda realizar de conformidad con los requerimientos de la Parte 43 de las RDAC”.

- En la parte 145.109, apéndice A, indica indica que a menos que la DGAC prescriba lo contrario, una estación de reparación certificada tiene que tener el equipo, herramientas y materiales necesarios para realizar el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones de acuerdo a su certificado de estación de reparación y especificaciones operacionales y de conformidad con la Parte 43. Los equipos, herramientas y materiales tienen que estar localizados en las instalaciones y servicios y bajo el control de la estación de reparación cuando se está realizando el trabajo.
- Por último en la parte 145.109, subparte C ,enuncia ,los equipos, herramientas, y materiales tienen que ser de aquellos recomendados por el fabricante del artículo o tienen que ser al menos equivalentes a aquellos recomendados por el fabricante y aceptados por la DGAC.

### **3.1.3. Estudio económico**

Básicamente lo que se realizó en el estudio económico fue analizar el presupuesto de la construcción de este proyecto, para ello se basó en proformas que se cotizaron para los diferentes materiales y accesorios para la implementación, partiendo del estudio de factibilidad económico financiero que se realizó en el anteproyecto.

#### **a. Rubros**

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se tomó en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (Material)
- Maquinaria, herramientas y equipo
- Mano de obra

- Costo secundario (material de oficina)

### b. Costos Primarios

Comprende el costo de los materiales y accesorios utilizados detallados a continuación:

Tabla 3. 2 Costos primarios

ITEM	DESIGNACIÓN	QTY	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	ANGULO EN "L" 40x40x4	3	16.63	49.89
2	LAMINA TOOL NEGRO	1	19.83	19.91
3	EJE REDONDO V945 $\phi$ 170x120	1	67	67
5	CHUMACERA DE PISO 1 ¼	2	16	32
6	POLEA HIERRO FUNDIDO 4" A1	1	16	16
7	POLEA HIERRO FUNDIDO 10" A1	1	42	42
8	1 BANDA A-50	1	6	6
9	VARIADOR DE VELOCIDAD 3HP 220V Y PANEL DE PROGRAMACIÓN	1	352.24	400
10	MOTOR ELÉCTRICO TRIFÁSICO 3HP	1	450	500
11	MATERIALES FUENTE DE VOLTAJE DE CAMPO	1	15	15
12	AMPERÍMETRO DC DE 0-100 <sup>a</sup>	1	15	15
13	AMPERIMETRO DE CD DE 0-10 <sup>a</sup>	1	12	12
14	VOLTÍMETRO DC 0-30V	1	10	10
15	TACÓMETRO ÓPTICO	1	40	40
16	SWITCHES ELECTRICOS	3	2	6
17	PERNOS Y TORNILLOS	100	0.20	30
18	PINTURA	1	10	10
	<b>TOTAL</b>			<b>\$1270.80</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Lenin Carrasco

### c. Maquinaria, Equipo y Herramienta

Cabe indicar que el costo por el alquiler y utilización de estos elementos, fueron considerados dentro del valor del alquiler total del servicio de taller y representó el pago de una cierta cantidad que fueron reconocidos de manera conjunta con la mano de obra.

Tabla 3. 3 Mano de Obra

<b>N°</b>	<b>DETALLE</b>	<b>COSTO</b>
1	Alquiler, equipos y herramientas	50
2	Técnico Industrial	40
	<b>TOTAL</b>	<b>\$90</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Lenin Carrazco

Tabla 3. 4 Costos Secundarios

<b>N°</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO</b>
1	Aranceles de Graduación	120
2	Suministros de oficina	30
3	Transporte	40
4	Impresiones e Internet	30
5	Empastados, anillados	40
6	Varios	20
	<b>TOTAL</b>	<b>\$280</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Lenin Carrazco

Tabla 3. 5 Costo Total Proyecto

<b>N°</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO</b>
1	Costo Primario	1270.80
2	Maquinaria, Equipos y herramientas	50
3	Mano de Obra	40
4	Costos Secundarios	280
	<b>TOTAL</b>	<b>\$1640.80</b>

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Lenin Carrazco

## **3.2. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN**

### **3.2.1. Adquisición e inspección del motor eléctrico**

El motor trifásico cuyas especificaciones constan en el capítulo anterior fue adquirido del stock de materiales reparables no aeronáuticos de la bodega de

AMSA, según sus características es el motor con suficiente fuerza y velocidad para el trabajo de arrastrar al generador.

### **a. Inspección**

En la inspección preliminar del motor se encontró deteriorado tanto física como eléctricamente, físicamente debido a que sus componentes presentan corrosión y la pintura está desprendida como se muestra en la figura 3.18 y al probarlo eléctricamente presenta un sobrecalentamiento y rozamiento.

El resultado de la inspección es que el motor requiere de un mantenimiento de su bobinado estator que se encontró en mal estado y flojo, necesita un reemplazo de los rodamientos del eje y una limpieza profunda de todas sus partes.



Fig. 3. 18 Motor en condición reparable  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

### **b. Mantenimiento del motor**

Desmontar la trasera y delantera sujetada mediante pernos y tuercas previamente marcando guías para su posterior montaje, una vez las tapas desmontadas el rotor también sale en conjunto con una de las tapas.



Fig. 3. 19 Desmontaje del rotor  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Utilizando un extractor de rodamientos (bearing puller) e instalando los nuevos con una herramienta especial para su instalación. El estator y su bobinado es sujetado y amarrado dejándolos en condición de servicable. Las otras partes del motor son sometidas a una limpieza para su posterior pintura.



Fig. 3. 20 Mantenimiento estator y cambio de rodamientos  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Una vez hecho el mantenimiento a las distintas partes del motor, se procede a su armado y pintado; para su pintura se seleccionó color negro y rojo.

### 3.2.2. Construcción de la fuente de voltaje de campo

Para que el generador entre en funcionamiento como su nombre lo dice a más de ser llevado a una determinada velocidad de operación, es necesario que su bobinado de excitación o de campo sea alimentado por un pequeño voltaje que

es de “1V mínimo a 1.8V”<sup>1</sup> máximo para así crear el campo magnético dentro del generador y de esta manera producir voltaje.

La fuente de campo se diseñó basándonos en una fuente de corriente continua a partir de una batería de 24V y un regulador de voltaje de uso aeronáutico de alta corriente, que a más de regular el voltaje generado, también entrega corriente al bobinado de campo del generador en proporción a la velocidad.

### **3.2.3. Construcción de la mesa de soporte**

La mesa donde van montados todos los soportes y accesorios del módulo de comprobación debe ser suficientemente estable, con este fin se utilizó ángulos en “L” de 40mm x 40mm y 4mm de espesor capaz de absorber todos los esfuerzos causados por la vibración a los cuales está sometido el módulo de comprobación en todas sus secciones. La construcción se realizó siguiendo las medidas trazadas en el esquema mostrado en el ANEXO B.

En primer lugar se realizaron los cortes de los largueros longitudinales, transversales utilizando un arco de sierra común y después a unirlos mediante suelda eléctrica.



Fig. 3. 21 Estructura principal  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Con la estructura principal armada se corta y suelda las vigas transversales traseras donde van las placas para sujetar el generador, las vigas transversales donde irá emperrada la placa que alojará los soportes removibles principales de abrazadera donde va el generador. Con el fin de fijar la altura idónea entre el generador y el eje donde es engranado, fue necesario construir dos vigas en

---

<sup>1</sup> Referencia Lear Siegler Overhaul Instructions No. 51209 ATA 24-30-1 DC Control Unit

forma de “C” donde se sujetan las dos chumaceras que alojan al eje y a la polea conducida.



Fig. 3. 22 Vigas transversales  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Una vez constituida la estructura principal y soportes superiores para las partes giratorias, es hora de construir el alojamiento inferior del motor trifásico que conducirá el conjunto superior.

Para esto, se tomó en cuenta la distancia que debe existir entre los ejes calculada en el 3.1.1.4. Con el fin de tensionar la banda lo suficiente y facilitar su instalación y remoción fue diseñado un mecanismo de bisagra que actúe como un tensor para la banda.



Fig. 3. 23 Soporte del motor  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

### 3.2.4. Construcción de los soportes de alojamiento de los generadores a la mesa

El material en bruto a utilizarse para la construcción de los soportes de alojamiento del generador es el acero V945, el acero más resistente y relativamente ligero.

El eje redondo se dividió en dos partes debido a que se necesita construir un soporte grande para los generadores 23046-020 utilizados en los helicópteros Bell 212 y 412 series, y un soporte de menor diámetro para los generadores 23032-018 montados en los helicópteros Bell 206 series.

Posterior se sometió a cada parte al torno para moldear según el esquema correspondiente mostrado en el ANEXO D.

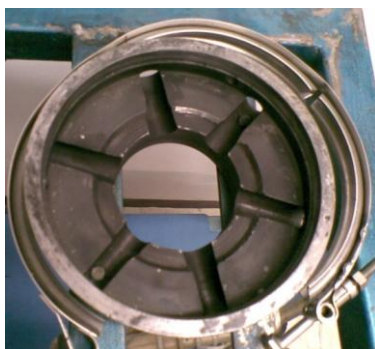


Fig. 3. 24 Soporte removible generadores 23046-020 (Bell 212 y 412)  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Cabe recalcar que el borde que hace contacto con el generador es totalmente plano pero en el borde posterior dejamos una inclinación de  $3^{\circ}$  debido a que la abrazadera y el generador tienen la misma inclinación y así se ajustará correctamente, en el centro está el orificio por donde sobresale el eje del generador para ser engranado en el eje mayor. El modo de acoplarse a la placa de la mesa es mediante cuatro pernos para su fácil remoción e instalación.





Fig. 3. 25 Soporte removible generadores 23032-018 (Bell 206)  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

En el soporte del generador 23032-018 es necesario fabricar agujeros en el borde que hace contacto con el generador debido a que en la cabeza del generador los pernos que la sujetan a la carcasa están sobresalidos y fue necesario alojar estas cabezas de los pernos para que permitan el contacto del generador con el soporte, al igual que el soporte más grande también en el borde posterior tiene una inclinación de  $3^\circ$  para su correcta sujeción con la abrazadera y un orificio central por donde sobresale el eje del generador para engranar al eje mayor.

### **3.2.5. Construcción del eje mayor**

Para la construcción del eje mayor que será conducido por el motor por medio del sistema de poleas y banda y que a su vez conducirá al eje del generador, se tuvo en cuenta varios aspectos, tales como:

- Debido a que será el componente que estará sometido al mayor esfuerzo y cargas tanto axiales como radiales, el material debe ser resistente, por este punto el acero V945 es el idóneo para esta aplicación y para seguridad se someterá a un tratamiento térmico para darle más dureza al eje.

- El diámetro del eje será lo suficiente para alojar el estriado hembra que se engranará al eje del generador tanto como para soportar las cargas de operación.
- Un punto importante son los soportes del eje, para esto se seleccionó las chumaceras (hangers) con un diámetro proporcional al eje y capaces de operar a velocidades mayores a 8000 rpm y de fácil lubricación.

La construcción del eje se rige a las medidas indicadas en el esquema adjuntado en el ANEXO C

El primer paso es eliminar cualquier exceso del eje en bruto para facilitar su maquinado en el torno de acuerdo a los requerimientos operacionales.



Fig. 3. 26 Corte del eje en bruto  
 Fuente: Investigación de campo  
 Editada por: Lenin Carrazco

Para el corte de los excesos del eje se utilizó la oxicorte, posterior a esto sometemos al eje al torno y maquinamos al diámetro suficiente para que entre libremente en las chumaceras y se fabrican en el eje unos orificios en donde engancharán los pernos prisioneros de las chumaceras para arrastrar la pista del rodamiento con el eje.



Fig. 3. 27 Maquinado del eje  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Una vez maquinado el eje es de suma importancia como se mencionó al inicio de esta sección, comparar las medidas del diámetro externo del eje con el diámetro interno de las chumaceras donde va alojado.

Para tomar la medida del diámetro del eje se utilizó un micrómetro y para la medida del diámetro interno de la chumacera un calibrador de interiores.



Fig. 3. 28 Medición diámetros exterior e interior  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

En el extremo donde se aloja el eje del generador se fabricó un tope a la medida donde se insertará el estriado hembra, este estriado hembra fue desmontado de la caja de accesorios de la turbina Allison modelo 250-C20 y fue adaptada al eje mediante un prisionero entre el eje y el estriado como se muestra en la figura.

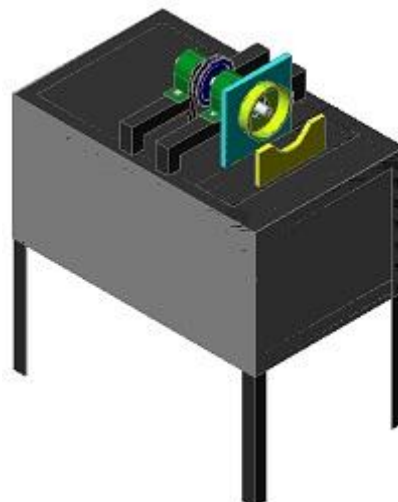


Fig. 3. 29 Alojamiento del estriado hembra  
 Fuente: Investigación de campo  
 Editada por: Lenin Carrazco

Por último al conjunto del eje es sometido a un tratamiento térmico denominado temple<sup>1</sup> con el fin de aumentar su dureza y resistencia.

### 3.2.6. Construcción del soporte trasero del generador

Los soportes traseros del generador con el fin de sustentar al generador en la posición centrada una vez ya engranado y sujetado previamente con la abrazadera al soporte de alojamiento correspondiente se construyó a partir de unas placas de hierro.



<sup>1</sup> Su finalidad es aumentar la dureza y la resistencia del acero. Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la crítica superior  $A_c$  (entre 900-950 °C) y se enfría luego más o menos rápidamente (según características de la pieza) en un medio como agua, aceite, etcétera.

Fig. 3. 30 Soporte trasero  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Las placas son maquinadas y dadas las formas de “U” de acuerdo al diámetro del generador, y estas placas se unen a la mesa mediante pernos a donde están las vigas ya soldadas, la construcción se rigió al esquema adjuntado en el ANEXO C

### 3.2.7. Fijación del motor a la mesa

En este punto es importante recalcar que a más de montar el motor en una estructura resistente y fuerte, es necesario un mecanismo que permita aflojar o ajustar la base y que actúe como un tensor de la correa o banda en el caso que requiera de mayor o menor tensión.

Para lograr el fin de tensor, se montó un mecanismo de bisagras alojadas en el lado trasero del soporte del motor como se muestra en la figura a continuación.

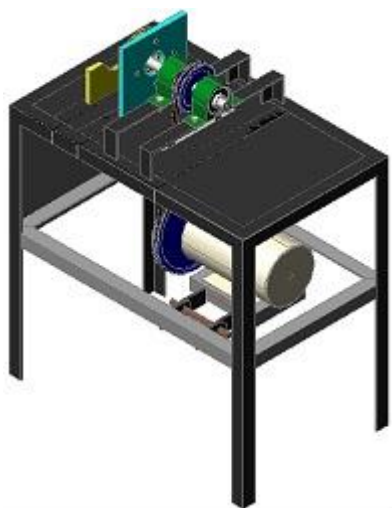


Fig. 3. 31 Fijación del motor a la mesa  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

El motor está sujeto a la mesa mediante cuatro pernos, que facilitan su remoción e instalación además de su mantenimiento.

### 3.2.8. Fijación del eje y las chumaceras

En la sección 3.2.5 se tiene la construcción y terminado del eje mayor, dicho eje que va a girar a altas velocidades será soportado por dos chumaceras una en cada extremo con el fin de brindar firmeza y asegurar el libre giro y lo más importante la distribución de las cargas a las cuales está sometido el eje durante la operación.

Ya se mencionó que para que el eje quede concéntrico con el eje del generador fue necesario construir soportes en forma de "C" en donde se colocarán las chumaceras a una distancia determinada como indica el esquema en el ANEXO C, para esto se tomó muy en cuenta las dimensiones de las chumaceras.



Fig. 3. 32 Chumacera de piso de 1"  $\frac{1}{4}$   
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

Además de las dimensiones es necesario saber seleccionar un modelo de chumaceras que se adapten al sistema motriz que en nuestro caso es de alta velocidad a más de tener en cuenta el diámetro del eje. Cabe recalcar que hay que hacer una selección cuidadosa teniendo en cuenta que se pretende trabajar con materiales que cumplan con estándares establecidos de higiene.

Se eligieron chumaceras de bolas y de piso de diámetro de 1" ¼ de la marca SKF, este modelo es conveniente para los propósitos que persigue este diseño ya que la chumacera tiene un puerto de lubricación de fácil acceso, para la lubricación se utiliza un agente aeronáutico denominado AEROSHELL 22 GREASE utilizado en la lubricación de los rodamientos de todo tipo en las partes móviles de las aeronaves.

Las chumaceras se montarán una en cada extremo del eje, en total dos, sobre los soportes en forma de "C" y serán ajustadas mediante dos pernos en cada chumacera.

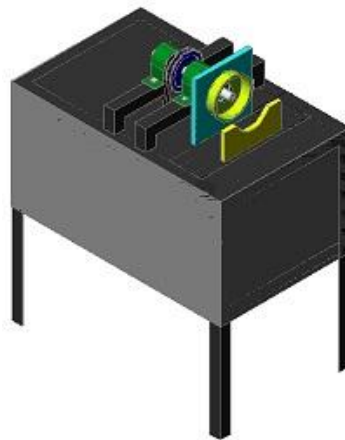


Fig. 3. 33 Chumaceras y eje  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

### 3.2.9. Fijación de las poleas y banda

Una vez que se ha calculado el diámetro que debe tener la polea conductora y la conducida y después de su adquisición es momento del montaje sobre cada eje respectivamente.

Previo al montaje de la polea conductora en el eje del motor, fue necesario comprobar que el eje esté debidamente centrado. Mediante un comparador de reloj se enceró (centrar) el eje con respecto a la armadura o rotor logrando así su rectificación.



Fig. 3. 34 Rectificación del eje del motor  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco

La polea conductora de 10" va montada sobre el eje del motor trifásico y para su aseguramiento y arrastre se diseñó un canal de 5mm en la polea y en el eje para dar alojamiento a la chaveta. Finalmente sujetamos a la polea al motor y colocamos la chaveta.

De manera similar se trabajó sobre la polea conducida de 4", esta polea va montada entre las dos chumaceras con un diámetro igual al del eje mayor, se realizó un canal en la chumacera y el eje para el alojamiento de la chaveta, el canal se realizó sometiendo la polea al torno como se muestra en la figura 3.35.



Fig. 3. 35 Construcción del canal para la chaveta  
Fuente: Investigación de campo  
Editada por: Lenin Carrazco



Para finalizar el montaje colocamos la polea en el eje en conjunto con la chaveta.

### 3.2.10. Construcción del panel de control e instrumentos

El panel desde donde se visualizará los indicadores de voltaje, corriente, rpm's y frecuencia, y desde donde se podrá comandar los switches de arranque (S1), de campo (S2), y de carga (S3, S4, S5), el potenciómetro de regulación de velocidad (P1), además de alojar todos los rompe circuitos (CB1, CB2, CB3, CB4) y fusibles, deberá ser ubicado en una posición donde sea clara la visión y acceso tanto a los indicadores como a los switches.

Con el fin de cumplir lo anterior descrito, el espacio ideal para el panel es al lado derecho del conjunto generador-eje. La estructura se construyó de tol con un ángulo de inclinación para mejorara la visualización y la distribución se realizó de acuerdo a la figura. Para los detalles de las medidas de construcción referirse al ANEXO E



Fig. 3. 36 Diseño panel de control e instrumentos  
Fuente: Investigación de campo  
Diseñado por: Lenin Carrasco

La construcción se inicia a partir de una plancha de tol de 2mm en la cual se traza el esquema por donde se van a realizar los dobles para dar la forma cerrada del panel. Se realiza los cortes en tres secciones como indica la figura

los dobleces deben realizarse cuidadosamente teniendo en cuenta la inclinación que debe tener el panel.

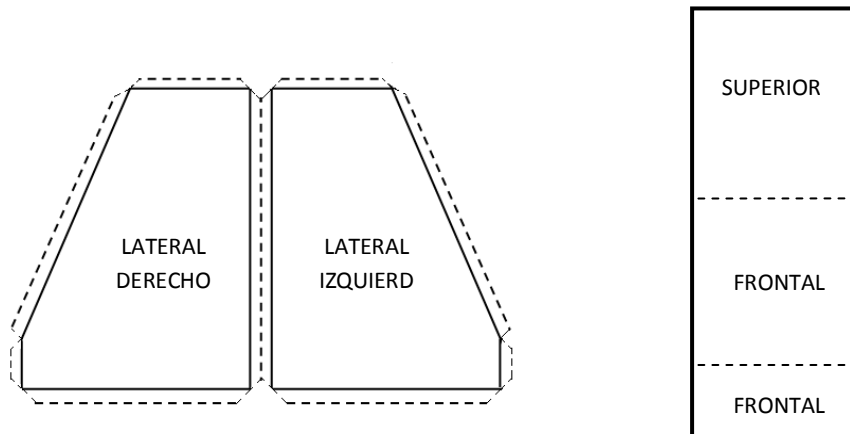


Fig. 3. 37 Esquema de corte y doblado del panel  
Fuente: Investigación de campo  
Diseñado por: Lenin Carrazco

En la lámina frontal se realizó los agujeros donde van alojados todos y cada uno de los elementos del panel de manera simétrica y agrupándolos por función y facilidad de control.

Empernamos a la estructura las dos piezas laterales con los dobleces hacia el lado de adentro en donde se unirán a la pieza superior y frontal mediante remaches.

Remachamos la lámina superior y frontal con las piezas laterales montadas en la estructura, para esto se utilizó remaches tipo cherry. La parte trasera tiene un diseño especial ya que será removible para la instalación del cableado e instrumentos y para el futuro mantenimiento del panel, para esto se utilizó unas anclas en los dobleces en donde se ajustarán los tornillos de la tapa trasera removible.

### **3.2.11. Construcción del arnés eléctrico**

Siguiendo el wiring diagram detallado en el ANEXO F, el cableado se construyó de manera que cada cable esté identificado de acuerdo a dicho diagrama para su correcto seguimiento, los dispositivos utilizados son los recomendados por el fabricante y de no ser así de acuerdo a la corriente de consumo.

Una vez que se conoce el calibre y tipo de cable utilizaremos para cada sección, se mide el largo estimado del cable dejando un exceso para sus terminados.

Con los cables ya cortados se procede a imprimirlos una codificación<sup>1</sup> utilizando una Marcadora de cables comúnmente utilizada en las estaciones de reparación aeronáuticas autorizadas.

El cableado codificado se instala sobre la estructura del módulo, para esto se reservó espacios para alojar el cableado y que no obstruya la instalación de los instrumentos, switches, etc. Luego de rutiar el cableado lo sujetamos con correas plásticas y abrazaderas para asegurarlo firmemente al módulo.

Se instala las barras de conexiones, ramificamos el cableado, se remacha los terminales los terminales donde sean necesarios o se deja en espera para soldar en el dispositivo correspondiente una vez que sea instalado.

### **3.2.12. Fijación del variador de velocidad al panel y programación.**

Para la instalación del variador de velocidad tomamos varios aspectos en cuenta según su “manual de instalación”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Referirse wiring diagram

<sup>2</sup> SIEMENS Sinamic G110 Getting Started Guide



Fig. 3. 38 Montaje del variador de velocidad  
Fuente: Investigación de campo

La primera fue la disposición del variador ya que es grande en relación con los otros dispositivos para esto se ubicó en la parte baja izquierda del panel donde será sujetado al igual que los demás instrumentos por tornillos.

El variador debe ser conectado a tierra, para esto tiene un tornillo de conexión designado a esta función que es conectado a la estructura metálica del módulo, esto en cuanto a su instalación física.

Antes de poner en marcha el variador que será el dispositivo principal de control del módulo, es necesario programarlo de acuerdo a los valores de placa del motor al cual va a controlar ya que de esto depende el rango de control de velocidad, la protección de sobrecarga del motor y la seguridad de la operación, para mayor información referirse al manual de instrucciones resumidas SIEMENS Sinamics G110 .

“Con la puesta en servicio rápida se adapta el convertidor al motor y se ajustan parámetros importantes para las exigencias tecnológicas.”<sup>1</sup>

En la sección 3.1.1.3 se explicó en un diagrama el orden de programación para la puesta en servicio rápida y los parámetros necesarios, entonces así mediante el panel de programación del variador, ingresamos los siguientes cambios de valor de los parámetros y se borra los ajustes de fábrica.

---

<sup>1</sup> Tomado de Sinamics G110 Instrucciones resumidas

Tabla 3. 6 Valores de parámetros de programación del variador de velocidad

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
P0003	1	Nivel de acceso
P0010	1	Programación básica
P0100	1	Selección de frecuencia
P0304	220	Tensión nominal
P0305	8.5	Corriente nominal
P0307	3	Potencia en HP
P0308	0	Cos $\phi$ , calculado internamente
P0309	0	Rendimiento, calculado internamente
P0310	60.00	Frecuencia nominal del motor
P0311	3465	Velocidad nominal del motor
P0335	0	Motor autoventilado
P0640	150	Factor de sobrecarga en %
P0700	2	Fuente de datos por terminal
P1000	2	Consigna de frecuencia analógica
P1080	0.00	Frecuencia Mínima Hz
P1082	60.00	Frecuencia Máxima Hz
P1300	0	Control lineal
P3900	1	Fin de la puesta en servicio

Fuente: SIEMENS Sinamics G110 Lista de parámetros.  
 Editada por: Lenin Carrasco

Con los valores indicados en la tabla ingresados, el variador está en condiciones operables en espera de las conexiones con el motor.

### 3.2.13. Fijación de los instrumentos al panel



Fig. 3. 39 Fijación del panel de instrumentos  
Fuente: Investigación de campo

Los orificios donde van alojados los instrumentos ya fueron explicados y hechos en la sección 3.2.10 previo a la remachada de la parte frontal del panel. Antes de montar los instrumentos se pintó el panel de color negro mate para evitar inconvenientes después.

Instalamos los switches, rompe circuitos, potenciómetros y fusibles con sus respectivas contratueras y ajustamos de acuerdo a la posición en la figura.

Montamos cada instrumento con cuidado, los sujetamos con tornillos y anclas al panel, una vez así, conectamos el cableado correspondiente a cada dispositivo y los aseguramos con correas plásticas.





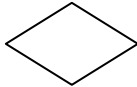
En los instrumentos montados, es de mucha importancia su identificación, para esto utilizamos una impresión adhesiva con letras blancas que contrasten con el fondo negro de acuerdo a la ubicación de los diferentes dispositivos como indica la figura 3.39. Finalmente instalamos la parte trasera del panel para asegurar el conjunto.

### 3.3. DIAGRAMAS DE PROCESO

Los diagramas de proceso están organizados por simbología que indica cada uno de los pasos del proceso de construcción de los diferentes elementos que se implementó en el banco.

En la siguiente tabla se describe la simbología que se va a utilizar para cada uno de los procesos de construcción.

Tabla 3. 7 Simbología de los diagramas de proceso

N°	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección o Comprobación
3		Ensamblaje
4		Conector
5		Continúa

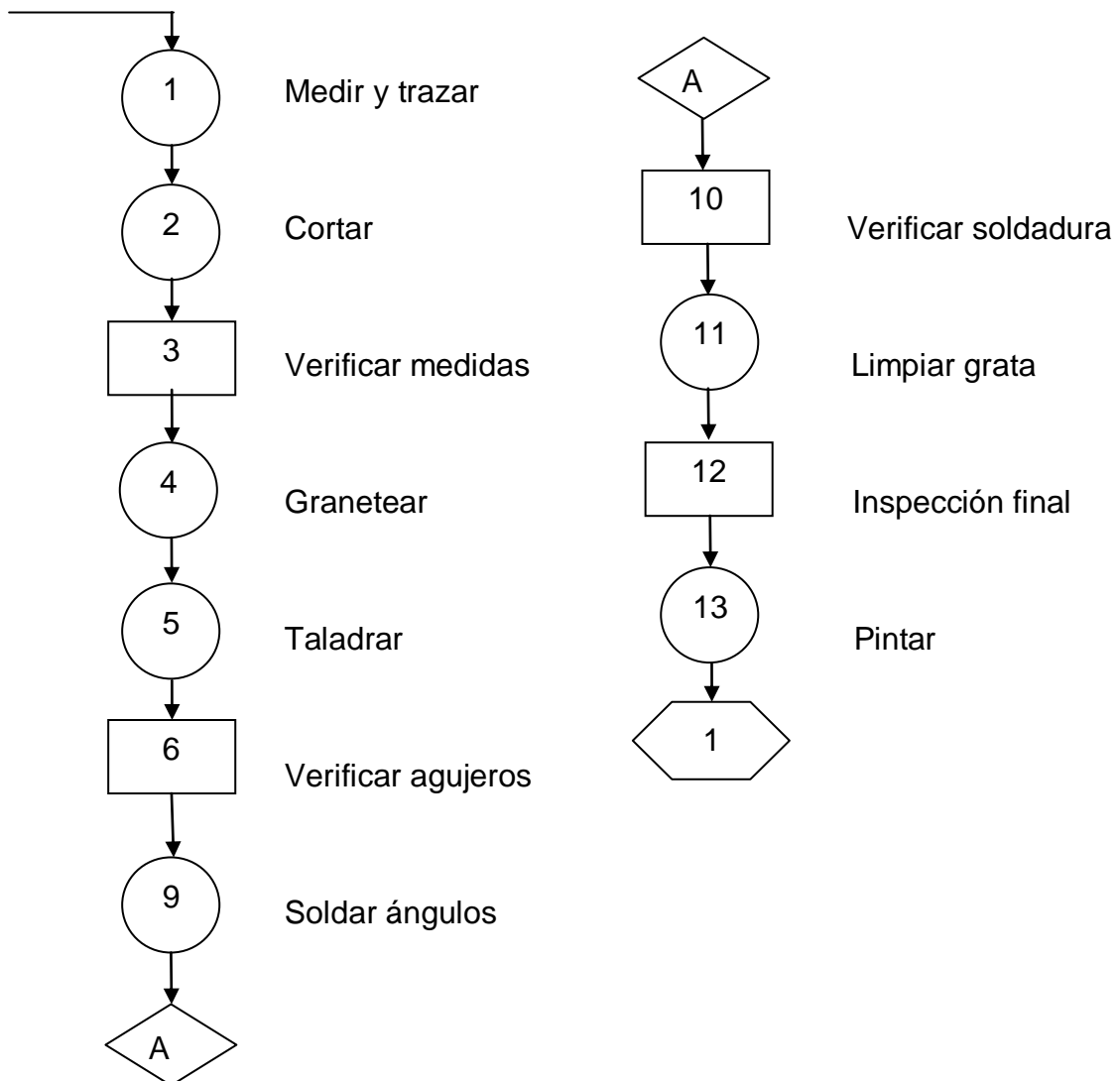
Fuente: Investigación de Campo  
Elaborado por: Lenin Carrasco

#### 3.3.1. Diagramas de proceso de construcción

A continuación se presenta los distintos diagramas de proceso de construcción.

**a. Fabricación de la mesa de soporte principal**

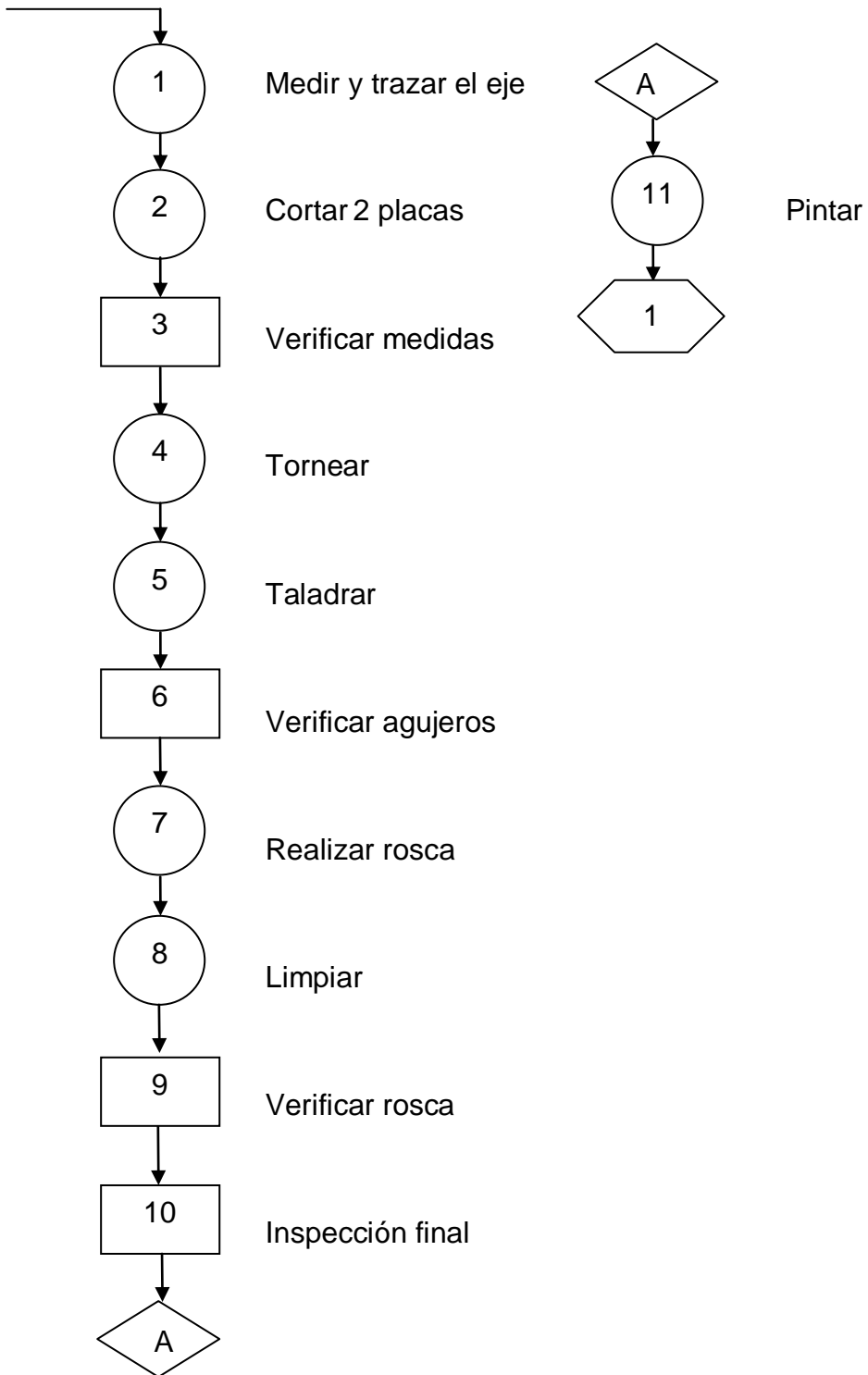
Material: Ángulo de hierro en "L" 40mmx40mmx4mm





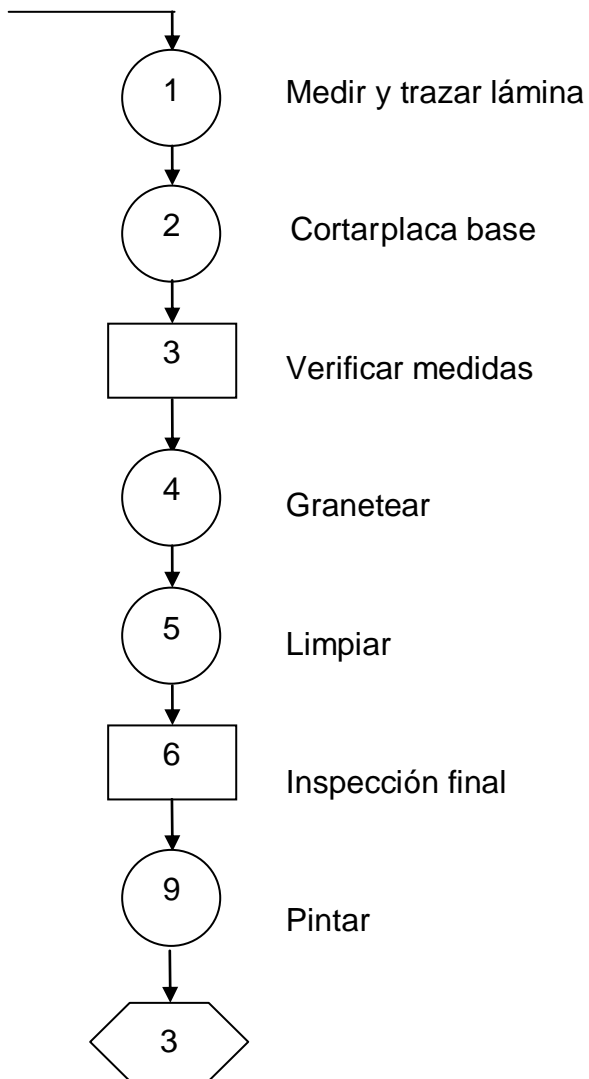
**b. Diagrama de proceso de construcción del soporte principal del generador**

Material: Eje redondo de acero V945



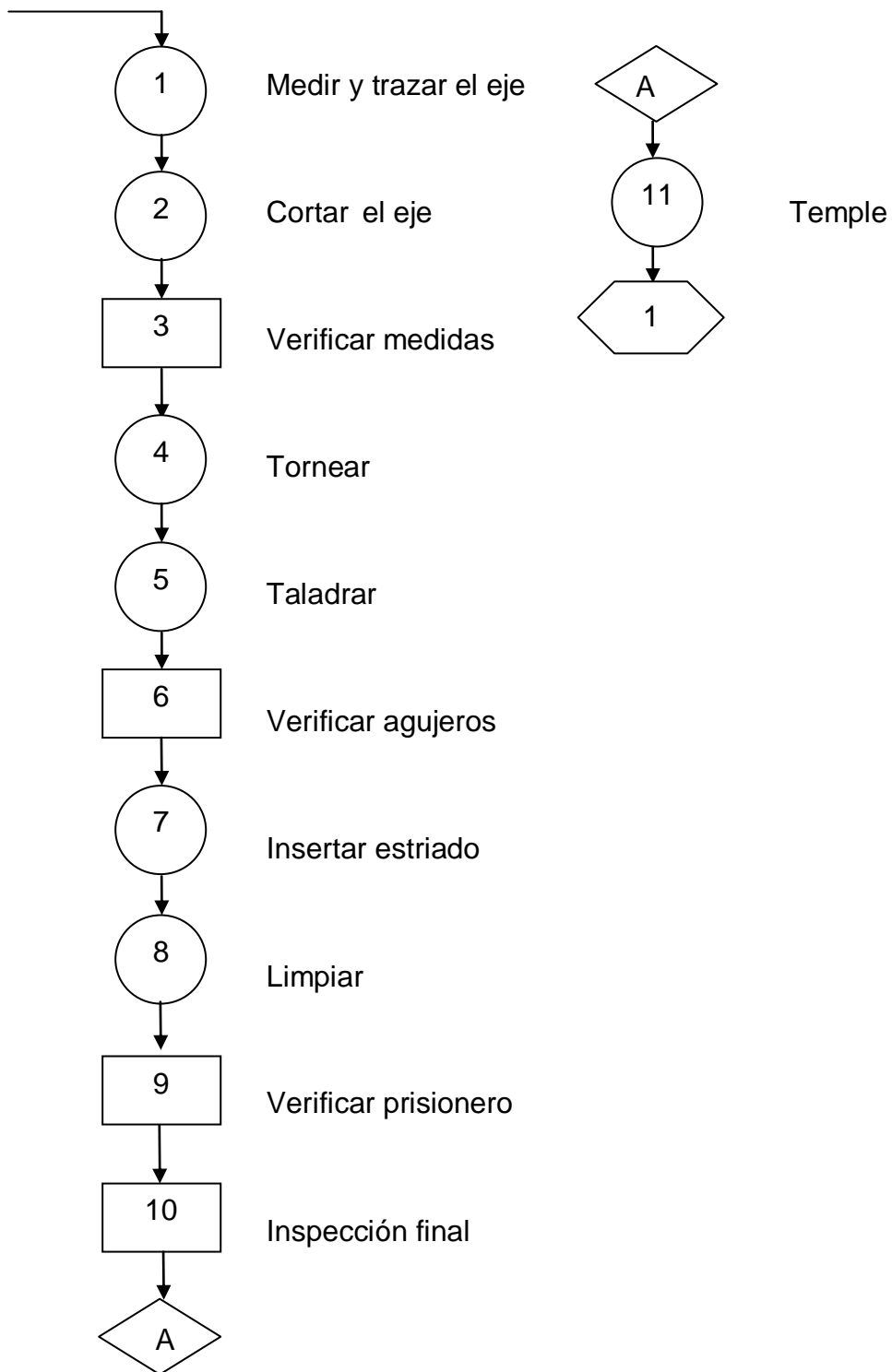
**c. Diagrama de proceso de construcción del soporte trasero del generador**

Material: laminas de acero ASTM A36 de: 15mm

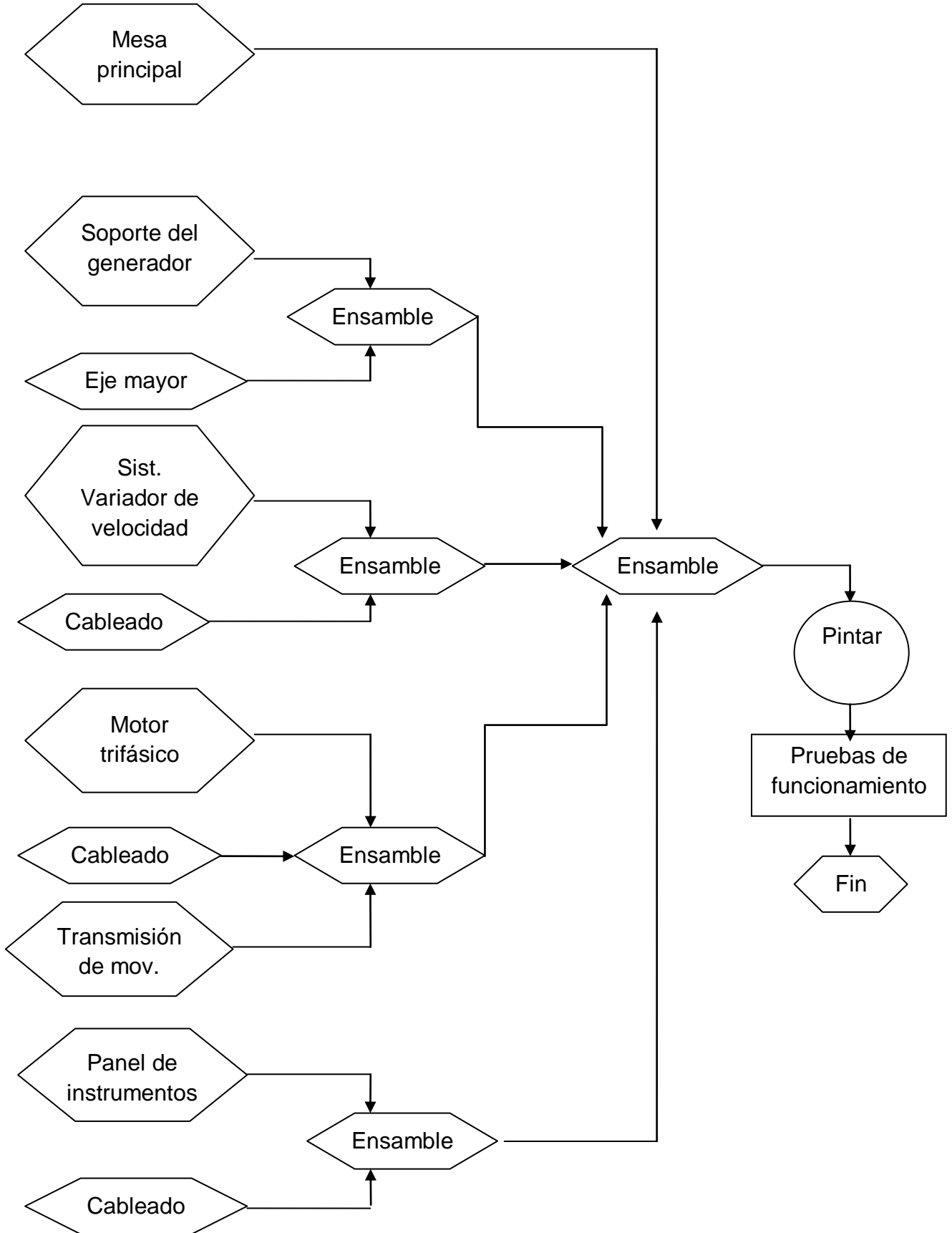


**d. Diagrama de proceso de construcción del eje conducido.**

Material: Eje redondo de acero V945



### 3.3.2. Diagramas de proceso de ensamble del banco de prueba.



### 3.4. PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.4.1. Pruebas de Funcionamiento

Una vez finalizada la etapa de implementación y armado del banco de prueba se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento del estado del banco. El resultado de las pruebas se detalla a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 3. 8 Condición general de los sistemas del banco

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONDICIÓN FAVORABLE</b>	<b>CONDICIÓN NO FAVORABLE</b>
Motor trifásico	✓	
Sistema de transmisión	✓	
Sistema variador de velocidad	✓	
Sistema de protección	✓	
Sistema de generación	✓	
Sistema de indicación	✓	

Fuente: Investigación de Campo  
Elaborado por: Lenin Carrazco

#### 3.4.2. Pruebas del motor trifásico

Esta prueba se realizó durante la operación del motor, tiempo en el que se hizo un seguimiento a los componentes del motor. Para llevar a cabo esta prueba se prendió el motor por cortos lapsos de tiempo. El motor fue controlado y protegido mediante la conexión al variador de frecuencia-velocidad. Es importante que no se exceda de los límites de presión ya que puede ser perjudicial para el motor.

Tabla 3. 9 Prueba de motor

<b>ELEMENTOS O AGENTE</b>	<b>CONDICIÓN ÓPTIMA</b>
Estator	✓
Rotor	✓
Temperatura	✓

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Lenin Carrasco

### **3.4.3. Pruebas de Funcionamiento del variador de velocidad**

Al igual que el motor, es importante probar el variador de velocidad cuando el banco está en marcha, ya que funciona a la par con el motor y protege tanto a sí mismo como al motor.

Tabla 3. 10 Prueba del variador de velocidad

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONDICIÓN ÓPTIMA</b>
Arranque	✓
Parada	✓
Regulación	✓
Indicador de Frecuencia	✓
Autoventilación	✓

Fuente: Investigación de Campo

Elaborado por: Lenin Carrasco

### **3.4.4. Pruebas del sistema de transmisión de movimiento**

Para la prueba del método de transmisión de movimiento en nuestro caso representado por dos poleas, un eje, dos chumaceras y una banda, se puso en marcha el banco sin engranar el generador.

Tabla 3. 11 Prueba del sistema de transmisión

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONDICIÓN ÓPTIMA</b>
Polea conductora	✓
Banda	✓
Polea conducida	✓
Chumaceras	✓
Eje conducido	✓

Fuente: Investigación de Campo  
Elaborado por: Lenin Carrazco

### 3.4.5. Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Generación

Para realizar esta prueba fue necesario engranar el motor al eje conducido, asegurándolo y poniendo en marcha el banco, además de esto es necesario aplicar el voltaje de campo al generador y activar mediante los switches las cargas además de monitorear los instrumentos del panel. Es importante saber interpretar cada instrumento ya que de esto depende el funcionamiento del generador.

Tabla 3. 12 Prueba del sistema de generación

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONDICIÓN ÓPTIMA</b>
Fuente de voltaje de campo	✓
Voltaje generado	✓
Corriente consumida	✓
Carga eléctrica	✓

Fuente: Investigación de Campo  
Elaborado por: Lenin Carrazco

### 3.4.6. Pruebas de Funcionamiento de los componentes del panel de control e instrumentos.

Tabla 3. 13 Prueba del panel de control e instrumentos

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONDICIÓN ÓPTIMA</b>
Switch de arranque	✓
Switch de voltaje de campo	✓
Switch Carga 1	✓

Switch Carga 2	✓
Switch Carga 3	✓
Rompe circuitos L1, L2	✓
Rompe circuito Bus 28V	✓
Rompe circuito Carga 1	✓
Rompe circuito Carga 2	✓
Rompe circuito Carga 3	✓
Potenciómetro reg. de velocidad	✓
Tacómetro óptico	✓
Amperímetro de carga	✓
Voltímetro Voltaje de Salida	✓

Fuente: Investigación de Campo  
Elaborado por: Lenin Carrazco

### 3.5. ELABORACIÓN DE MANUALES

#### 3.5.1. Elaboración del manual de procedimiento

En la presente sección se describen los diferentes manuales en los cuales constan los pasos que debe realizar el personal que vaya a poner en operación al banco de prueba de manera correcta, es decir sin poner en riesgo la seguridad humana tanto del instructor como de las personas que intervienen en el proceso o se encuentren en instrucción para así evitar posibles accidente.

Para llevar a cabo esta operación se ha elaborado los siguientes manuales:

Tabla 3. 14 Código de Manuales

N°	MANUAL	CÓDIGO
1	Seguridad	AMSA-BPG-M1
2	Operación	AMSA-BPG-M2
3	Mantenimiento	AMSA-BPG-M3

Fuente: Investigación documental  
Elaborado por: Lenin Carrazco



### **a) Manual de Seguridad**

El principal objetivo de este manual es mantener la seguridad del operador del banco de pruebas y evitar futuros incidentes y accidentes.

### **b) Manuales de Operación**

Este manual contiene todos los procedimientos que se deben seguir para la operación del motor en el banco de pruebas.

### **c) Manual de Mantenimiento**

Este manual ayuda a dar un mantenimiento óptimo al motor del banco de pruebas, para así alargar la vida útil y operativa del mismo y de cada uno de los componentes que funcionan en conjunto.

Además contiene un diagrama caza fallas (troubleshooting) que facilita la identificación del posible problema o falla.

En el Anexo "G" se encuentra los respectivos manuales de Seguridad, Operación y Mantenimiento

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. CONCLUSIONES

- Se aportó en el ahorro de tiempo, evitando las pruebas realizadas en corridos en tierra de las aeronaves reflejadas en las horas de vuelo.
- Se aseguró la operatividad de los generadores después de un determinado mantenimiento, ahorrando tiempo, dinero y consiguientemente aumentar las ganancias de AMSA.
- Se implementó los sistemas de control de velocidad, transmisión de movimiento, e indicación para el banco de pruebas de los generadores de AMSA.
- Se investigó sobre el funcionamiento de sistemas de control electrónicos, de mayor fiabilidad para máquinas eléctricas y sus múltiples aplicaciones derivadas.
- Se organizó y procesó la información obtenida obteniendo resultados satisfactorios.
- Se esquematizó la ubicación de los componentes de los sistemas para optimizar espacio y recursos en el banco de pruebas del generador.
- Se implementó cada uno de los sistemas de acuerdo a la necesidad y satisfacción de los Técnicos de mantenimiento.

## 4.2. RECOMENDACIONES

- Es indispensable que el personal que vaya a trabajar con el motor Banco de Prueba del Generador, hagan uso de los manuales que se redactan en el presente proyecto, previo la utilización del material, para garantizar el correcto funcionamiento y el tiempo de vida útil del equipo, además de salvaguardar la integridad física de las personas.
  
- Se recomienda a los operadores del banco de pruebas, realizar apuntes de posibles dispositivos o sistemas que se podrían añadir al banco para hacerlos más complementario.
  
- Se recomienda usar este proyecto como un ejemplar para los estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica y demás carreras, para que conozcan e identifiquen los componentes básicos de un sistema de generación de corriente en las aeronaves.

## GLOSARIO

### A

Abolladuras. Hundimiento de una superficie a causa de un golpe o mediante presión.

Acero A36. Es una aleación de acero al carbono, posee gran resistencia. La denominación A36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Acero de transmisión E920. Acero para cementación no aleado para piezas pequeñas exigidas principalmente al desgaste. Se emplea para la construcción de levas uniones, bujes, pines, pivotes, etc.

Acero V 945. Acero al carbono de alta calidad, de mayores propiedades mecánicas que el acero de transmisión. Se emplea para la fabricación de partes de maquinaria sometida a esfuerzos normales.

Asincronismo. Falta de coincidencia temporal en determinados hechos.

Atracción. Fuerza que ejercen entre sí las moléculas de un cuerpo o más cuerpos.

### B

Biela. En las máquinas, barra que sirve para transformar el movimiento de vaivén en otro de rotación, o viceversa.

Brida. Pieza metálica que sirve para ensamblar vigas o tubos metálicos fijándola con clavos o tornillos.

Buje. Pieza metálica que se coloca en ciertas piezas de maquinarias y ruedas de carruajes para protegerlas del roce interior del eje.

Bucle. Acción dentro de un lazo repetitivo.

### C

Calibre.- Diámetro interior o exterior de muchos objetos huecos, como tubos, conductos o cañerías.

Chaveta. Pasador que se pone en el agujero de una barra e impide que se salgan las piezas que sujeta la barra.

Chumacera. Es una pieza de metal o madera con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria

Cigüeñal. Es un eje acodado, con codos y contrapesos presente en ciertas máquinas que, aplicando el principio del mecanismo de biela - manivela

Cinética. Parte de la física que estudia el movimiento prescindiendo de las fuerzas que lo producen.

Compund. Término utilizado para la combinación de varios objetos con un mismo fin.

Cojinete. Pieza en que se sujeta y gira un eje de maquinaria

Corrosión. Desgaste o destrucción lenta y paulatina de una cosa.

Cremallera. Tipo de tren que usa un mecanismo de arrastre dentado

Cupla. Es un sistema formado por dos fuerzas de la misma intensidad o módulo, de la misma dirección (paralelas) y de sentido contrario.

## D

Desbastar. Quitar las partes más duras o ásperas de un material que se va a trabajar.

Desplazamiento. Es una generalización del campo eléctrico en presencia de un dieléctrico. A veces también se denomina campo de desplazamiento eléctrico, densidad de flujo eléctrico o excitación eléctrica.

Ductilidad. La ductilidad es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza.

## E

Engranaje. Conjunto de los dientes de una máquina.

Espira. Es un conductor cerrado plano.

Excitación. Está relacionado con el movimiento de cargas libres y con los polos magnéticos. También se le llama por razones históricas intensidad de campo magnético.

## F

Formón. Instrumento de filo muy cortante, semejante al escoplo, pero de boca más ancha y menos gruesa.

## **G**

Golpeteo. Serie de golpes poco fuertes.

## **M**

Modulación. Modificar los factores que intervienen en un proceso para obtener distintos resultados.

Monofásico. Se dice de la corriente eléctrica alterna que circula por dos conductores, una de tensión y el neutro.

## **O**

Oscilante. Efectuar movimientos de vaivén a la manera de un péndulo o de un cuerpo colgado de un resorte o movido por él.

## **P**

Piñón. Rueda pequeña y dentada que engrana con otra mayor en un mecanismo.

Pistón. Se trata de un émbolo que se ajusta al interior de las paredes del cilindro mediante aros flexibles llamados *segmentos o anillos*

Polaridad. Cualidad que permite distinguir cada uno de los terminales de una pila, batería u otras máquinas eléctricas de corriente continua

## **R**

Rebaba. Porción de materia sobrante que se acumula en los bordes o en la superficie de un objeto cualquiera.

Repeler. Acción y efecto de rechaza, no admitir a otra en su masa o composición.

## **S**

Scotch brite. Producto industrial de acondicionamiento de superficies - ruedas, pinceles, hojas, rollos, discos, cintas.

Silicón rojo. Producto formulado para formar juntas (parte en que se unen dos o más cosas) durables y resistentes a la temperatura.

Sujeción. Lo que se usa para sujetar.

## **T**

Termo contraíbles. Fina película cristalina pero muy resistente, para proteger de la humedad, suciedad, manipuleo, violación, etc. posibilitando a su vez agruparlos en cantidades

## **V**

Vástago. Varilla, barra que transmite el movimiento a algún mecanismo

## **W**

WD-40. Es una marca comercial de aceite penetrante El ingrediente activo del wd-40 es un aceite viscoso no volátil, que al aplicarse a ciertos elementos los lubrica y los protege contra la humedad

## **ABREVIATURAS Y SIGLAS**

PRC. Prosil, mezcla de componentes químicos que forman un sellador, o impermeabilizante de superficies basado en siliconas.

PSI. Unidad de presión libra-fuerza por pulgada cuadrada, más conocida como psi (del inglés pounds per square inch)

SAE International (SAE). Es una organización para los profesionales de ingeniería de la movilidad en el sector aeroespacial y automotriz.

RPM. Revoluciones por minuto.

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

Aceros BÖHLER del ecuador S.A. Manual de aceros especiales.

Mechanic Handbook FAA

FAA Electrical Advisory Circular

Lear Siegler Overhaul Manual for Starter Generator

Lucas Aerospace Overhaul and Maintenance Manual

BHT 212 Maintenance Manual

BHT 412 Maintenance Manual

BHT 206 Maintenance Manual

### PÁGINAS WEB

Diccionario de la lengua española. Wordreference.

<http://www.wordreference.com/es/>

Electricidad futurista. "Alternador".

[http://electricidadfuturista.blogspot.com/2009\\_05\\_01\\_archive.html](http://electricidadfuturista.blogspot.com/2009_05_01_archive.html)

Electricidad general: conceptos físicos y técnicos "El alternador"

<http://www.mailxmail.com/curso-electricidad-fisicos-tecnicos/alternador-dinamo>

Física "Magnetismo".

[http://www.fisicanet.com.ar/fisica/magnetismo/ap01\\_campo\\_magnetico.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/magnetismo/ap01_campo_magnetico.php)

Recursos para el área de física "Magnetismo".

[http://www.quimicaweb.net/grupo\\_trabajo\\_fyq3/tema9/index9.htm](http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema9/index9.htm)

Sabelotodo.org. "Sistema de encendido".

<http://www.sabelotodo.org/automovil/sistencendido.html>

Sabelotodo.org. "Arranque del motor del automóvil"

<http://www.sabelotodo.org/automovil/arranque.ht>



ANEXO A  
ANTEPROYECTO  
**EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

**1.1 Planteamiento del problema**

AEROMASTER AIRWAYS S.A. (AMSA) según las Autoridades Aeronáuticas competentes posee el Permiso de Mantenimiento Mayor para Helicópteros y Aviones, reparación de aeronaves y sus componentes, bajo normas RDAC 145, Servicios Especializados de Carga Externa con helicópteros bajo las Normas 133 y Servicio de transporte Aéreo de Carga y Pasajeros con aviones y helicópteros bajo la norma 135. Todas las normas son equivalentes a los estándares internacionales de las FAR, Federal Aviation Regulations.

AEROMASTER AIRWAYS ha sido certificada por la fábrica BELL HELICOPTER TEXTRON como único Customer Service Facility (Centro Autorizado de Mantenimiento) en Ecuador; por las compañías COMPOSITE TECHNOLOGY INC., para reparación y venta de palas de aviación; KEYSTONE ENGINE SERVICES la nombró su representante para mantenimiento de turbinas Rolls-Royce.

El personal administrativo, pilotos, mecánicos, auxiliares y personal operativo de soporte involucrados, están enfocados en las necesidades del cliente. Dentro del staff cuenta con personal técnico - operativo con licencias FAA, JAR, DAC, DNA, DGAC.

Dentro de los certificados y habilitaciones de vuelo AEROMASTER AIRWAYS S.A. cuenta con:

- Certificado de explotador de servicios aéreos N° 063 para operaciones de servicio de transporte aéreo no regular nacional de pasajeros, carga, correo y operaciones de transporte aéreo especial bajo la parte 135, otorgado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Aviación Civil,

- Certificado de Operación N° 012 autorizado a combinación de carga/helicóptero categoría A, B y C, otorgado por el Ministerio de Transportes y comunicaciones de la Dirección General de Aviación Civil de Perú.
- Permiso de operación de Aviación Comercial – trabajo aéreo :carga externa con referencia vertical bajo la parte RDAC 133, otorgado por la Dirección General de Aviación Civil del Perú con resolución directoral N° 173-2007-mtc/12
- Certificado de Transportador Aéreo (AOC) AMA-135-028
- Certificado de Concesión de transporte aéreo público no regular de carga y pasajeros resolución del Consejo Nacional de Aviación Civil del Ecuador (CNAC)
- Certificado de Trabajos Aéreos resolución N° 04/213 de la Dirección General de Aviación Civil de Ecuador.
- Certificado de Operaciones de Helicópteros con carga externa clase A y B N° AMA-133-002 otorgado por la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador.
- Certificado de miembro de la Helicopter Association International con sede en los estados unidos de norte América

AMSA en calidad de empresa está en la obligación de cumplir con las exigencias dispuestas por la autoridad aeronáutica y el cliente, entre una de estas obligaciones es contar con Laboratorios de alto nivel que aporte al perfeccionamiento en los distintos servicios que brinda.

AMSA cuenta con un Hangar y en este con un área que permite desempeñar trabajos o tareas de mantenimiento, overhaul y reparación lo que facilita a su personal su rendimiento.

Para esto es beneficioso e importante que AMSA siga avanzando en su afán de alcanzar la excelencia en sus servicios con mira de ofrecer la mejor calidad en el campo de la aviación, para ello es fundamental buscar nuevas

alternativas y medios que faciliten todas las tareas de mantenimiento y así hacer de AMSA una excelencia.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuáles serían las nuevas alternativas de soporte técnico, para el mejoramiento del trabajo en el Área de Mantenimiento Eléctrico de AMSA.?

## **1.3 Justificación e importancia**

- Esta investigación permitirá conocer varias alternativas de soporte técnico que van a ayudar en los procedimientos de mantenimiento.
- Es fundamental el desarrollo de la investigación ya que ofrecerá añadir propuestas de mejoramiento que encaminen a AMSA a un progreso que le permita ser más competitivo.
- La investigación pretende que los técnicos tengan una mayor facilidad para realizar los trabajos que cumplen.
- La ejecución de la investigación brindará procedimientos nuevos que ayudarán a mejorar el desempeño en el mantenimiento aeronáutico.
- La investigación busca que los técnicos se sientan cómodos para brindar un trabajo satisfactorio.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Generales**

Realizar estudios de investigación que den como resultado nuevas alternativas de innovación y mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento de AMSA.

### **1.4.2 Específicos**

- Recolectar información concerniente a la investigación.

- Analizar la situación actual del trabajo en las diferentes áreas de mantenimiento y su desarrollo con el soporte técnico que cuentan.
- Detectar cuales son las fortalezas y debilidades con las que cuenta el Taller de Mantenimiento.
- Analizar las tareas de mantenimiento que los técnicos ejecutan con dificultad.
- Realizar encuestas al Gerente de Mantenimiento y al personal técnico de AMSA.
- Apelar a Capacitación Aeronáutica que permitan sacar aspectos positivos y aplicarlos en el proyecto.
- Buscar asesoramiento de personas que conozcan o hayan tenido experiencia en otras Empresas Aeronáuticas civiles o militares.

## **1.5 Alcance**

Este trabajo de investigación pretende ofrecer beneficios a corto plazo y de manera primordial a los técnicos de mantenimiento en el área eléctrica, específicamente en su rendimiento en el trabajo, ya que les proporcionará mayor facilidad en los procedimientos y en la calidad que AMSA imprime en todos los servicios técnicos a su cargo.

## PLAN METODOLÓGICO

### 2.1.- Modalidad básica de la investigación

**Documental y bibliográfica.-** se utilizará esta modalidad de investigación debido a que se obtendrá información de aportación para este proyecto en textos acerca del tema, para lo cual será útil investigar en bibliotecas, órdenes técnicas, manuales y documentos donde se guarda información relacionada con equipos de mantenimiento y también se recopilará información necesaria de fuentes de internet.

**Campo.-** Esta permitirá realizar una investigación detallada, proceso que se basará en la búsqueda de asesoramiento necesario de distintas fuentes que permita dar solución al problema expuesto, además debido a las múltiples actividades que involucran el contacto directo con el personal del hangar de Mantenimiento de AMSA, esta información nos servirá posteriormente para desarrollar el marco teórico.

### 2.2.- Tipos de investigación

Se utilizará la investigación **no experimental** porque las variantes no pueden ser intervenidas, es cierto que con el transcurso del tiempo y la falta de un adecuado proceso de actualización permanente, produce efectos en las labores de mantenimiento de los técnicos de AMSA.

Problema al cuál se dará solución por medio del estudio y aplicación de una adecuada optimización y mejoramiento de los talleres mediante nuevos equipos, que permitirá facilitar el trabajo y por ende la calidad de los servicios de mantenimiento.

También se utilizará una **investigación cuasi experimental**, ya que permitirá de una u otra manera realizar pruebas técnicas y de funcionamiento en forma deliberada de los talleres, para conocer mejor sus necesidades.

### **2.3.- Niveles de investigación**

Se realizará una **investigación exploratoria**, ya que permitirá identificar el problema y examinarlo mediante la aplicación de otros procedimientos lógicos de investigación complementarios, a través de la observación, encuestas y de ser necesario las entrevistas partiendo de una muestra, como son las personas y técnicos dentro del área de mantenimiento con énfasis en el área eléctrica para así desarrollar de mejor manera la investigación.

La **Investigación descriptiva** permitirá describir el problema en estudio, detallando cada una de las situaciones, es decir cómo es y cómo se manifiesta la carencia de equipos facilitadores dentro de los talleres de Mantenimiento acordes a la calidad de servicio impartida por AMSA

### **2.4 Universo, Población y Muestra.**

Para alcanzar mejores resultados estadísticos de la investigación será necesario señalar que el universo será el personal de operaciones y mantenimiento de AMSA, teniendo como población investigada al personal administrativo de mantenimiento y sus técnicos, siendo seleccionados los técnicos del Área de Mantenimiento, mismos que están al tanto de la deficiencia existente actualmente en los talleres.

### **2.5.- Recolección de datos**

#### **2.5.1.- Técnicas**

- **Bibliográfica**

Esta investigación tiene la necesidad de utilizar las técnicas bibliográficas para recolectar información complementaria para la investigación acerca de estudios realizados, presupuesto de herramientas y materiales, listado del personal involucrado en la población, información de internet y demás registros concernientes a la investigación.

- **De Campo**

La observación ayudará a conseguir un registro sistemático de las tareas que se deben realizar en el taller de mantenimiento de AMSA para que sea el complemento idóneo para mejorar y facilitar los procesos de mantenimiento de los componentes y aeronaves para los cuales está certificada.

La **Encuesta** permitirá recopilar información del desarrollo de las labores de mantenimiento de los técnicos así como las condiciones actuales del taller, es importante señalar que esta encuesta es de tipo Encuesta Auto-administrada, fue elegida como la más idónea para llegar a conocer mejor cada uno de los criterios de los técnicos y realizar un análisis mediante el uso del cuestionario.

Esta actividad metodológica se aplicará tanto al personal administrativo del área de Mantenimiento como de técnicos logrando así abarcar todos los aspectos existentes para de esa manera dar solución al problema expuesto.

## **2.6.- Procesamiento de la información**

El procesamiento de la información se lo realizará mediante los siguientes pasos:

1. Revisión crítica de la información recogida.
2. Limpieza de la información defectuosa.
3. Para facilitación de la interpretación de los datos obtenidos se utilizarán procedimientos estadísticos.

## **2.7 Análisis e interpretación de resultados**

El análisis se lo ejecutará de acuerdo a los datos obtenidos en todo el proceso de investigación, estos ayudarán a determinar la situación actual de los talleres

La interpretación de los resultados será determinada mediante la aplicación de procedimientos estadísticos, los mismos que permitirá una visión más clara de los problemas y necesidades que atraviesa el Taller de Mantenimiento Eléctrico de AMSA.

## **2.8 Conclusiones y recomendaciones de la investigación.**

Las conclusiones y recomendaciones de la investigación se las obtendrán una vez desarrollada la misma.



## EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

### 3.1. Marco Teórico

#### 3.1.1 Antecedentes de la Investigación.

Durante el desarrollo de la investigación documental bibliográfica en la biblioteca del ITSA, se verificó la existencia de trabajos de grado realizados por estudiantes, los cuales fueron de mucha ayuda ya que aportaron a la investigación con sus propuestas y estudios realizados al área de Mantenimiento Eléctrico de diversas empresas de aviación, los que serán citados en la siguiente tabla tomando en cuenta que son los trabajos más relevantes con relación a los objetivos.

**Tabla 1** Proyectos de grado desarrollados en el ITSA.

TEMA	AUTOR	Nº
Construcción de un Banco de Pruebas para los Generadores Modelo 23048-016 para los Helicópteros Bell 206 de la Aviación Naval	VALLE Torres, Iván Segundo	152
Construcción de un banco de prueba para el generador arrancador del avión Dornier 328 de la aerolínea vuelos internos privados VIP S.A.	VEINTIMILLA Andrade, Willian Hernán	189
Implementación de un Banco de Prueba para la Reparación y Mantenimiento del Generador Arrancador del Avión Aarava T-201 del Grupo Aéreo del Ejercito N.-44	PAUCAR Tusa Marco Vinicio	128

Pastaza.		
----------	--	--

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Carrasco Lenin

Así también cabe indicar que no mencionan en la tabla otros trabajos estupendos ya que no tienen una relación fuerte con los objetivos que se plantearon para nuestro estudio.

### **3.1.2 Fundamentación teórica.**

Las Certificaciones y Habilitaciones de mantenimiento con que AEROMASTER AIRWAYS S.A. cuenta son:

- Certificado de Habilitación taller de Mantenimiento Aeronáutico parte 145, N° TMAE-N-AMSA-EMH-123-2N otorgado por la Dirección General de Aviación Civil del Ecuador (DGAC)
- Certificado taller de Mantenimiento Aeronáutico especializado, Resolución 03/009 otorgado por la Dirección General De Aviación Civil del Ecuador (DGAC).
- Certificado de taller Aeronáutico N° 1B-410 otorgado por la Dirección Nacional de Aeronavegabilidad de la República Argentina
- Certificado de Customer Service Facility de centro de servicios, mantenimiento y overhaul otorgado por La Compañía BELL HELICOPTER TEXTRON de los Estados Unidos de Norte América
- Certificado de miembro de la Helicopter Association International con sede en los Estados Unidos de Norte América.

Los principales servicios técnicos de mantenimiento que AMSA realiza bajo las certificaciones anteriormente enunciadas son:

Inspección mayor y reparación de estructuras aviones y helicópteros, chequeo de peso y balance de aeronaves, inspección, calibración y reparación de componentes mecánicos, inspección, calibración y reparación de componentes

eléctricos, inspección, calibración y reparación de aviónicos (sistemas de aproximación, radios), inspección y calibración de sistemas de tubos pitot estático, inspecciones no destructivas (NDT).

Dentro del mantenimiento de componentes eléctricos es necesario mencionar que una de las mayores actividades que se desarrollan en el Taller de Electricidad es el mantenimiento de los arrancadores generadores y actualmente cuenta con los instrumentos y equipos básicos pero el aumento y crecimiento de los servicios demandan de equipos o bancos que faciliten y garanticen el trabajo realizado.

La flota de helicópteros con los que cuenta AMSA se mantiene en constante prestación de servicios necesitando de un mantenimiento continuo de todos y cada uno de sus componentes de acuerdo a sus horas de vuelo, así los arrancadores generadores como elementos vitales requieren de mantenimiento, esto se realiza en el Taller de Electricidad .

El Mantenimiento se lo cumple de acuerdo a las Órdenes Técnicas y Manuales del Fabricante de los arrancadores generadores, y dentro de éste último menciona en el procedimiento un test después del mantenimiento realizado y así corroborar el trabajo cumplido.

Para realizar este test es necesario contar con un módulo de comprobación en el cual se somete al arrancador generador para medir los parámetros eléctricos de trabajo y contrastarlos con los nominales.

### **3.1.2 Fundamentación Legal.**

En los tomos de Recopilación de Derecho Aeronáutico, se encuentra el fundamento técnico legal que sustenta la presente investigación, que textualmente indica

ESTACIONES DE REPARACIÓN

SUBPARTE B – CERTIFICACION

**145.59 Habilitaciones**

(a) *Habilitación de Estructuras*

- (1) Clase 1: Construcción compuesta de aeronaves pequeñas
- (2) Clase 2: Construcción compuesta de aeronaves grandes
- (3) Clase 3: Construcción totalmente metálica de aeronaves pequeñas
- (4) Clase 4: Construcción totalmente metálica de aeronaves grandes

(b) *Habilitación de Motores*

- (1) Clase 1: Motores de pistón de 400 caballos de fuerza o menos
- (2) Clase 2: Motores de pistón de más de 400 caballos de fuerza
- (3) Clase 3: Motores de turbina

(c) *Habilitación de Hélices*

- (1) Clase 1: Hélices de madera, metal o construcción compuesta, de paso fijo y paso variable en tierra.
- (2) Clase 2: Otras hélices, por marca.

(d) *Habilitación de Radios*

- (1) Clase 1: Equipo de Comunicaciones. El equipo de transmisión y/o recepción radial usado en una aeronave para enviar o recibir

comunicaciones en vuelo, sin importar la frecuencia o el tipo de modulación utilizados por el transportador. Este equipo incluye sistemas auxiliares y afines de intercomunicación, sistemas de amplificación, dispositivos de señales eléctricas o electrónicas entre la tripulación, y equipos similares de la aeronave. Este equipo no incluye al equipo usado para navegación o ayudas de navegación de la aeronave, equipos usados para medir altitud o distancia al terreno, otros equipos de medición operados por principios de radio o radar, o instrumentos mecánicos, eléctricos, giroscópicos o electrónicos que son parte del equipo de radiocomunicaciones.

(2) *Clase 2: Equipo de Navegación.* Un sistema de radio usado en una aeronave para navegación en ruta o de aproximación. Esto no incluye el equipo operado según los principios de radar o pulsación de la frecuencia radial, o el equipo utilizado para medir altitud o distancia al terreno.

(3) *Clase 3: Equipo de Radar.* Sistema electrónico de la aeronave operado según los principios de radar o pulsación de la frecuencia radial.

(e) *Habilitación de Instrumentos*

(1) *Clase 1: Mecánico.* Un diafragma, tubo de Bourdón, aneroide, óptico, o instrumento centrífugo accionado mecánicamente y utilizado en aeronaves o para operar las mismas, incluyendo tacómetros, indicadores de velocidad, derivómetros medidores de presión, brújulas magnéticas, altímetros, o instrumentos mecánicos similares.

(2) *Clase 2: Eléctrico.* Instrumentos y sistemas auto sincronizado e indicador eléctricos, incluyendo instrumentos indicadores remotos, medidor de temperatura de la cabeza del cilindro, o instrumentos eléctricos similares.

(3) *Clase 3:* Giroscópico: Un instrumento o sistema que utiliza principios giroscópicos y accionados por presión del aire o energía eléctrica, incluyendo unidades de control automático del piloto, indicadores de inclinación lateral y viraje, giroscopios direccionales y sus partes, y brújulas detectoras de inducción magnética y giróscopo direccional sincronizado.

(4) *Clase 4:* Electrónico. Un instrumento cuya operación depende de tubos de electrones, transistores, o dispositivos similares, incluyendo medidores de cantidad tipo capacitancia, amplificadores del sistema, y analizadores de motores.

(f) *Habilitación de Accesorios*

(1) *Clase 1:* Un accesorio mecánico que depende de fricción, hidráulica, conexión mecánica o presión neumática, para operar, incluyendo los frenos de las ruedas de una aeronave, bombas accionadas mecánicamente, carburadores, ensamblajes de las ruedas de la aeronave, puntales de los amortiguadores, y unidades servo hidráulicas.

(2) *Clase 2:* Un accesorio eléctrico que depende de la energía eléctrica para su operación, y un generador, incluyendo encendedores, reguladores de voltaje, motores eléctricos, magnetos de bombas RDAC 145 Normas de Vuelo Agosto-2007 5 Nueva Edición de combustible accionados eléctricamente, o accesorios eléctricos similares.

(3) *Clase 3:* Un accesorio electrónico que depende del uso de un transistor de tubo de electrones, o dispositivo similar, incluyendo supercargador, temperatura, controles de aire acondicionado, o controles electrónicos similares.

#### **145.61 Habilitaciones limitadas.**

(a) La DGAC podría emitir una habilitación limitada para una estación de reparación certificada que mantiene o altera únicamente un tipo particular de estructura, grupo motor, hélice, radio, instrumento o accesorio o parte del mismo, o realiza únicamente mantenimiento especializado que requiere equipo y destrezas que no se realizan ordinariamente bajo las habilitaciones de otra estación de reparación. Dicha habilitación puede estar limitada a un modelo específico de aeronave, motor, o parte constituyente, o a cualquier número de partes hechas por un fabricante en particular.

(b) La DGAC emite habilitaciones limitadas para:

- (1) Estructuras de una marca y modelo en particular
- (2) Motores de una marca y modelo en particular;
- (3) Hélices de una marca y modelo en particular;
- (4) Instrumentos de una marca y modelo en particular
- (5) Equipo de Radio de una marca y modelo en particular;
- (6) Accesorios de una marca y modelo en particular;
- (7) Componentes del tren de aterrizaje;
- (8) Flotadores, por marca;
- (9) Inspección no destructiva, pruebas y procesamiento;
- (10) Equipo de emergencia;
- (11) Palas del rotor, por marca y modelo; y,
- (12) Trabajos en tela para aeronaves.

(c) Para una habilitación limitada de servicios especializados, las especificaciones operacionales de una estación de reparación debe

contener la especificación utilizada para realizar el servicio especializado. La especificación puede ser:

- (1) Una especificación civil o militar actualizada utilizada por la industria y aprobada por la DGAC, o
- (2) Una especificación desarrollada por el aplicante y aprobada por la DGAC.

## SUBPARTE C - INSTALACIONES, FACILIDADES, EQUIPOS, MATERIALES

### DATOS

#### 145.101 Generalidades

Una estación de reparación certificada debe proporcionar, instalaciones, facilidades, equipos, materiales, y datos que cumplan con los requerimientos aplicables para la emisión del certificado y habilitaciones que posee la estación de reparación.

#### 145.103 Requerimientos de instalaciones y facilidades.

(a) Cada estación de reparación certificada debe proporcionar:

- (1) Instalaciones para las facilidades, equipos, materiales y personal, que sean consistentes con sus habilitaciones.
- (2) Facilidades para realizar, de la manera más apropiada, el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones de artículos o servicios especializados para los cuales está habilitado. Las facilidades deben incluir lo siguiente:
  - (i) Suficiente espacio y áreas de trabajo para una apropiada segregación y protección de los artículos durante todo el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones;
  - (ii) Áreas de trabajo segregadas que permitan operaciones peligrosas o sensibles para el medioambiente tales como pintura, limpieza, soldadura, trabajo de aviónica, trabajo electrónico, y maquinado, que se



deben realizar apropiadamente y que no afecten de manera adversa a otros artículos o actividades de mantenimiento o alteración;

(iii) Perchas, elevadores, bandejas, estanterías apropiadas y otros medios utilizados para la segregación durante el almacenaje y protección de todos los artículos que están siendo sometidos a mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones;

(iv) Suficiente espacio para segregar los artículos y materiales que están almacenados para su instalación, de aquellos artículos que están siendo sometidos a mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones; y,

(v) Suficiente ventilación, iluminación y control de temperatura, humedad, y otras condiciones climáticas suficientes para asegurar que el personal realice el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones según los estándares requeridos por esta Parte.

(b) Una estación de reparación certificada con una habilitación en estructuras debe proporcionar instalaciones permanentes y apropiadas para albergar el tipo y modelo más grande de aeronave listada en sus especificaciones operacionales.

(c) Una estación de reparación certificada puede realizar mantenimiento, mantenimiento preventivo, o alteraciones en artículos fuera de sus facilidades, si proporciona instalaciones apropiadas que sean aceptables por la DGAC y cumple con los requerimientos de la Sección 145.103(a) para que el trabajo se pueda realizar de conformidad con los requerimientos de la Parte 43 de las RDAC.

#### 145.107 Estación de reparación satélite

(a) Una estación de reparación certificada bajo el control administrativo de otra estación de reparación certificada podría operar como una estación de reparación satélite con su propio certificado emitido por la DGAC. Una estación de reparación satélite:

(1) No puede mantener una habilitación que no posea la estación de reparación certificada que lleva el control administrativo.

- (2) Debe cumplir con los requerimientos de cada habilitación que posee;
- (3) Debe presentar un manual de la estación de reparación aceptable para la DGAC según lo requerido por la Sección 145.207; y,
- (4) Debe presentar un manual de control de calidad aceptable para la DGAC, según lo requerido por la Sección 145.211(c).

(b) A menos que la DGAC indique lo contrario, se puede compartir el personal y el equipo de una estación de reparación certificada que lleva el control administrativo con el de cada una de las estaciones de reparación satélite. Sin embargo, el personal de inspección debe ser designado para cada estación de reparación satélite y tiene que estar disponible en cualquier momento en que se realice una determinación de aeronavegabilidad o de retorno al servicio. En otras circunstancias, el personal de inspección podría haber salido de las instalaciones y servicios, pero debe estar disponible por teléfono, radio, u otro medio de comunicación.

(c) Una estación de reparación satélite no podría estar localizada en un país que no sea el país de domicilio de la estación de reparación certificada y que lleva el control administrativo.

#### 145.109 Requerimiento de equipos, materiales y datos.

(a) A menos que la DGAC prescriba lo contrario, una estación de reparación certificada tiene que tener el equipo, herramientas y materiales necesarios para realizar el mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones de acuerdo a su certificado de estación de reparación y especificaciones operacionales y de conformidad con la Parte 43. Los equipos, herramientas y materiales tienen que estar localizados en las instalaciones y servicios y bajo el control de la estación de reparación cuando se está realizando el trabajo.

(b) Una estación de reparación certificada tiene que asegurar que todo el equipo de pruebas e inspección y las herramientas utilizadas para realizar las determinaciones de aeronavegabilidad de los artículos estén calibrados a un estándar aceptable por la DGAC.

(c) Los equipos, herramientas, y materiales tienen que ser de aquellos recomendados por el fabricante del artículo o tienen que ser al menos

equivalentes a aquellos recomendados por el fabricante y aceptados por la DGAC.

(d) Una estación de reparación certificada debe mantener, en un formato aceptado por la DGAC, los documentos y datos requeridos para la ejecución del mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones según su certificado y especificaciones operacionales, de conformidad con la Parte 43. Se debe mantener actualizados y accesibles los siguientes documentos y datos cuando se está realizando el trabajo pertinente:

- (1) Directivas de Aeronavegabilidad,
- (2) Instrucciones para una Aeronavegabilidad Continuada,
- (3) Manuales de Mantenimiento,
- (4) Manuales para Overhaul,
- (5) Manuales de Prácticas Estándar,
- (6) Boletines de Servicio, y
- (7) Otros datos aplicables, que sean aceptables o aprobados por la DGAC.

### **3.2. Modalidad básica de la Investigación**

La investigación documental y bibliográfica fue obtenida de los Tomos de Recopilación de Derecho Aéreo y las respectivas Órdenes técnicas los cuales aportaron al desarrollo del formato de FODA con los siguientes aspectos:

- Los requerimientos con los que deben cumplir las Estaciones de Reparación y Mantenimiento Aeronáutico certificadas por la D.G.A.C
- Las Órdenes Técnicas permitió saber que tareas de mantenimiento se pueden implementar en el Taller de Electricidad; además,
- Tipos de herramientas y equipos que utiliza esta empresa para el Mantenimiento Eléctrico.

La investigación de campo permitió mediante la observación saber cuáles son las fortalezas y debilidades con las que cuenta el Taller de Electricidad de AMSA, basándonos en el formato que se lo detalla más adelante en el anexo A, el cual arrojó los siguientes resultados:

## Fortalezas

- Cuenta con infraestructura apropiada.
- Cuenta con fuentes de alimentación eléctricas y neumáticas para los equipos y herramientas con motor.
- Cuenta con una política de valores que facilitan el trabajo en equipo.
- Tiene una distribución adecuada del espacio físico.
- Cuenta con normas de mantenimiento y limpieza del laboratorio.
- Cuenta con señalización y letreros de normas de seguridad en el trabajo.
- Cuenta con una batea de lavado.
- Hay un registro de todas las herramientas y equipos.
- Los equipos de protección personal están a la disposición de los Técnicos para trabajar con los equipos.
- Cuenta con la Documentación Técnica disponible y actualizada
- El Personal Técnico está siempre capacitado y en frecuentes cursos recurrentes.
- Cuenta con un programa de auditorías internas y externas.
- Cuenta con la confianza y aceptación del servicio por parte de sus clientes debido a sus altos estándares de calidad.

Las fotografías de los siguientes equipos nombrados las pueden observar en el anexo B.

- Cuenta con equipos contra incendios.
- Cuenta con botiquín de primeros auxilios.
- Cuenta con una iluminación y ventilación adecuada.
- Cuenta con los siguientes equipos y herramientas:
  - Herramientas especiales para Overhaul de los Arrancadores Generadores.
  - Equipo para chequeo de armaduras o rotores.
  - Equipo para asentamiento de carbones de los Arrancadores Generadores.
  - Máquina marcadora de cables.
  - Fuente de voltaje de Corriente Directa.
  - Analizador de Baterías de Níquel y Cadmio.

- Herramientas especiales para Baterías.

#### Oportunidades

- El apoyo incondicional por parte de la empresa para el desarrollo y superación de los técnicos.
- La empresa brinda capacitación interna a sus técnicos y la posibilidad de instrucción en el exterior.

#### Debilidades

- Debido al crecimiento de la demanda del trabajo en el Taller Eléctrico, el espacio físico se ha reducido.

#### Amenazas

- Una amenaza siempre presente es la competencia

### **3.3. Tipos de investigación**

Para la facilitación en el desarrollo de la investigación se recurrió a la investigación de tipo no experimental, debido a que hubo la ayuda de personas que han manipulado estos equipos en otras empresas las cuales nos brindaron información en los siguientes puntos:

- Información acerca de cómo estaba conformado el Taller donde realizan el mantenimiento de los arrancadores generadores.
- Facilitación de fotografías que describen el espacio físico del Taller.

Estos aspectos especificaron que tipos de tareas se pueden implementar al Taller Eléctrico de AMSA para facilitar los procesos de mantenimiento.

También se utilizó la investigación cuasi experimental, ya que nos permitió manipular en forma deliberada los equipos e instrumentos existentes, para conocer mejor su estado actual de funcionamiento.

Cabe recalcar que en AMSA existe un banco eléctrico que es utilizado únicamente para el asentamiento de carbones.

### **3.4. Niveles de investigación**

Mediante el nivel correlacional la investigación se desarrolló enfocándose a una comparación entre los apéndices respectivos 145 de los Tomos de Recopilación de Derecho Aéreo y la infraestructura y soporte técnico con que cuenta el Taller de Mantenimiento de AMSA.

Los resultados obtenidos en la comparación son:

Se resaltó que los equipos, herramientas, y materiales tienen que ser de aquellos recomendados por el fabricante del artículo o tienen que ser al menos equivalentes a aquellos recomendados por el fabricante y aceptados por la DGAC así la solución al problema investigado está mencionado dentro del Manual del fabricante.

La Investigación Descriptiva nos permitió describir la situación actual del taller Eléctrico, detallado en forma pormenorizada; obteniendo como conclusión la carencia de equipos para pruebas con generadores.

### **3.5. Universo, Población y Muestra**

El Departamento de Recursos Humanos nos proporcionó la información sobre el número de personas dentro del Área de Mantenimiento y el personal de Operaciones la cual nos fue muy útil para saber nuestra población.

La muestra que se tomó para la investigación fueron los involucrados en el Área de Mantenimiento debido a que estos son los encargados de las

actividades de mantenimiento lo cual es una ventaja ya que brindan información más veraz a la investigación.

### **3.6. Recolección de datos**

#### **3.6.1 Técnicas.**

La observación ayudó a obtener información concreta y real de la situación actual en la que se encuentra el Taller de Electricidad tanto en las condiciones de maquinaria y herramienta como en la distribución del espacio, esto sirvió como base para el desarrollo de la investigación y las técnicas que se utilizaron son:

La **Observación documental** permitió obtener el conocimiento científico bibliográfico que ayudó a construir el marco teórico.

La **Observación de campo**, se realizó en los talleres de Mantenimiento de AMSA; específicamente en el taller de Electricidad, a través del contacto directo con el personal técnico que laboran en los mismos.

La **Observación indirecta**, ya que el objeto de estudio se realizó sin dificultar el desenvolvimiento normal del personal.

La **Encuesta** permitió recopilar información pormenorizada de las condiciones actuales del taller desde diversos puntos de vista, tanto de la gerencia como de los técnicos; cabe señalar que se utilizó la encuesta de tipo Auto-administrada siendo esta la más idónea para llegar a conocer mejor cada uno de los criterios de los técnicos y realizar un análisis mediante el uso del cuestionario (Ver Anexos C), para lo cual se elaboraron 20 encuestas dirigidas al personal de Mantenimiento de un total de 2 áreas tomadas como población.

**Tabla 2. NÓMINA DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

1	ALENCASTRO JORGE
2	ÁVILA JOSE
3	CABEZAS LUIS
4	CARRAZCO LENIN
5	CENTORBI HORACIO
6	CHÁVEZ ALEXANDER
7	COSTALES RAÚL
8	ERAZO JOSÉ
9	ESPINOSA JORGE
10	FERRARIO ARIEL
11	GONZÁLES CARLOS
12	IZA EDWIN
13	LÓPEZ CARLOS
14	MACHUCA WALTER
15	MACÍAS JUNIOR
16	MEDINA PEDRO
17	MEDINA ALONSO
19	PERUGACHI WILLIAM
20	SANDOVAL MARCELO



### 3.7. Procesamiento de la información

Tabla 3. Tabla estadística de frecuencia FODA

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje Válido	Porcentaje acumulativo
Fortalezas	17	80.95	80.95	80.95
Oportunidades	2	9.52	9.52	90.47
Debilidades	1	4.76	4.76	95.23
Amenazas	1	4.76	4.76	100.0
Total	21	100.0	100.0	

Fuente: Formato FODA

Elaborado por: Lenin Carrazco

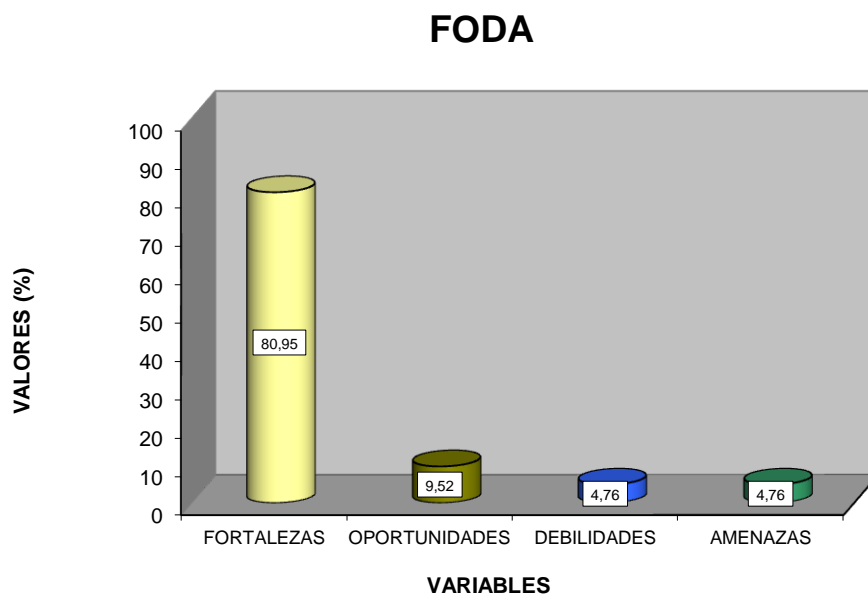


Fig. 1. Estadística FODA

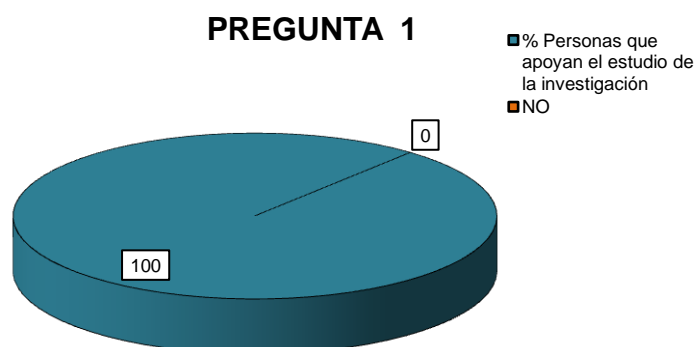
1.- ¿Cree Ud. que se debería realizar proyectos de investigación en AMSA que den como resultado nuevas alternativas de soporte técnico en el área de mantenimiento eléctrico?

**Tabla 4. Frecuencia de resultados Pregunta 1**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos				
Si	19	100	100	100
No	0	0	0	0
Total	19	100,0	100,0	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin



**Fig. 2. Estadística pregunta 1**

2.- ¿Cree Ud. que la implementación de equipos de soporte técnico en el taller eléctrico mejoraría la gestión de mantenimiento?

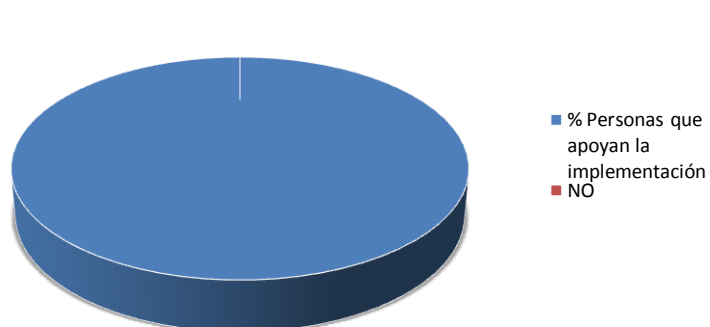
**Tabla 5. Frecuencia de resultados Pregunta 2**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos				
Si	19	100	100	100
No	0	0	0	0
Total	19	100,0	100,0	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin

## PREGUNTA 2



**Fig. 3. Estadística pregunta 2**

3.- Considera que el equipo de soporte técnico para el área de mantenimiento eléctrico es:

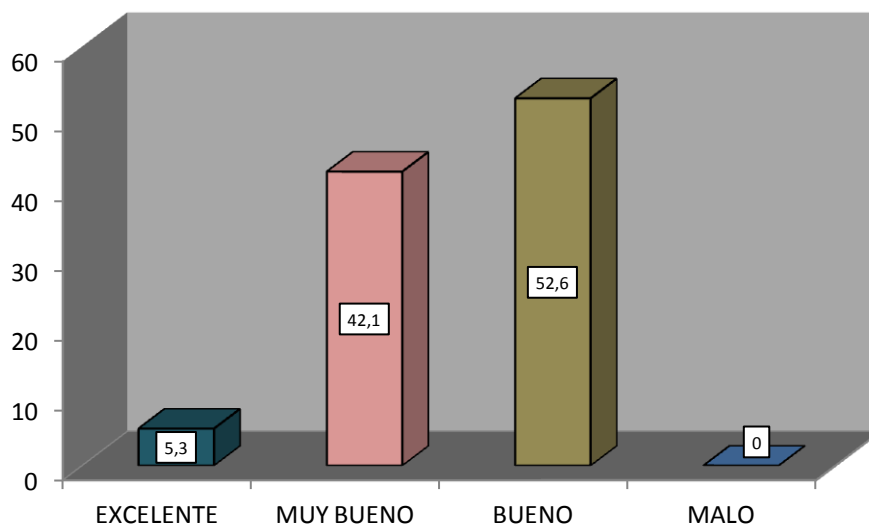
**Tabla 6. Frecuencia de resultados Pregunta 3**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentajes Válidos	Porcentaje Cumulativo
Válidos EXCELENTE	1	5.3	5.3	5.3
MUY BUENO	8	42.1	42.1	47.4
BUENO	10	52.6	52.6	100.0
MALO	0	0	0	100.0
Total	19	100.0		

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin

### PREGUNTA 3



**Fig. 4. Estadística pregunta 3**

4. - Seleccione de 1 a 5, siendo 5 la mayor y 1 la menor, ¿Cuál cree Ud. que es el nivel de facilidades con que cuenta el taller eléctrico para realizar el mantenimiento de los arrancadores generadores?

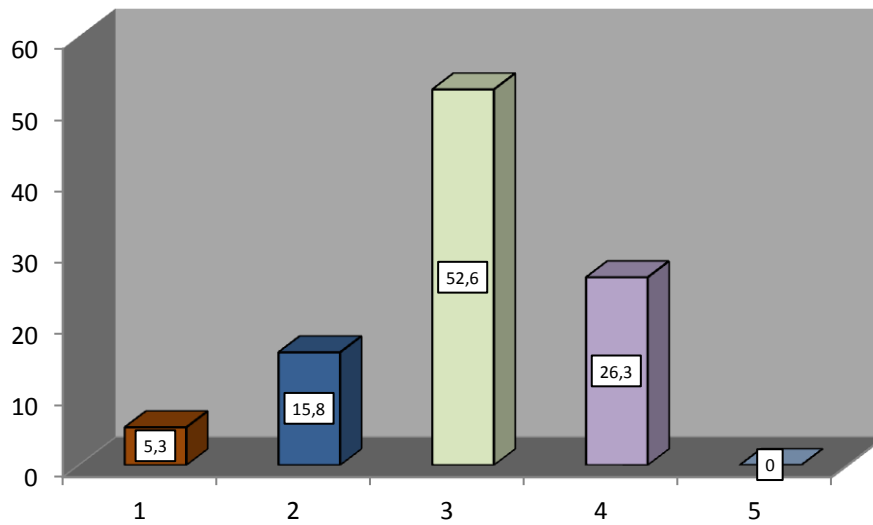
**Tabla 7. Frecuencia de resultados Pregunta 4**

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
	a	e	s Válidos	Cumulativo
Válidos	1	5.3	5.3	5.3
	2	15.8	15.8	21.1
	3	52.6	52.6	73.7
	4	26.3	26.3	100
	5	0	0	100
Total	19	100.0		

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin

### PREGUNTA 4



**Fig. 5. Estadística pregunta 4**

5.- ¿Qué banco de prueba de la siguiente lista cree Ud. que sería de mayor prioridad en el taller eléctrico para su implementación?

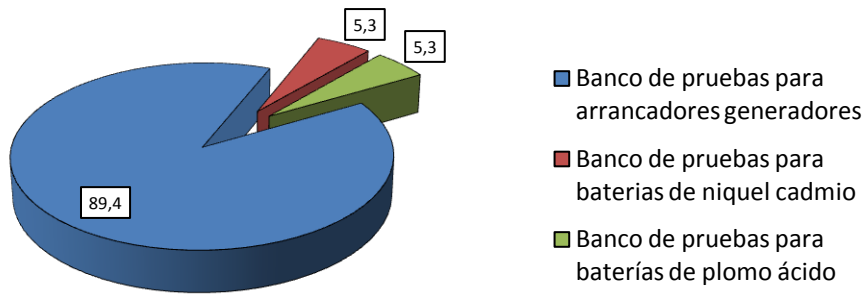
**Tabla 8. Frecuencia de alternativas Pregunta 5**

	Respuestas	
	N	Porcentaje
Bancos de prueba		
Arrancadores	17	89.4
Generadores		
Baterías Níquel y Cadmio	1	5.3
Baterías de Plomo Ácido	1	5.3
Total	19	100

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin

## PREGUNTA 5



**Fig. 6. Estadística pregunta 5**

6.- ¿Ordene de acuerdo a la importancia que Ud. considera los aspectos que se deben tomar en cuenta para la construcción de un banco de pruebas?

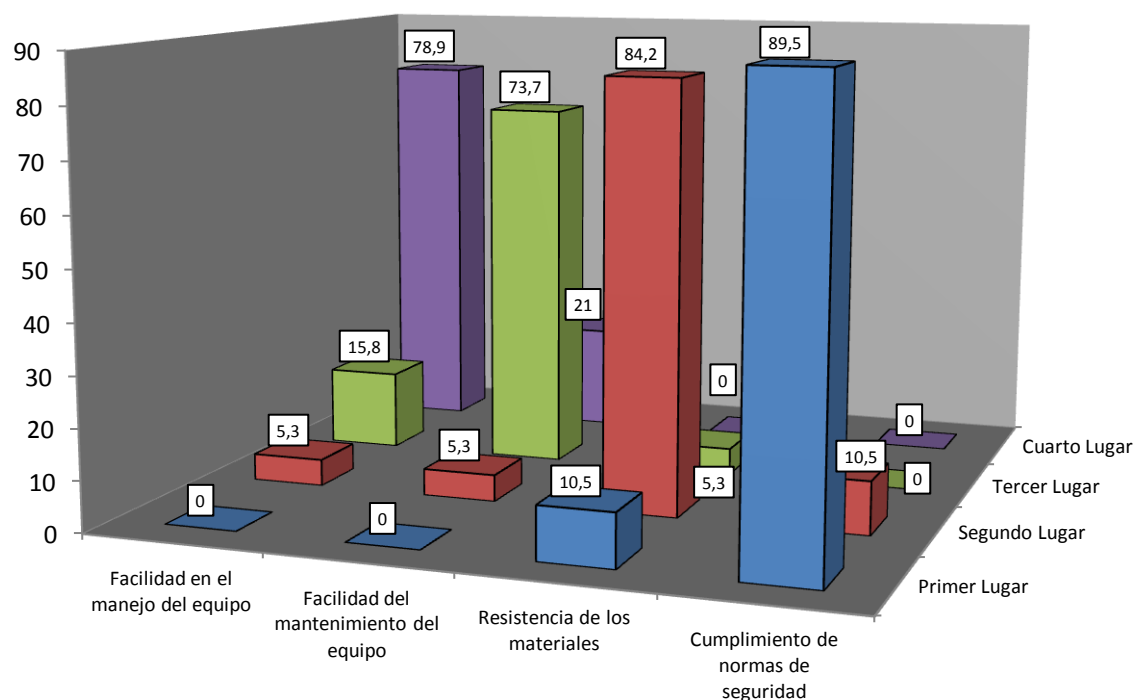
**Tabla 9. Frecuencia de importancia**

	Facilidad en el manejo del equipo		Facilidad del mantenimiento del equipo		Resistencia de los materiales		Cumplimiento de normas de seguridad	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Primer Lugar					2	10.5	17	89.5
Segundo Lugar	1	5.3	1	5.3	16	84.2	2	10.5
Tercer Lugar	3	15.8	14	73.7	1	5.3		
Cuarto Lugar	15	78.9	4	21.0				
Total	19	100.0	19	100.0	19	100.0	19	100.0

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin

### PREGUNTA 6



**Fig. 7. Estadística pregunta 6**

7.- ¿Cree Ud. que es importante que un banco de pruebas debe contar con un manual de manejo y mantenimiento?

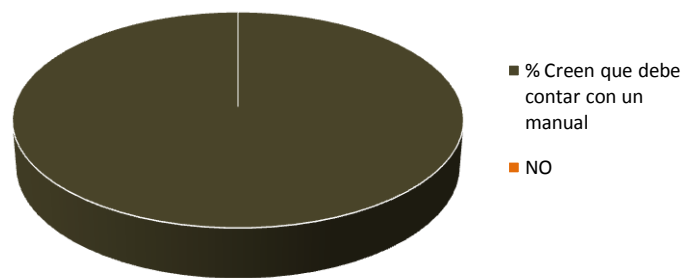
**Tabla 10. Frecuencia de resultados Pregunta 7**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	19	100	100	100
	No	0	0	0	0
	Total	19	100,0	100,0	

Fuente: Encuestas

Elaborado por: Carrasco Lenin

## PREGUNTA 7



**Fig. 8. Estadística pregunta 7**

8.- ¿Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento de los arrancadores generadores?

Cada 100h, 300h,y 1000h para Overhaul.

### 3.8. Análisis e interpretación de resultados

Análisis de la **tabla 4**: Esta pregunta se la utilizó con el propósito de conocer si los técnicos le van a prestar el debido interés a la encuesta, ya que la información obtenida de la misma será de suma importancia para concluir con la investigación.

Interpretación de la **tabla 4**: Del total de los técnicos que colaboraron con la encuesta el 100% de ellos está interesado en que se busque nuevas alternativas de soporte técnico en el área de mantenimiento eléctrico.



Análisis de la **tabla 5**: Esta pregunta está enfocada a saber si las alternativas de implementación planteadas facilitarían la gestión de mantenimiento de los técnicos.

Interpretación de la **tabla 5**: Las encuestas nos dieron como resultado que el 100% de los técnicos cree que los procedimientos de mantenimiento se facilitarían con la implementación de equipos de soporte técnico.

Análisis de la **tabla 6**: La finalidad de esta pregunta es conocer en qué estado se encuentran los actuales equipos con que cuenta el taller de mantenimiento eléctrico.

Interpretación de la **tabla 6**: Una gran parte de los encuestados han calificado que el equipo de soporte técnico está entre bueno con un 52.6% y muy bueno con un 42.1%, es así que se hace necesario alternativas de mejoría.

Análisis de la **tabla 7**: La intención de esta pregunta es conocer la manera en que se realiza el mantenimiento de los arrancadores generadores en el taller.

Interpretación de la **tabla 7**: El resultado de las encuestas nos dice que la facilidad de mantenimiento oscila entre un nivel medio bajo apuntando a un avance en los procesos de mantenimiento.

Análisis de la **tabla 8**: El propósito de esta pregunta es llegar a conocer la mayor necesidad o alternativa de implementación posible para el taller de mantenimiento eléctrico.

Interpretación de la **tabla 8**: La gran mayoría de los encuestados apoyan que la alternativa de implementación de un módulo de comprobación para los arrancadores generadores es de mayor prioridad con un 89.4%.

Análisis de la **tabla 9**: La intención de esta pregunta es reconocer los factores más importantes que intervienen en la construcción de un módulo de comprobación.

Interpretación de la **tabla 9**: Las encuestas dieron como resultado que el cumplimiento de las normas de seguridad son los aspectos más importantes que hay que tomar en cuenta para una construcción.

Análisis de la **tabla 10**: La intención de esta pregunta es reconocer los factores más importantes que intervienen en la construcción de un módulo de comprobación..

Interpretación de la **tabla 10**: Las encuestas dieron como resultado que el cumplimiento de las normas de seguridad son los aspectos más importantes que hay que tomar en cuenta para una construcción.

Interpretación de la pregunta **8**: La encuesta arrojó como resultado que los arrancadores generadores se someten a mantenimiento en unos períodos o intervalos de acuerdo a las horas de operación, regularmente se realizan a las 100h, 300h y el overhaul a las 1000h.

### 3.9. Conclusiones y recomendaciones de la investigación

#### Conclusiones

- El estudio de Fortalezas y Debilidades contribuyó a concluir que acciones positivas se han ejecutado para el mejoramiento del mantenimiento en el taller eléctrico las mismas que son:
  - Actualización continua de los equipos necesarios para el mantenimiento eléctrico.
  - La distribución de equipos y herramientas en el Taller de Mantenimiento Eléctrico.
- Además el estudio de Fortalezas y Debilidades ayudó a concluir cuales son las acciones que son necesarias complementar y ejecutar en el Taller Eléctrico para seguir mejorando los procesos de mantenimiento en esta área, tales como:
  - El crecimiento de actividades en el área eléctrica demanda de mayor espacio físico.
- La encuesta permitió concluir que los Técnicos de Mantenimiento requieren de equipos que faciliten o agilicen los procedimientos más frecuentes en el Taller Eléctrico.
- Mediante la encuesta se concluye que la frecuencia de mantenimiento de los arrancadores generadores hacen necesario la implementación de un módulo de comprobación eléctrico con un 89.4%
- Mediante la encuesta se detectó que los aspectos más importantes son las normas de seguridad con la que cuenta la empresa y su rigurosidad en los procedimientos de mantenimiento en cualquiera de las áreas.
- AMSA está cumpliendo con la mayoría de los requerimientos que establece la parte 145 de los Tomos de Recopilación de Derecho Aéreo que hace

- referencia a la Certificación de Estaciones de Reparación pero la visión de la empresa hacen necesaria el constante avance y mejora en sus procesos de mantenimiento.
- La investigación permitió concluir que el Banco para el asentamiento de las escobillas de los arrancadores generadores con que cuenta el taller no abastece a la necesidad de comprobar las propiedades eléctricas después de cada mantenimiento.
- Por la rotación de sus elementos los generadores producen una contaminación por ruido que es indispensable aislar y reducir dicha contaminación adecuando un área proporcional a los aspectos que una estación de reparación debe brindar de acuerdo a la parte 145 planteada en las RDAC.

### **Recomendaciones**

- En base a la parte 145.103 Requerimientos de instalaciones y facilidades se recomienda que una estación de reparación debe proporcionar las facilidades, equipos, materiales y personal, que sean consistentes con sus habilitaciones, así AMSA está en la obligación de contar con el equipo de soporte técnico necesario para las tareas de mantenimiento.
- En la misma sección consta que una estación de reparación debe contar con suficiente espacio y áreas de trabajo para una apropiada segregación y protección de los artículos durante todo el mantenimiento preventivo o alteraciones, entonces es recomendable que el Taller Eléctrico requiera de una ampliación.
- Siguiendo la sección 145.103 nos indica que una estación de reparación debe proporcionar áreas de trabajo segregadas que permitan operaciones peligrosas o sensibles para el medio ambiente y que no afecten de manera

- adversa a otros artículos o actividades de mantenimiento o alteración, así es recomendable que las actividades concernientes a los arrancadores generadores objeto de nuestra investigación son fuente de contaminación por el ruido que causa y requiere de un aislamiento de las demás áreas.

## **4. Factibilidad del Tema**

### **4.1 Técnica**

Analizando la situación actual de la empresa AEROMASTER AIRWAYS S.A. en el departamento de mantenimiento de helicópteros y saber con qué herramientas, manuales didácticos, módulos de comprobación y demás equipos de soporte técnico cuenta el Taller de Mantenimiento, para de esta manera poder orientar a los técnicos inmersos en la investigación a un rumbo definido y claro, para lo cual se utilizó una entrevista dirigida al encargado del Departamento de Mantenimiento, usando la técnica de la observación y un análisis de Fortalezas y Debilidades realizadas a los laboratorios.

La entrevista ayudó a obtener información de las tareas de mantenimiento que se pueden realizar en los Laboratorios así como también de las herramientas que existen en el pañol de overhaul y saber si existen manuales didácticos, módulos de comprobación en la que los técnicos se puedan guiar para realizar mantenimientos específicos en los helicópteros ya sea de construcción como de reparación de alguna parte o subparte del mismo dando como resultado la necesidad de implementar un módulo de comprobación para los arrancadores – generadores , la misma que contenga todos los elementos y especificaciones técnicas de un módulo de comprobación real, la construcción de este módulo de comprobación se la realizará en el departamento de mantenimiento, la maqueta servirá para reparación, mantenimiento y overhaul de los arrancadores – generadores de toda la flota de helicópteros con los que cuenta AMSA dando como resultado un mejor rendimiento y efectividad, cumpliendo así con la satisfacción del cliente; este módulo de comprobación contendrá todos los pasos, procedimientos y especificaciones técnicas para el desarrollo del mismo. Éste proyecto va a ser de vital importancia para los técnicos ya que abarca un mantenimiento rápido y eficaz en los arrancadores - generadores, la

construcción de éste ayudará a reducir costos a la empresa y lo más importante a garantizar el servicio a mencionados componentes.

## **4.2 Legal**

Específicamente la RDAC 145 que trata sobre las Estaciones Reparadoras de Mantenimiento Aeronáutico, la subparte C, que habla acerca de las facilidades que deben proveer las estaciones reparadoras con certificación de DGAC, con requerimientos de instalaciones y facilidades en el artículo 145.103 que debe tener la empresa basándose en el apéndice (a) en la cual encontramos lo que respecta a las facilidades de mantenimiento, mantenimiento preventivo o alteraciones.

Así como también en el artículo 145.109 dando un requerimiento de equipo y materiales como estación reparadora afirmándose en el apéndice (a)(b)(c).

## **4.3 Operacional**

Con la finalización de la construcción de este banco de pruebas, se obtendrá grandes beneficios, específicamente al técnico que lo utilizará para trabajar con los arrancadores - generadores, mencionando que en el Departamento de Mantenimiento quedará el manual de operación del módulo de comprobación en el cual los técnicos se guiarán para poder utilizar el mismo.

Es vital además no olvidar los principios básicos de seguridad dentro de un taller de mantenimiento para la manipulación de las herramientas y equipos, teniendo en cuenta los valores básicos de respeto para el manejo del manual con el objetivo de conservarlo en buen estado.

#### 4.4 Económico financiero, análisis costo-beneficio (tangibles e intangibles)

Tabla 11. Costos de materiales para el circuito eléctrico y electrónico

ITEM	DESIGNACION	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO PARCIAL
1	MOTOR TRIFASICO 3HP	1	350	350
2	AMPERIMETRO DE 0-15ADC	2	20	40
3	VOLTIMETRO DE 0-30VDC	1	15	15
4	BOTONERA DOBLE	1	10	10
5	TACÓMETRO	1	30	30
6	TERMINALES	30	0.10	3
7	CABLE CONDUCTOR	15m	0.30	4.50
8	SWITCHES	6	2	12
9	PORTAFUSIBLES	5	1	5
10	BORNERA DE CONEXIONES	2	4	8
11	LÁMPARA INDICADORA	3	0.60	1.80
12	ALAMBRE TRIFÁSICO #10 AWG	5m	1.10	5.50
13	ENCHUFE TRIFÁSICO	1	12	12
14	FUSIBLES	5	0.80	4
15	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS		60	60
	<b>TOTAL</b>			<b>560.80</b>

Tabla 12. Costo de materiales para la estructura metálica

1	PLANCHA DE TOL	1	70	70
2	TUBO CUADRADO	2	7.5	15
3	ÁNGULO	2	6	12
4	REMACHES	200	0.02	4
5	ELECTRODOS	6LB	1.50	9
6	TORNILLO Y PERNOS	130	0.076	10
	<b>TOTAL</b>			<b>120</b>

**Tabla 13. Costo de materiales complementarios del módulo**

1	BASE METÁLICA	1	20	20
2	BANDA	1	7	7
3	POLEA	2	20	40
4	PINTURA	1	10	10
5	ESTADÍA EN QUITO			200
6	TRANSPORTES Y VARIOS			160
7	IMPRESIONES			40
8	ANILLADOS YEMPASTADOS			50
	<b>TOTAL</b>			<b>527</b>

**Tabla 14. Resumen de costos**

Nº	Material	Costo
1	Costos para el circuito eléctrico y electrónico	560.80 USD
2	Costos para la estructura metálica	120 USD
3	Costos complementarios	527 USD
	<b>TOTAL</b>	<b>1 270.80 USD</b>

## 5. Denuncia del Tema

“CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE COMPROBACIÓN PARA REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS ARRANCADORES GENERADORES DE LOS HELCOPTEROS BELL SERIES DE LA COMPAÑÍA AEROMASTER AIRWAYS S.A.”



## **GLOSARIO**

### **A**

#### **“Aeronave”**

Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

#### **"Alteración Mayor"**

Alteración o modificación no registrada en las especificaciones de la aeronave, motor de la aeronave o sistema de propulsión:

(a) Que pueda afectar apreciablemente el peso, balance, fuerza estructural, desempeño, operación del sistema propulsor, características de vuelo u otras cualidades que puedan afectar la validez de vuelo; o,

(b) Algo que no sea hecho de acuerdo a prácticas aceptadas o que no puede hacerse por operaciones elementales.

#### **"Alteración Menor"**

Alteración que no sea mayor.

#### **"Altitud"**

Distancia vertical entre un nivel, punto u objeto considerado como punto, y el nivel medio del mar (MSL).

#### **"Aviónica"**

Expresión que designa todo dispositivo electrónico (y su parte eléctrica) utilizado a bordo de las aeronaves; incluyendo las instalaciones de radio, los mandos de vuelo automáticos y los sistemas de instrumentos y navegación.

#### **“Aneroide”**

Es una cápsula en donde se mide la compresión que ejerce el aire sobre un depósito cerrado. Al comprimirse este depósito tira de una cadena que pasa por un engranaje y mueve una aguja sobre una escala.

### **B**

#### **“Bell Helicopter Textron”**

Compañía norteamericana fabricante de helicópteros series Bell y sus componentes.

## **C**

### **"Carga Externa"**

Carga que es llevada o se extiende fuera de la aeronave.

### **"Centrífugo"**

Que se aleja del centro o tiende a alejar de él.

### **"Componente"**

Conjunto, parte, artículo, pieza o elemento constitutivo de una aeronave según las especificaciones del fabricante y por extensión, de la estructura motor, hélice o accesorio.

## **E**

### **"Explotador"**

Término genérico que incluye cualquier persona que se dedica a explotar comercialmente, los servicios del transporte aéreo, trabajos aéreos y actividades conexas, incluyendo los operadores de aeropuertos.

## **F**

### **"Flotadores"**

Dispositivos inflables mediante presión de aire alojados en el tren de aterrizaje de las aeronaves utilizados para amarizar.

### **"Frecuencia"**

Número de ciclos por segundo, su unidad es el Hertzio (Hz)

## **G**

### **"Giroscopio"**

El giroscopio es un dispositivo mecánico formado esencialmente por un cuerpo con simetría de rotación que gira alrededor de su [eje de simetría](#). Cuando se somete el giroscopio a un [momento de fuerza](#) que tiende a cambiar la orientación del eje de rotación su comportamiento es aparentemente paradójico ya que el eje de rotación, en lugar de cambiar de dirección como lo haría un cuerpo que no girase, cambia de orientación en una dirección perpendicular a la dirección "intuitiva".

## **H**

### **“Hangar”**

Es un lugar utilizado para guardar [aeronaves](#), generalmente de grandes dimensiones y situado en los [aeródromos](#).

### **"Habilitación"**

Autorización inscrita en una licencia o asociada con ella, y de la cual forma parte, en la que se especifican condiciones especiales, atribuciones o restricciones referentes a dicha licencia.

### **"Hélice"**

Dispositivo impulsor de una aeronave que posee palas sobre un eje impulsado por un motor que cuando rota produce por su acción en el aire un empuje aproximadamente perpendicular a su plano de rotación y el cual incluye componentes de control normalmente suministrados por el fabricante, pero no incluye los rotores principales y auxiliares o planos aerodinámicos giratorios del motor.

### **"Helicóptero"**

Aerodino que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor, que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales.

## **M**

### **"Mantenimiento"**

Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

## **N**

### **"Navegación Aérea (RNAV)"**

Método de navegación que permite operación de aeronaves en cualquier trayectoria de vuelo deseado, dentro de las ayudas para la navegación referidas a la estación, o dentro de los límites de las posibilidades de las ayudas autónomas, o de una combinación de ambas.

### **"Norma"**

Toda regla, regulación, requisito, estándar, procedimiento o sistema característico promulgado por la DGAC. cuya obediencia es reconocida como necesaria en interés de la seguridad, regularidad o eficiencia de la aeronavegabilidad.

## **O**

### **"Overhaul"**

Es el mantenimiento que implica una parte o conjunto que tienen un tiempo determinado de operación después del cual es sometido a un desensamblaje completo, el intercambio de todas las partes de desgaste limpieza y reemplazo.

## **P**

### **"Parte (de producto)"**

Todo material, componente o accesorio de equipo aeronáutico.

### **"Pala" (de rotor)**

Parte de una aeronave que tiene una forma aerodinámica similar a las alas de un avión, es decir, curvadas formando una elevación en la parte superior, y lisas o incluso algo cóncavas en la parte inferior (perfil alar).

## **R**

### **"Reparación"**

Restitución a las condiciones iniciales de una aeronave o producto según su Certificado Tipo.

## **S**

### **"Segregar"**

Separar o apartar una cosa de otra de la que forma parte

### **"Servo"**

Prefijo que significa 'mecanismo':

### **"Sistema"**

Combinación de componentes y/o accesorios interrelacionados a distancias para desarrollar una función específica. Incluye los componentes básicos y todos los instrumentos, controles, unidades, piezas y partes mecánicas, eléctricas, y/o hidráulicas o equipos completos relacionados con el sistema.

### **"Sistema de calidad"**

Procedimientos y políticas de organización documentada; auditoria interna de esas políticas y procedimientos; examen de la gestión y recomendación para mejorar la calidad.

## **T**

### **"Tacómetro"**

Dispositivo que mide la velocidad de giro de un eje

### **"Transportador Aéreo"**

Persona jurídica poseedora de una concesión o permiso otorgada por el Consejo Nacional de Aviación Civil, para la prestación de los servicios de transporte de pasajeros, carga.

## **“Tren de aterrizaje”**

Parte de cualquier **aeronave** encargada de absorber la **energía cinética** producida por el contacto entre la aeronave y la **pista** durante la fase de **aterrizaje**.

## **“Turbina”**

Es un **motor** de **turbina de gas** que entrega su potencia a través de un eje.

## **ABREVIATURAS Y SIGLAS**

**AOC:** Certificado de Tránsito Aéreo

**AMSA:** Aeromaster Airways S.A.

**ATA.-** Asociación De Transportes Aéreos

**CEMA:** Centro de Mantenimiento Aeronáutico

**CNAC:** Consejo Nacional de Aviación Civil

**DAC:** Dirección de Aviación Civil

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil

**FAA:** Administración Federal de Aviación de los EEUU.

**FAR:** Federal Aviation Regulación (Regulaciones Federales de Aviación)

**IAAFA:** Academia Interamericana de las Fuerzas Aéreas

**NDT:** Tratamientos no destructivos

**RDAC.-** Regulaciones De La Dirección De Aviación Civil.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Libros**

- Tomos de Recopilación de Derecho Aéreo.
- Tesis 128 de Marco Vinicio Paucar Tusa

### **Páginas web**

- [www.wordreference.com](http://www.wordreference.com)
- [es.wikipedia.org/](http://es.wikipedia.org/)
- [es.thefreedictionary.com/](http://es.thefreedictionary.com/)
- [es.wikipedia.org/wiki/](http://es.wikipedia.org/wiki/)

En la técnica de la observación se utilizó el siguiente formato para facilitar la recolección de datos.

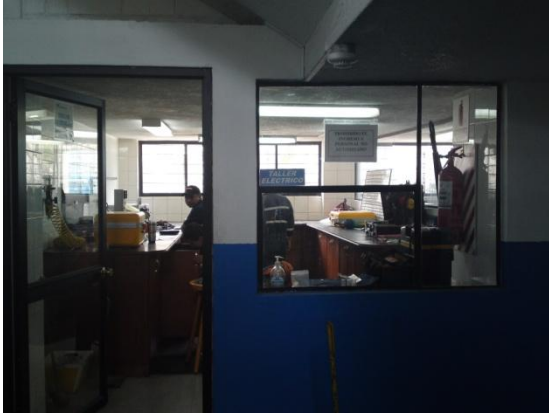
#### FORMATO DE FORTALEZAS Y DEBILIDADES

1. Infraestructura adecuada	si.....	no.....
2. Equipos y Herramientas disponibles	si.....	no.....
3. Trabajo en equipo	si.....	no.....
4. Preservación y limpieza del Taller Eléctrico	si.....	no.....
5. Distribución aceptable del espacio físico	si.....	no.....
6. Normas de seguridad en el Taller Eléctrico	si.....	no.....
7. Iluminación y Ventilación	si.....	no.....
8. Indicaciones para el uso de herramientas	si.....	no.....
9. Depósitos de basura	si.....	no.....
10. Botiquín de emergencias	si.....	no.....
11. Equipos de seguridad personal	si.....	no.....
12. Instalaciones de abastecimiento de energía para funcionamiento de equipos y herramientas	si.....	no.....
13. La Documentación Técnica disponible y actualizada	si.....	no.....
14. Personal Técnico capacitado y actualizado	si.....	no.....
15. Programas de auditorías	si.....	no.....
16. Capacitación recurrente	si.....	no.....
17. Capacitación en el exterior	si.....	no.....
18. Aceptación de los clientes	si.....	no.....
19. Apoyo al desarrollo técnico	si.....	no.....
20. Posibilidades de ampliación del Taller Eléctrico	si.....	no.....
21. Amenaza de la competencia	si.....	no.....



Las siguientes fotografías muestran aspectos que fueron tomados en cuenta en la investigación de campo.

## DISTRIBUCIÓN FÍSICA Y NORMAS DE SEGURIDAD DEL TALLER DE ELECTRICIDAD DE AMSA



TALLER DE ELECTRICIDAD



FUENTE NEUMÁTICA



HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN



CAMARA EXTRACTORA



TALLER DE BATERIAS DE Ni-Cd



PERCHA DE MANUALES



TALLER DE BATERIAS DE PLOMO Y ACIDO



SALIDA DE EMERGENCIA



SALIDA DE EMERGENCIA



EXTINTOR

## EQUIPOS Y HERRAMIENTAS ESPECIALES DEL TALLER ELÉCTRICO



HERRAMIENTAS ESPECIALES PARA OVERHAUL DE ARRANCADORES GENERADORES



FUENTE DE CD



ACOPLES PARA ACENTAR CARBONES



ANALIZADOR DE BATERIAS DE Ni-Cd



EQUIPO PARA PRUEBA DE ROTORES



IMPRESORA DE CABLES



BANCO PARA ACENTAR CARBONES



## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

### CARRERA DE ELCTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

#### ENCUESTA PARA LOS TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO DE AMSA

##### **Objetivo:**

Llegar a conocer mejor cada uno de los criterios de los Técnicos acerca del mantenimiento en el área eléctrica y realizar un análisis mediante el uso del cuestionario.

##### **Indicaciones:**

Lea detenidamente las preguntas y luego conteste cada una de ellas en forma muy honesta y franca.

1.- ¿Cree Ud. que se debería realizar proyectos de investigación en AMSA que den como resultado nuevas alternativas de soporte técnico en el área de mantenimiento eléctrico?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

En caso de haber contestado la pregunta en forma afirmativa, continúe por favor con las siguientes preguntas.

2.- ¿Cree Ud. que la implementación de equipos de soporte técnico en el taller eléctrico mejoraría la gestión de mantenimiento?

SI \_\_\_\_\_

NO \_\_\_\_\_

3.- Considera que el equipo de soporte técnico para el área de mantenimiento eléctrico es:

EXCELENTE \_\_\_\_\_

MUY BUENO \_\_\_\_\_

BUENO \_\_\_\_\_

MALO \_\_\_\_\_

4. - Seleccione de 1 a 5, siendo 5 la mayor y 1 la menor, ¿Cuál cree Ud. que es el nivel de facilidades con que cuenta el taller eléctrico para realizar el mantenimiento de los arrancadores generadores?

1	2	3	4	5

5.- ¿Qué banco de prueba de la siguiente lista cree Ud. que sería de mayor prioridad en el taller eléctrico para su implementación?

- a) Banco de pruebas para los arrancadores generadores .....
- b) Banco de pruebas para las baterías de Níquel y Cadmio .....
- c) Banco de pruebas para las baterías de Plomo y Ácido .....

6.- ¿Ordene de acuerdo a la importancia que Ud. considera los aspectos que se deben tomar en cuenta para la construcción de un banco de pruebas?

- a) Facilidad en el manejo del equipo.
- b) Facilidad del mantenimiento del equipo.
- c) Resistencia de los materiales con los que se construirá el equipo.
- d) Cumplimiento de normas de seguridad.

1	
2	
3	
4	

7.- ¿Cree Ud. que es importante que un banco de pruebas debe contar con un manual de manejo y mantenimiento?

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_

8.- ¿Con qué frecuencia se realiza el mantenimiento a los arrancadores generadores?

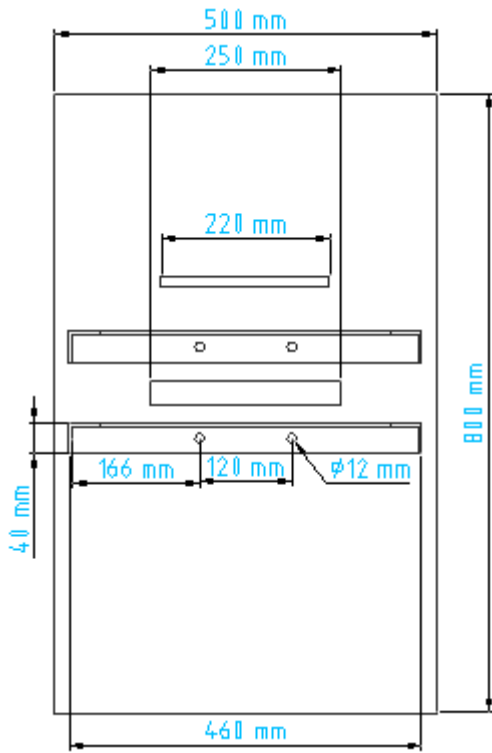
.....  
 .....



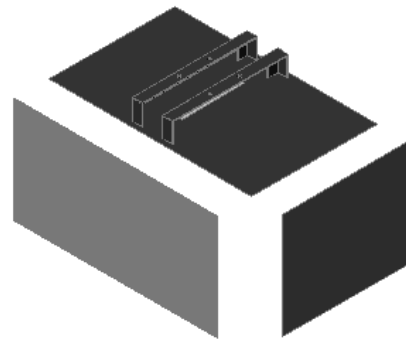
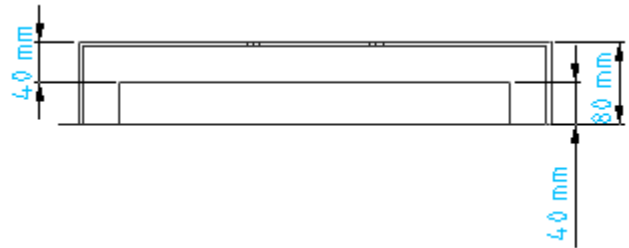
# ANEXO B – TAPAS

## TAPA SUPERIOR

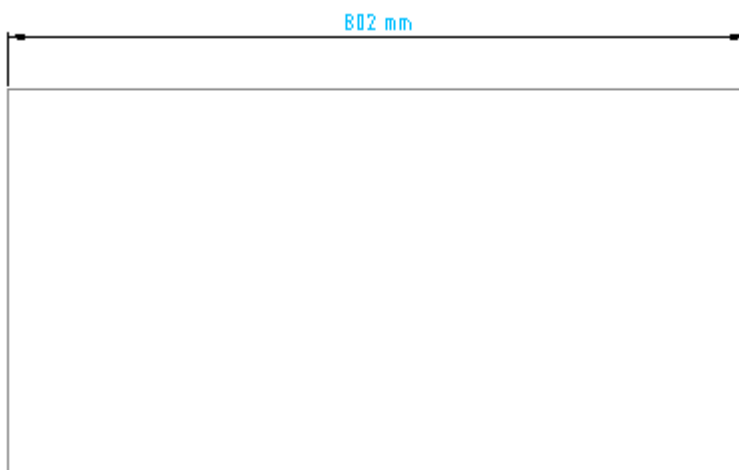
VISTA SUPERIOR



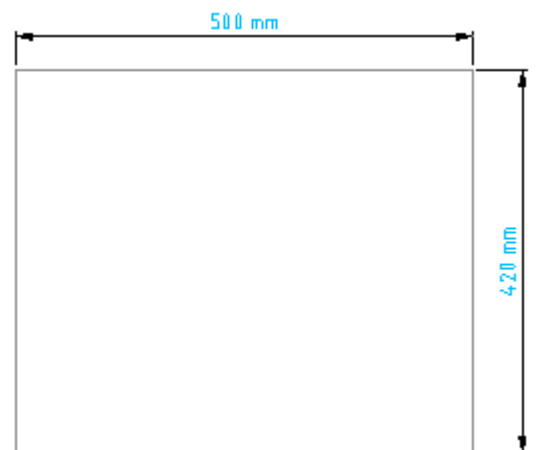
VISTA LATERAL



TAPA FRONTAL



TAPA LATERAL

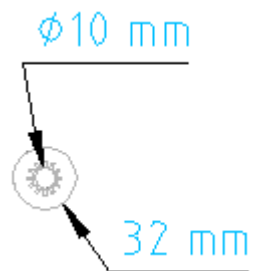


## ANEXO C – EJE Y SOPORTE TRASERO

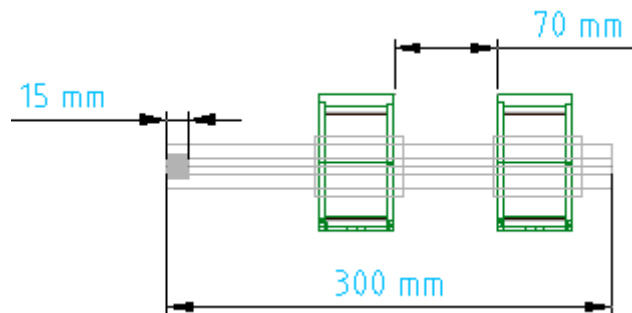
EJE



VISTA FRONTAL



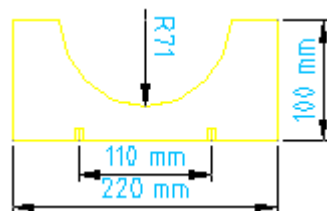
VISTA LATERAL



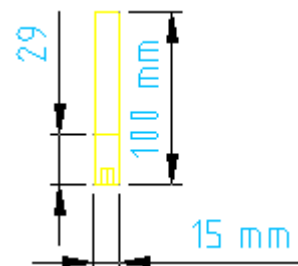
SOPORTE TRASERO



VISTA FRONTAL

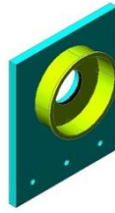


VISTA LATERAL

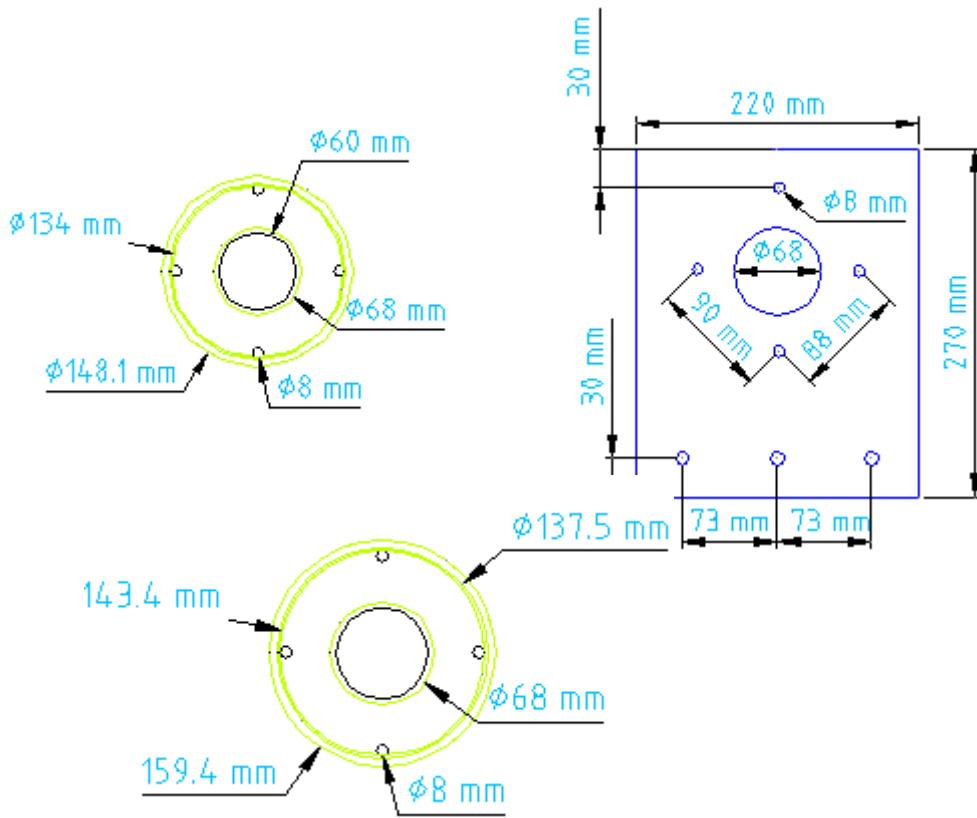




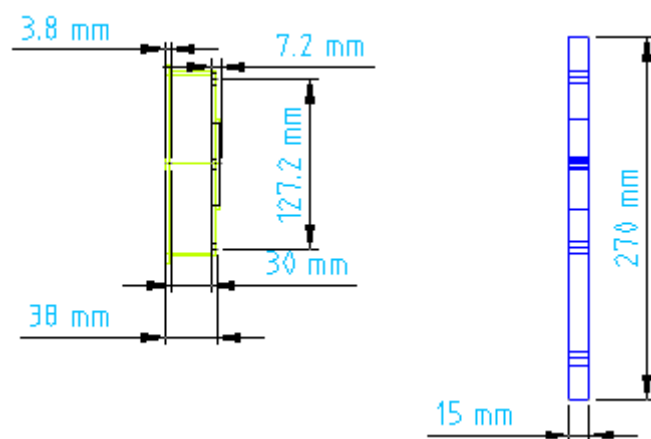
## ANEXO D – PLACA Y SOPORTE PRINCIPAL



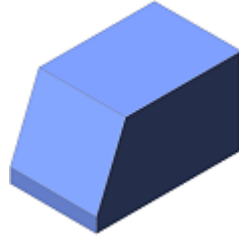
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

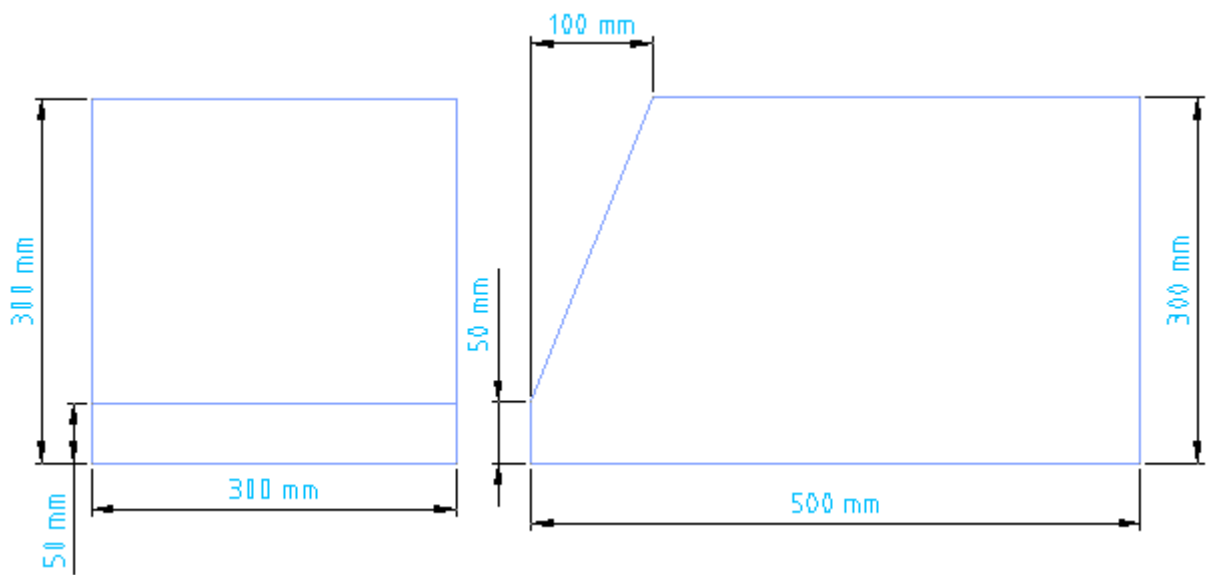


## ANEXO E – PANEL



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL



# ANEXO F

(Hoja 1 de 3)

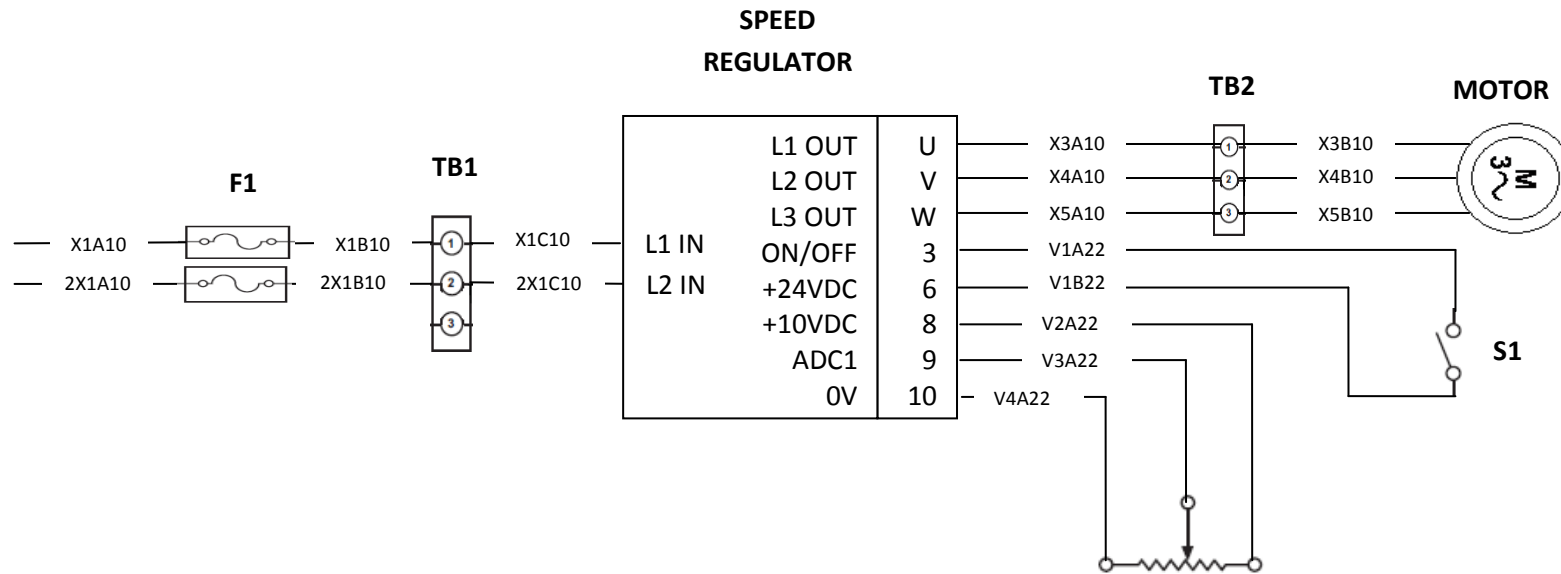


DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE CONTROL

REALIZADO POR: LENIN CARRAZCO

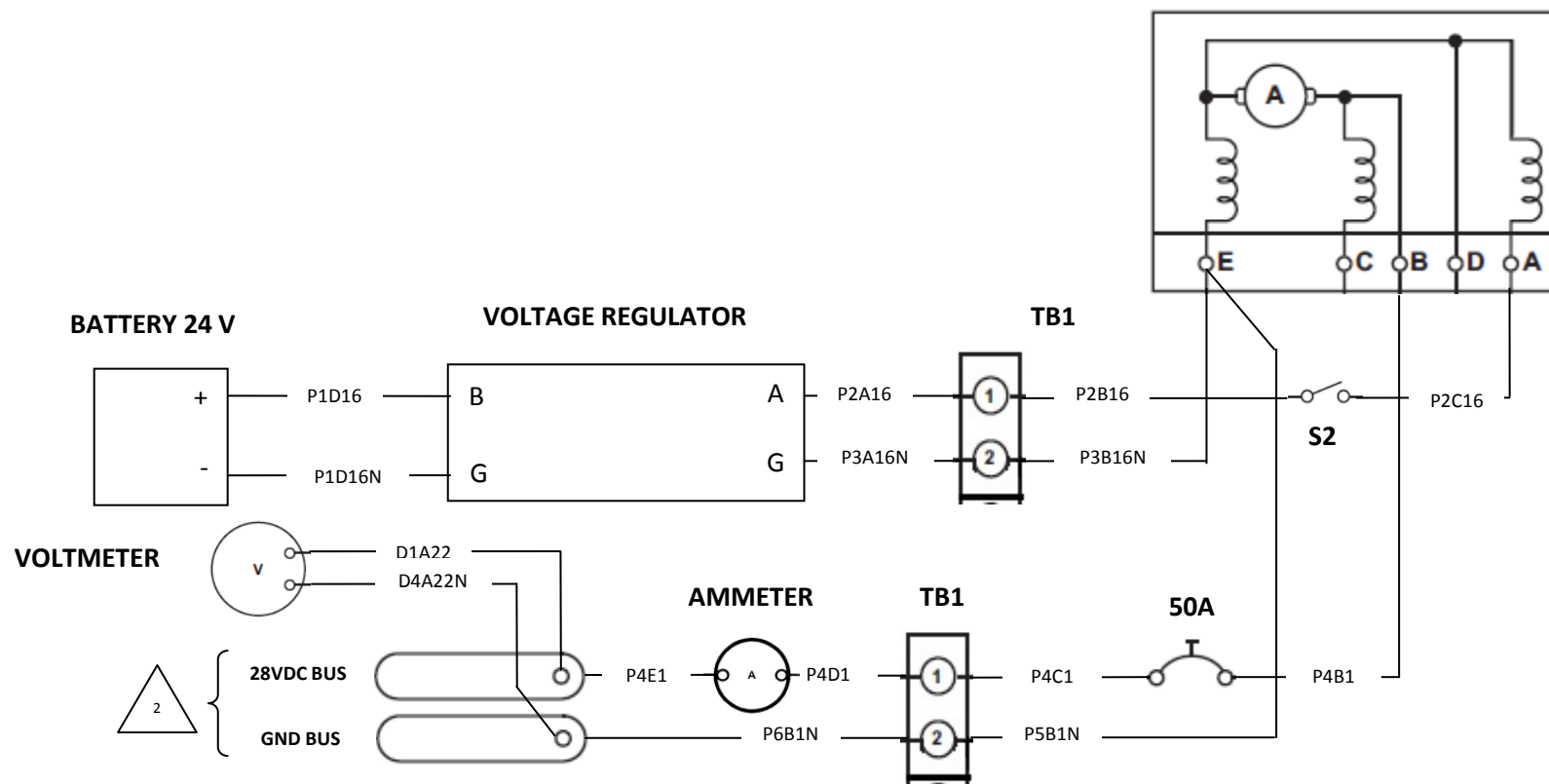


DIAGRAMA DEL CIRCUITO GENERACIÓN

REALIZADO POR: LENIN CARRAZCO

ANEXO F (Hoja 3 de 3)

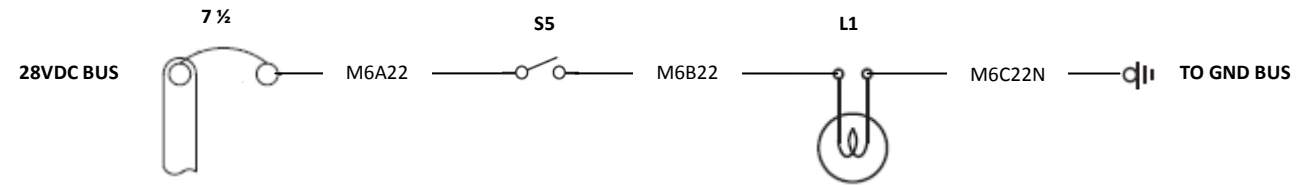
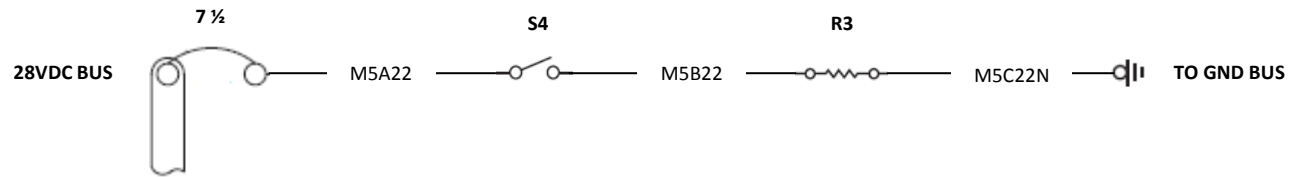
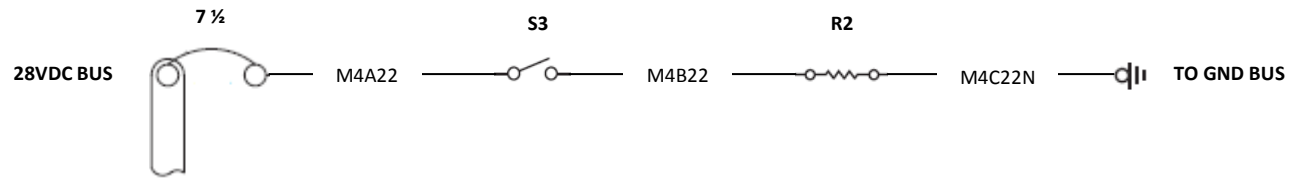




DIAGRAMA DE CIRCUITOS DE CARGA

REALIZADO POR: LENIN CARRAZCO

## ANEXO G MANUALES

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág.</b> 1 de 3
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M1
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08
<b>1.0.- OBJETIVO:</b> Documentar las normas básicas de seguridad a seguir previa y durante la operación del banco de pruebas de los generadores.		
<b>2.0.- ALCANCE:</b> Prevenir, instruir y mantener la seguridad de los técnicos y personal de mantenimiento de AMSA al momento de operar el banco de pruebas de los generadores..		
<b>3.0.- PROCEDIMIENTO</b> 1.- Previo a la operación del motor, el personal que vaya a manipular el mismo debe estar familiarizado con el funcionamiento del banco de pruebas, es decir debe tener conocimiento sobre los generadores aeronáuticos, caso contrario tiene que estar con la supervisión de un apersona que conozca del tema.  2.- Realizar una inspección visual de todo el banco de pruebas para observar el su estado físico.  3.- Revisar que todas las conexiones se encuentren en buen estado, así como los elementos mecánicos giratorios del sistema de transmisión de movimiento.		
<b>4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____		

 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 2 de 3</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M1
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

4.- Verificar que todas las conexiones eléctricas se encuentren bien hechas, en buen estado y ajustadas.

5.- Revisar el estado de las chumaceras y su correcta lubricación, y sobre todo asegurarse de su alineamiento con respecto al eje.


6.- Verificar que los cables de alta corriente conectadas al variador de velocidad, al motor y los que salen desde el generador a la barra principal, no se encuentren rotos o en mal estado, es importante que verifique que estén bien conectados.

7.- Asegurarse que la programación del variador de velocidad esté realizada correctamente con los datos de placa del motor trifásico, ya que de esto depende su protección de sobrecorriente y sobretemperatura..

8.- Es importante verificar que haya un extintor para fuegos del tipo A, B o C, es decir un extintor de CO2 en un lugar estratégico cerca del banco de pruebas, antes de ponerlo en marcha.

9.- Si se observa alguna anomalía al momento de intentar arrancar el motor, cortar el abastecimiento eléctrico y proceder al caza fallas (troubleshooting)

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 3 de 3</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M1
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

10.- En caso de existir cualquier tipo de ajuste o inspección asegurarse de utilizar la herramienta adecuada, y de no olvidar la misma sobre la mesa o dentro del compartimento del panel de instrumentos.

11.- Durante la operación del motor por ningún motivo se debe acercarse directamente a los accesorios móviles y giratorios del banco de pruebas.

12.- Por ningún motivo tener contacto directo o indirecto (herramienta) con los cables y terminales tanto del variador de velocidad, motor y generador, recordar que el rango de corriente es muy alto.

13.- Evite los juegos y bromas de mal gusto que pueden terminar en catástrofes o accidentes. Recordar que el motor trabaja con partes giratorias de alta velocidad.


14.- Al operar el banco de pruebas evite usar objetos que provoquen distracción como el celular, anillos, cadenas, aretes, peor aún manipularlo bajo efectos del alcohol, es recomendable que se encuentre con sus cinco sentidos.

15.- Para su mayor seguridad es recomendable usar el equipo de protección personal.

**RECUERDE LA SEGURIDAD QUE UD. TENGA ES LA QUE BRINDA A SUS AMIGOS**

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD \_\_\_\_\_**



 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 1 de 4</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M2
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

### 1.0.- OBJETIVO:

Documentar los procedimientos correctos para la operación del banco de pruebas de los generadores.

### 2.0.- ALCANCE:

Proporcionar los pasos que debe seguir los técnicos y personal de mantenimiento para la operación del banco de pruebas del los generadores.


### 3.0.- PROCEDIMIENTO

1.- Realice una limpieza general del banco de pruebas, recordar que la acción no es sólo retirar el polvo, mientras se realice la limpieza verificar que no exista corrosión, rajaduras o cualquier otro tipo de problema que sean identificados con facilidad durante el tiempo de reposo del banco de pruebas.

2.- Coloque el generador sobre los soportes inferiores, al soporte principal y al eje, asegurarse de su correcto engranaje.

3.- Colocar la abrazadera entre el soporte principal y el generador, ajustarla mediante la tuerca, el torque de ajuste está indicado en la abrazadera. (50lbplg o 70 lbplg).

4.- Verificar la tensión de la banda entre el motor trifásico y el eje.

 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 2 de 4</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M2
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

5.- Conectar los cables al terminal block del generador de acuerdo a su identificación. Terminal A(+) bobinado de campo, terminal B(+) voltaje generado y terminal E (-) negativo o tierra, ajustar mediante las tuercas.

6.- Antes de conectar el enchufe a la fuente bifásica, verificar que todos los switches estén en la posición de off.


7.- Conectar el enchufe a la fuente de alimentación.

8.- Activar el switch 1 master que energizará el variador de velocidad y consecuentemente al motor.

9.- Con el potenciómetro variamos la velocidad del generador desde su mínima hasta su máxima. Verificar su correcto funcionamiento previo a la alimentación de campo y conservarlo a su máxima velocidad, observar el tacómetro.

10.- Poner el switch 2 de campo en la posición ON, de esta manera alimentaremos el bobinado de campo- Observar en el voltímetro el voltaje generado.

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 3 de 4</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M2
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

11.- Con el voltaje generado a máxima velocidad de operación proceda a realizar las pruebas respectivas con carga mediante los switches 3, 4, 5 respectivamente, conforme se va aumentando la carga, el consumo de corriente también se incrementará. Vale mencionar que la corriente que consume la bobina de campo es aproximadamente 20 amperios.


12.- Las pruebas a las que se someterá al generador serán variando su velocidad de operación y la carga. Con el generador a máxima velocidad ponemos el switch 3 en la posición on y observamos en el amperímetro el incremento de consumo de corriente.

13.- Ponemos el switch 4 en la posición on y observamos el amperímetro, el valor de corriente debe incrementarse.

14.- Ponemos el switch 5 en la posición on y observamos el amperímetro, la corriente consumida deberá estar en su máximo valor del banco de pruebas.

15.- Regresamos los switches 3,4 y 5 a la posición off, reducimos la velocidad del motor en 500 rpm y repetir los pasos 13,14,15 hasta la velocidad mínima de operación del generador (mirar placa de datos). Anotar los valores en la tabla.

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR VOLKSPLANE DEL BANCO DE PRUEBAS</b>	<b>Pág.</b> 4 de 4
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M2
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

VELOCIDAD (RPM)	VOLTAJE (VOLTS)	CORRIENTE (AMPS)
8000		
7500		
7000		
6500		

Para que la prueba sea satisfactoria el generador deberá tener en sus variaciones de velocidad de operación, un voltaje de 28V en todos los casos y conectado a todas las cargas, ninguna caída de voltaje a menos que esté por debajo de su velocidad de operación.


**NOTA:** Si en la primera prueba se observa que el voltaje cae a 0, se determina que el generador tiene algún defecto, si el voltaje con todas las resistencias de carga, es menor que el 20% del nominal del generador, el generador está operable. La simulación de carga del banco de prueba es del 25% de la carga nominal de los helicópteros que usan estos generadores.

16.- Para finalizar la prueba poner el switch 1 en la posición off.

17.- Desconecte el enchufe de la fuente de alimentación.

18.- Retire el generador del soporte y realice el informe correspondiente.

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

 <p>I.T.S.A.</p>	<p><b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b></p>	<p><b>Pág. 1 de 3</b></p>
	<p><b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco</p>	<p><b>Código:</b> AMSA-BPG-M3</p>
	<p><b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero</p>	<p><b>Revisión N°:</b> 001</p> <p><b>Fecha:</b> 2011-08-08</p>

### 1.0.- OBJETIVO:

Determinar los procedimientos correctos para el mantenimiento del banco de pruebas de los generadores.

### 2.0.- ALCANCE:

Proporcionar los pasos que deben seguir los técnicos, o el encargado de la sección eléctrica para realizar un correcto mantenimiento al banco de pruebas de los generadores.


### 3.0.- PROCEDIMIENTO

#### 3.1.- Mantenimiento de Rutina

1.- Antes de realizar la operación del banco de prueba, es importante realizar una inspección preliminar sobre el estado físico de los instrumentos, pernos, tuercas y tornillos que conforman los soportes del eje, las chumaceras, la placa del soporte principal, el soporte principal, el soporte trasero, el alojamiento del motor y el panel de instrumentos.

2.- Verificar el voltaje de la fuente principal de voltaje, debe ser de 220V entre dos fases y 120 entre una fase y el neutro, utilizar un voltímetro AC.

#### 4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD \_\_\_\_\_

 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 2 de 3</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M3
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrasco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

3.- Verificar el estado de la fuente voltaje de campo, su voltaje de entrada debe ser de 120V AC y su salida debe estar entre 1V a 1.8V para esto utilizar un voltímetro AC/DC y medir en los terminales de salida de la fuente.

4.- Verificar el funcionamiento del variador de velocidad y el motor al cual está acoplado, para esto energizar el banco y observar en el panel la variación de frecuencia, debe ir desde 0 a 60Hz y de 0 a 3645 rpm del motor.


5.- Si no varía la frecuencia ni las rpm, reemplazar el potenciómetro de 10K y revisar el circuito de control del variador de velocidad.

6.- Si la frecuencia varía y las rpm no, revisar el cableado desde el variador de velocidad hacia el motor, desacoplar el motor del variador de velocidad y ponerlo a funcionar de manera directa. Si aún así no funciona reemplazar el motor por uno de similares características.

7.- Si el variador de velocidad no entra en funcionamiento, revisar los fusibles F1 y F2 en el panel de instrumentos, si la avería continúa revisar la programación del variador de velocidad.

8.- Revisar que las conexiones de los interruptores, instrumentos, borneras de conexiones estén ajustadas a la mesa ya que la vibración pueden aflojarlas.

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

 <p>I.T.S.A.</p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE LOS GENERADORES</b>	<b>Pág. 3 de 3</b>
		<b>Código:</b> AMSA-BPG-M3
	<b>Elaborador por:</b> Lenin Carrazco	<b>Revisión N°:</b> 001
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Diego Lucero	<b>Fecha:</b> 2011-08-08

9.- Revisar que los tornillos de las regletas de conexiones estén asegurados y ajustados. En caso de encontrar algún cable suelto identificarlo y referirse al diagrama eléctrico.

10.- Chequear las resistencias de carga, en cada rama están conectadas cuatro resistencias de diferente valor a fin de obtener 4 o 5 ohmios, en caso de existir una fuera de valor reemplazarla.

11.- Revisar el alineamiento del eje con respecto a la placa de alojamiento del soporte principal, para esto utilizamos una escuadra, de no estar alineado corregir haciendo movimientos laterales o verticales de las chumaceras.

12.- Lubricar las chumaceras cada 100 horas de operación o cada 6 meses, lo que llegue primero, para esto utilizamos grasa AEROSHELL 22.

**4.0.- FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_