



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DEL
GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J
PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS”**

AUTOR: ZAPATA ESPINEL CRISTIAN MAURICIO

DIRECTOR: TLGA MARITZA NAUÑAY

LATACUNGA 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CERTIFICADO

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **ZAPATA ESPINEL CRISTIAN MAURICIO**, como requerimiento parcial para la obtención del título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**.

TLGA. MARITZA NAUÑAY
DIRECTORA DEL TRABAJO DE GRADO

Latacunga, Mayo 2015.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Zapata Espinel Cristian Mauricio

DECLARO QUE:

El trabajo de grado denominado “**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS**”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico de trabajo de grado en mención.

Cristian Mauricio Zapata Espinel.

C.I: 050264999-9

Latacunga, Mayo 2015.

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS****AUTORIZACIÓN**

Yo, Zapata Espinel Cristian Mauricio

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la Biblioteca Virtual y/o revista de la institución del trabajo “**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero 2015

DEDICATORIA

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría.

A mi padre, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir
como
un compromiso de dedicación y esfuerzo.

A mi madre, cuyo vivir me ha mostrado que en el camino hacia la meta se
necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para
derribar miedos.

A mi hermana, el incondicional abrazo que me motiva y recuerda que detrás
de
cada detalle existe el suficiente alivio para empezar nuevas búsquedas.

A mis familiares, viejos amigos y a quienes recién se sumaron a mi vida para
hacerme compañía con sus sonrisas de ánimo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma estuvieron conmigo, porque cada una aportó con un granito de arena; y es por ello que a todos y cada uno de ustedes les dedico todo el esfuerzo, sacrificio y tiempo que entregué a esta tesis.

A ti Dios mío, por darme la oportunidad de existir así, aquí y ahora; por mi vida, que la he vivido junto a ti. Gracias por iluminarme y darme fuerzas y caminar por tu sendero.

A ti Papi, por tu incondicional apoyo, tanto al inicio como al final de mi segunda carrera; por estar pendiente de mí a cada momento. Gracias Pa' por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

A ti Mami, que tienes algo de Dios por la inmensidad de tu amor, y mucho de ángel por ser mi guarda y por tus incansables cuidados. Porque si hay alguien que está detrás de todo este trabajo, eres tú Gorda, que has sido, eres y serás el pilar de mi vida.

A ti Ñaña, mi querida Gorda, porque juntos aprendimos a vivir, crecimos como cómplices día a día y somos amigos incondicionales de toda la vida

ÍNDICE DE CONTENIDOS

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	ii
CERTIFICADO.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I.....	3
TEMA	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
1.5 Alcance.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Banco de Pruebas	7
2.2 Generadores de Corriente Continua	7
2.2.1 Introducción	7
2.2.2 Principio de Funcionamiento.....	7

2.2.3 Clases de Generadores	11
2.2.4 Disposición del devanado fijo.....	11
2.2.5 Características de un Generador	12
2.2.6 Generadores Auto Excitados en Derivación	13
2.3.1 Construcción de un generador.....	15
2.3.7 Escobillas.....	20
2.4 Instrumento de Medición.....	28
2.4.2 Tipos	29
2.5 Variables Eléctricas.....	30
2.5.1 Voltaje	30
2.6 Corriente Eléctrica	32
CAPÍTULO III.....	34
MONTAJE DEL MÓDULO.	34
3.1 Consideraciones generales.....	34
3.2 Factibilidad del proyecto	35
3.2.1 Factor técnico	35
3.2.2 Factor legal	36
3.2.3 Factor operacional	36
3.2.4 Factor económico.....	36
3.3 Requerimientos Técnicos.....	36
3.4 Diseño y construcción de la mesa de soporte.....	37
3.4.1 Mantenimiento del Generador.....	41
3.4.2 Instalación del motor eléctrico.....	42
3.4.3 Instalación del generador.....	43
3.4.4 Cálculo de la relación de transformación de la velocidad	44
3.4.5 Excitación del generador.....	45
3.5.6 Módulo terminado	46

3.6 Pruebas de funcionamiento	47
3.7 Manuales	48
3.8 Lista de Chequeos	56
3.9 Presupuesto	56
3.9.1 Rubros.....	56
CAPÍTULO IV.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
Conclusiones	60
Recomendaciones	60
GLOSARIO DE TÉRMINOS.	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales para la construcción del módulo.....	36
Tabla 2. Características Eléctricas del Motor	37
Tabla 3. Costo máquinas herramientas y equipos.....	57
Tabla 4. Costos primarios.....	57
Tabla 5. Costo de mano de obra	58
Tabla 6. Costos secundarios	59
Tabla 7. Costo total del proyecto	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generador Elemental y Tensión Inducida	9
Figura 2. Conversión de CA en CC	10
Figura 3. Efecto de la salida utilizando varias bobinas (arrollamientos)	10
Figura 4. Distribución del Devanado Fijo.....	12
Figura 5. Conexión del devanado de campo Shunt o Derivación.....	13
Figura 6. Curva Característica de un Generador Auto Excitado en Derivación	15
Figura 7. Vista en Sección de un Generador	16
Figura 8. Sistema típico de refrigeración.....	28
Figura 9. Diferencias en cargas netas para explicar voltaje.....	31
Figura 10. Dimensiones de la mesa.....	39
Figura 11. Mesa vista en 3D	40
Figura 12. Mesa de soporte ensamblada.....	40
Figura 13. Chequeo de las escobillas	41
Figura 14. Chequeo del colector	41
Figura 15. Ubicación en el banco del motor eléctrico.....	42
Figura 16. Instalación del motor eléctrico.....	43
Figura 17. Montaje del generador	44
Figura 18. Excitación externa del generador.....	45
Figura 19. Voltaje medido de la batería.....	46
Figura 20. Módulo terminado	47
Figura 21. Voltaje de salida del generador.....	48

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo implementar un banco del generador 4224-G29-7BT del avión FAIRCHILD FH227J para comprobación de instrumentos, primero se buscó información bibliográfica que permita identificar el principio de funcionamiento, partes constitutivas y el tipo de generador que se emplea en una aeronave, luego se seleccionó los materiales adecuados para la construcción de la mesa en donde van a estar ubicados el motor y el generador para que no existe ningún problema en el momento de poner en funcionamiento estos dispositivos. El motor eléctrico que se empleó en el módulo para dar el movimiento mecánico al generador es un motor trifásico de 220 VAC a 1725 revoluciones por minuto, este motor con la ayuda de dos poleas una de 8 pulgadas colocada en el eje del motor y una de 3 pulgadas colocadas en el eje del generador, permitieron obtener una velocidad de 4600 revoluciones por minuto necesarias para que el generador entregue un voltaje aproximado de 24 DVC. Luego de realizar varias pruebas con cargas resistivas de potencia se logró obtener una corriente máxima de salida del generador que es 3 amperios.

PALABRAS CLAVES:

- ❖ **BANCO DE PRUEBA.**
- ❖ **GENERADOR.**
- ❖ **MOTOR.**
- ❖ **CARGA RESISTIVA.**
- ❖ **REVOLUCIONES POR MINUTO.**

ABSTRACT

This paper aims to implement a 4224-G29-7BT generator FH227J FAIRCHILD plane to checking instruments, bibliographic information to identify the operating principle, component parts and the type of generator is used in a first sought aircraft, then the right materials for the construction of the table where they will be located the engine and generator so there is no problem when you operate these devices were selected. The electric motor which was employed in the module for the mechanical movement to the generator motor is a three phase 220 VAC to 1725 rpm, this engine with the help of two pulleys an 8-inch placed on the motor shaft and one of 3 inches placed on the generator shaft, allowed obtaining a speed of 4600 rpm necessary for the generator delivers a voltage of about 24 DVC. After several tests with resistive power loads it was possible to obtain a maximum output current of the generator is 3 amperes.

KEYWORDS:

BANK TEST.

GENERATOR.

MOTOR.

RESISTIVE LOAD.

RPM.

Legalized By: MSC. ROSA E. CABRERA T.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

TEMA

CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.

1.1 ANTECEDENTES.

Desde tiempos muy remotos el hombre ha querido volar; es así, como detrás de la imaginación y la innovación de diferentes científicos, investigadores y hombres en el mundo, se ha podido ver como la humanidad ha ido avanzando en el tema, logrando grandes resultados y dominando cada día más el espacio aéreo.

Después del logro y el esfuerzo del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico de contar con el avión Fairchild FH227J no contamos con un banco de pruebas para comprobar el funcionamiento del generador 4224-G29-7BT y por medio de este comprobar instrumentos del avión Fairchild FH227J.

Gracias al esfuerzo de docentes, estudiantes, y autoridades del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico para el traslado del avión Fairchild FH227J del ala de transporte No 11 hasta el campus Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, se puede enfatizar en el mejor aprovechamiento del avión escuela como material didáctico para la mejor comprensión aprendizaje técnico – práctico del estudiante.

La elaboración de un banco de prueba del generador 4224-G29-7BT del avión Fairchild FH227J tiene un enfoque basado en el adiestramiento, de modo que se prepare al futuro profesional a tener el conocimiento necesario para realizar sus tareas respectivas, con mucha seguridad, eficiencia y eficacia.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Al ser una Carrera Aeronáutica es primordial que se tome en cuenta la enseñanza teórico práctico de la materia de asignaturas importantes del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico para la cual se necesita material de apoyo que ayude a los estudiantes a comprender los conocimientos dictados en el aula de clases, puesto que con la enseñanza práctica se obtendrá mejores resultados en el ámbito laboral.

Es por eso el desarrollo de este presente proyecto, ya que la Unidad de Gestión de Tecnologías posee un avión escuela, y por la infraestructura de la institución no se puede efectuar el encendido del mismo.

Por lo cual se tiene la necesidad de implementar un banco de pruebas para el encendido de un generador eléctrico la cual proporciona corriente eléctrica y por medio de esta suministrar energía a los instrumentos.

Pese al esfuerzo expuesto en el instituto para satisfacer todas las necesidades del alumno, con material didáctico, maquetas, manuales didácticos, no se cuenta con el material adecuado para comprender en tiempo real el funcionamiento de los generadores en el avión escuela.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La educación capacitación y experiencia de los estudiantes en el Campo Aeronáutico son componentes indispensables para la excelente formación Mecánicos Aeronáuticos de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, elementos vitales para el logro exitoso para la misión del mismo, cimiento para el rendimiento y desarrollo del alumno. Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE en la actualidad cuenta con un buen conjunto de material didáctico pero es necesaria la implementación constante de elementos de estudio que permitan al alumno familiarizarse con los componentes eléctricos del avión.

Todos los conocimientos recibidos deben ser interpretados de la mejor manera para que en un futuro puedan ser aplicados en casos reales, es por ello que con la construcción de un banco de pruebas para del generador 4224-G29-7BT del avión, se puede evidenciar el buen funcionamiento de los instrumentos del Fairchild FH227J.

La implementación de un banco de pruebas para el generador 4224-G29-7BT del avión Fairchild FH227J tiene un enfoque basado en el adiestramiento, de modo que se prepare al futuro/a profesional a tener el conocimiento necesario para realizar sus tareas respectivas, con mucha seguridad, eficiencia y eficacia.

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo general.

Construir un banco de pruebas para el generador 4224-G29-7BT del avión Fairchild FH227j, mediante procedimientos técnicos de mantenimiento aéreo, para la comprobación de instrumentos

1.4.2 Objetivos específicos.

- Indagar información técnica relacionada con el funcionamiento de los componentes del sistema implicado en el proyecto.
- Evaluar alternativas de selección de materiales, accesorios utilizados para la construcción de este banco de prueba observando las normas de seguridad
- Verificar la operabilidad del equipo con el ánimo de validar su desempeño.
- Elaborar un manual de operación para el uso y mantenimiento del equipo.

1.5 Alcance.

Este proyecto está dirigido a la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Aviones de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE, para brindar a los estudiantes un banco donde puedan desarrollar prácticas y aplicar los conocimientos adquiridos en el aula, lo que permitirá al estudiante obtener mayor experiencia en el campo práctico para posteriormente desempeñarse de mejor manera en el ámbito laboral, logrando contar con profesionales altamente capacitados y competitivos, capaces de contribuir con el desarrollo de nuestro país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Banco de Pruebas

Un banco de pruebas es una plataforma para experimentación de proyectos de gran desarrollo. Los bancos de pruebas brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de teorías científicas, elementos computacionales, y otras nuevas tecnologías.

El término se usa en varias disciplinas para describir un ambiente de desarrollo que está protegido de los riesgos de las pruebas en un ambiente de producción. Es un método para probar un módulo particular (función, clase, o biblioteca) en forma aislada. Puede ser implementado como un entorno de pruebas, pero no necesariamente con el propósito de verificar seguridad. (Wikipedia, Banco de Pruebas, 2014)

2.2 Generadores de Corriente Continua

2.2.1 Introducción

La energía para la actuación de la mayor parte del equipo eléctrico de un avión la suministra un generador, que puede ser del tipo de corriente continua (c.c.) o corriente alterna (c.a.). Los generadores corriente continua sirven como fuente de alimentación primaria para la instalación eléctrica de un avión.

2.2.2 Principio de Funcionamiento

Un generador es una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica a través del proceso de inducción electromagnética. En ambos tipos

de generador de c.c. y c.a. la tensión inducida es alterna; la mayor diferencia entre ellos radica en el método mediante el cual la energía eléctrica es recogida y aplicada al circuito externo conectado al generador. La figura 1 muestra un generador en su forma más elemental: un lazo sencillo de hilo, "AB", dispuesto para poder girar entre los polos de un imán.

Los extremos del hilo se recogen para formar un circuito a través de unos anillos deslizantes, unas escobillas y una carga exterior conectada a éstas. Cuando el plano del lazo AB se encuentra formando ángulo recto con el campo magnético (posición 1, figura 1), en el lazo no se induce ninguna tensión.

A medida que el lazo gira, recorriendo el ángulo de 90° , los hilos cortan las líneas de fuerza del campo magnético, hasta llegar a la posición 2, donde la tensión decrece en la proporción en que las líneas de fuerza cortadas disminuyen. En la posición 3 la tensión inducida es cero.

Si la rotación continúa, el número de líneas cortadas se incrementa gradualmente, hasta los 270° (posición 4), donde se alcanza otra vez un valor máximo; pero como el corte se realiza en dirección opuesta, hay también una inversión en el sentido de la tensión inducida.

Conforme sigue la rotación, el número de líneas cortadas disminuye y la tensión inducida reduce su valor a cero cuando el lazo vuelve a la posición.

La trayectoria de la tensión inducida durante el ciclo completo produce la curva alternativa o sinusoidal de la figura 1.

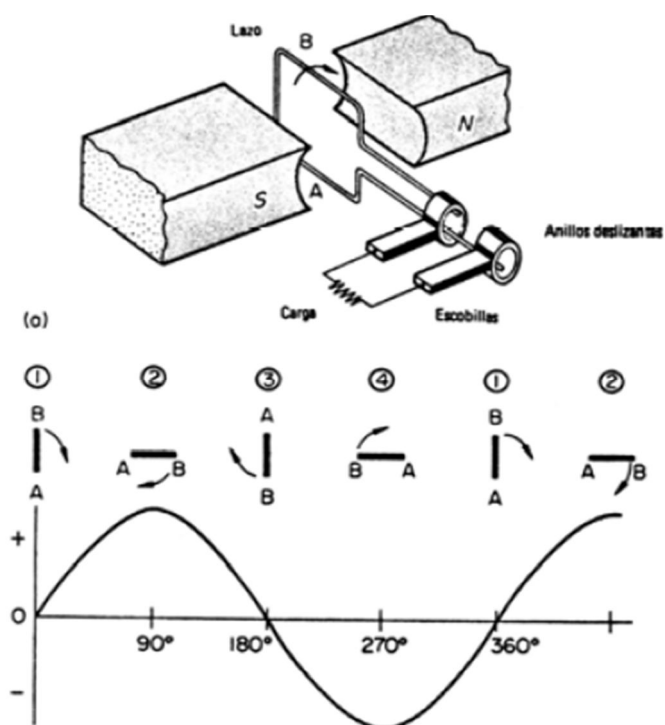


Figura 1. Generador Elemental y Tensión Inducida

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

Para convertir la corriente alterna (c.a.) producida en unidireccional o corriente continua (c.c.) es necesario remplazar los anillos deslizantes por un dispositivo colector similar a un conmutador. Esto está reflejado en la figura 2 (a), y como podrá observarse consta de dos segmentos aislados entre sí y conectados a los extremos del lazo.

Las escobillas están colocadas de modo que cada segmento se desplace haciendo contacto con una escobilla y no con la otra en el punto donde el lazo pasa por las posiciones en las cuales la tensión inducida es mínima. En otras palabras, se produce una corriente pulsatoria que crece hacia su valor máximo en una sola dirección, como muestra la figura 2 (b).

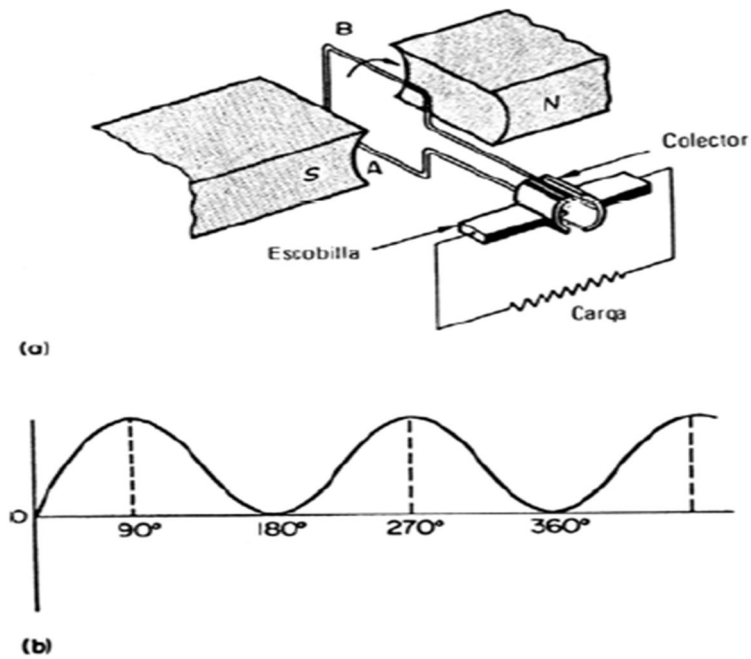


Figura 2. Conversión de CA en CC

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

A fin de alisar las pulsaciones, y para obtener una salida más constante, se añaden más lazos (espiras) y segmentos del conmutador, conectados en una posición de valor máximo; de esta forma, la salida pulsatoria queda reducida a una suave ondulación, como se indica en la figura 3.

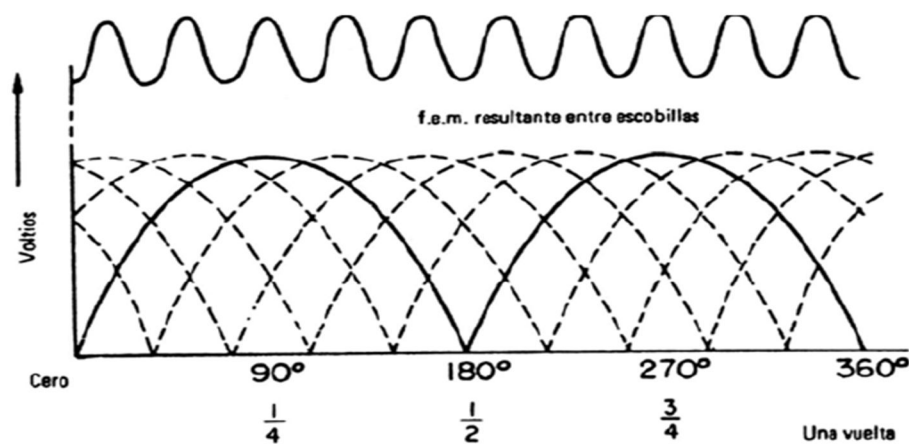


Figura 3. Efecto de la salida utilizando varias bobinas (arrollamientos)

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

2.2.3 Clases de Generadores

Los generadores se clasifican de acuerdo con el método con el que se excitan sus circuitos magnéticos.

Los tres tipos siguientes son los más normales:

- Generadores de imán permanente.
- Generadores con excitación exterior, en los cuales sus electroimanes están excitados por una corriente obtenida de una fuente exterior de corriente continua (c.c.).
- Generadores auto excitados, cuyos electroimanes se excitan con una corriente producida por las propias máquinas. Estos se clasifican además por la forma en la cual están conectados el devanado fijo, el campo electro magnético y el devanado del inducido.

En los sistemas de alimentación de corriente continua (c.c.), en aviación, se emplean los generadores auto excitados en derivación; por consiguiente, los siguientes detalles sólo se refieren a este tipo.

2.2.4 Disposición del devanado fijo

La figura 4 muestra la colocación de los devanados fijos de una máquina básica tetrapolar apropiada para su uso como generador auto excitado. La parte fija del circuito del estator consta de cuatro escobillas, dos puentes que conectan juntas las escobillas de la misma polaridad y los cables de unión de los puentes de las escobillas con los terminales señalados A y A'. Las cuatro bobinas de campo son de alta resistencia y conectadas en serie para formar el devanado de campo. Están excitadas y

conectadas de modo que puedan producir alternativamente polaridades Norte y Sur. Los extremos de los devanados se conectan a los terminales Z y Z'. y A y A'.

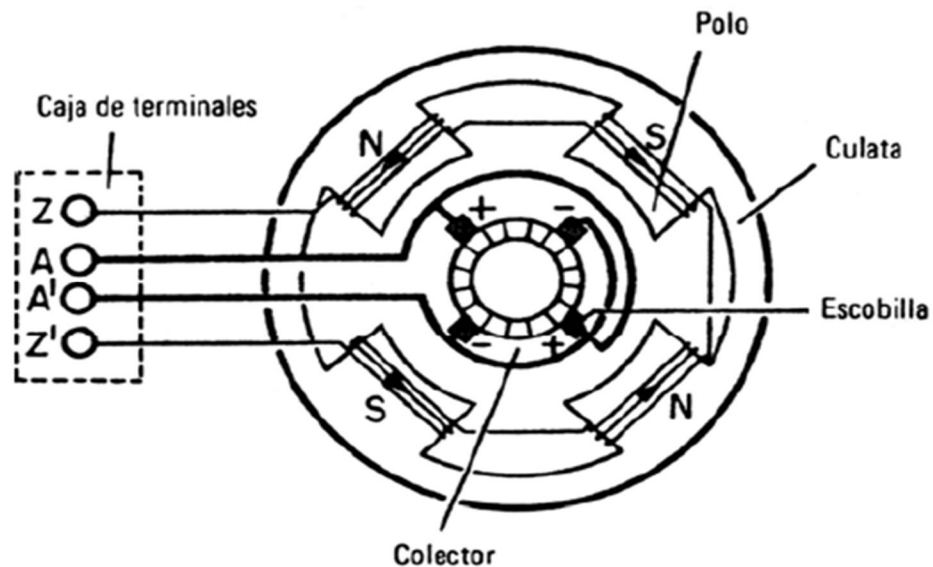


Figura 4. Distribución del Devanado Fijo

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

2.2.5 Características de un Generador

Las características de un generador que relacionan la tensión, la corriente del circuito exterior conectando al generador y la corriente de carga se pueden resumir en dos:

Características externa, o relación entre tensión en bornes y corriente de carga, y característica interna, que relaciona la fuerza electromagnética instantánea (f.e.m.) generada en los devanados del inducido y la corriente de carga.

Estas relaciones se dan generalmente en forma de gráficos, con una curva para una velocidad determinada del generador.

2.2.6 Generadores Auto Excitados en Derivación

Los generadores conectados en derivación son uno de los tres tipos de la clase de máquinas auto excitadas, y como ya dijimos se usan en los sistemas de alimentación de corriente continua en aviación.

El término "conectado en derivación" proviene del devanado de campo de alta resistencia va conectado en paralelo con el inducido, como se muestra en la figura 5.

La corriente del inducido se divide en dos ramas: una, formada por el devanado de campo, y otra, por el circuito exterior. Si el devanado de campo es de alta resistencia, la mayor parte de la corriente pasa por el circuito externo y se evita dentro del generador un consumo innecesario de energía eléctrica.

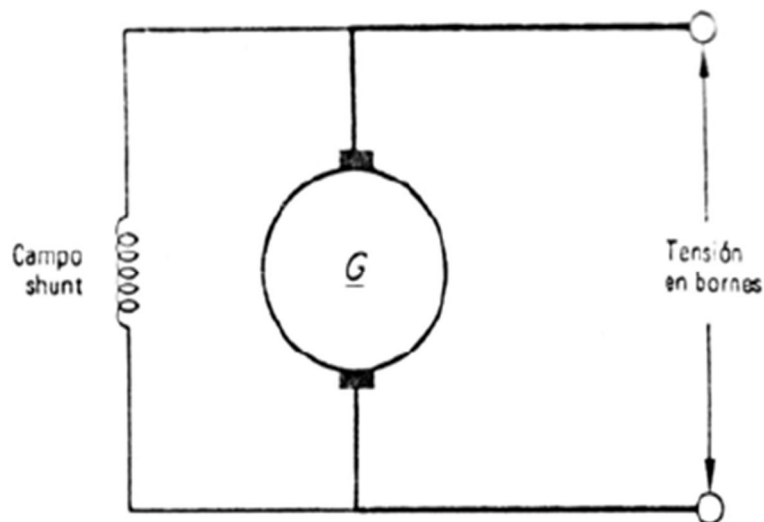


Figura 5. Conexión del devanado de campo Shunt o Derivación

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

2.3 Características y Principio de Funcionamiento

Cuando se hace girar el inducido (rotor) los conductores cortan el débil campo magnético que es debido al magnetismo remanente del sistema electromagnético. Una f.e.m. pequeña es inducida en el rotor y aplicada al devanado de campo, creando una corriente que circula por él y haciendo crecer así el flujo magnético. Al seguir este fenómeno causa un incremento progresivo de la f.e.m. inducida y de la corriente de campo, hasta que la f.e.m. inducida y la tensión en bornes alcanzan el valor máximo permanente en circuito abierto.

La curva característica de este tipo de generador está representada en la figura 6 y en ella puede observarse que la tensión en bornes tiende a caer al crecer la corriente de carga. Esto es debido a la caída de tensión (IR) en el inducido y también a una disminución del flujo principal, causada por reacción del inducido. La caída de tensión entre bornes reduce la corriente de campo, con lo que el flujo principal disminuye y, por consiguiente, se produce una nueva caída de tensión en bornes.

Si se continúa el proceso de incremento de carga, después de haber alcanzado la condición de trabajo a plena carga, la tensión entre terminales caerá en un incremento proporcional, hasta que no pueda mantenerse ya la corriente de carga, y entonces ambos bajarán a cero.

Con excitación reducida, la característica externa de un generador conectado en derivación cae mucho más rápidamente. Por lo tanto, el punto en el cual ocurre el descenso brusco de tensión se alcanzará con una pequeña corriente de carga. En la práctica la comente de campo se ajusta para mantener una tensión constante en todas las condiciones de carga, mediante un regulador de tensión, cuyo funcionamiento será descrito más adelante.

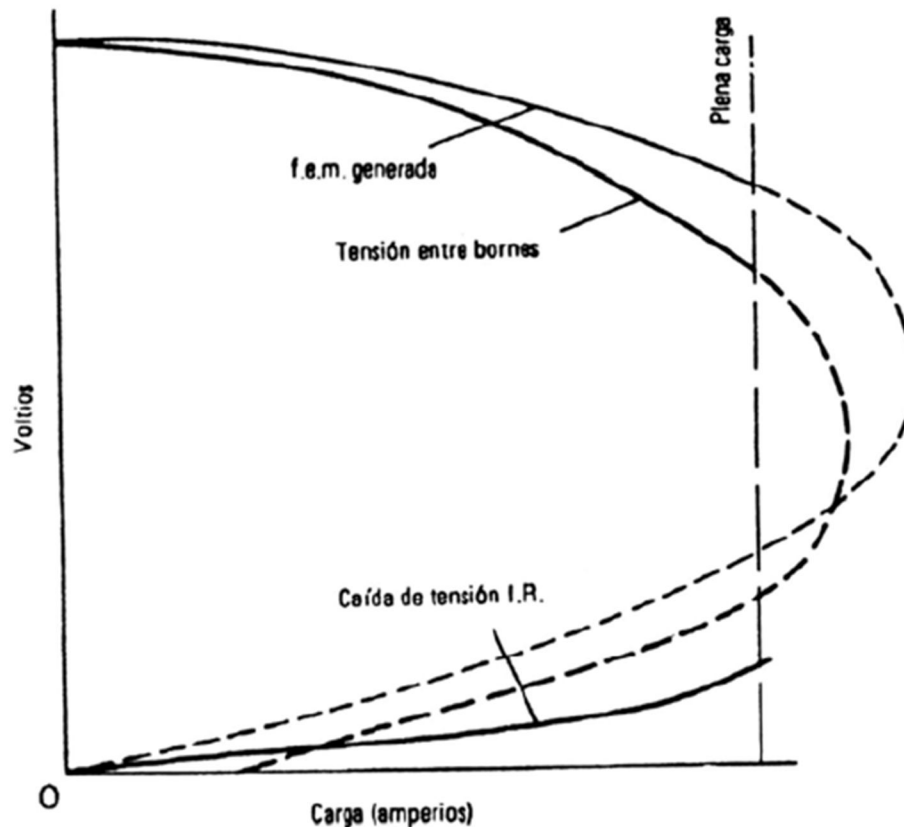


Figura 6. Curva Característica de un Generador Auto Excitado en Derivación

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

Algunas veces un generador puede perder su magnetismo remanente, o alcanzar una polarización incorrecta a causa de un calentamiento, una sacudida o una corriente momentánea en dirección equivocada. Esto puede corregirse por una corriente instantánea que atraviese el campo desde el terminal positivo al terminal negativo; este procedimiento es conocido como "imantación del campo".

2.3.1 Construcción de un generador

Un generador típico conectado en derivación, auto excitado, de cuatro polos, que se emplea en un tipo corriente de turbopropulsores en transporte de aviación civil, está representado en la figura 7. Está preparado para una

salida de 90 kilovatios (KW) con una corriente continua de 300 amperios (A) en un régimen de velocidad entre 4.500 y 8.500 r.p.m. En su forma básica, sigue el diseño habitual adoptado y consta de cinco ensambles principales, a saber: el estator, el rotor, dos cubiertas exteriores y las escobillas.

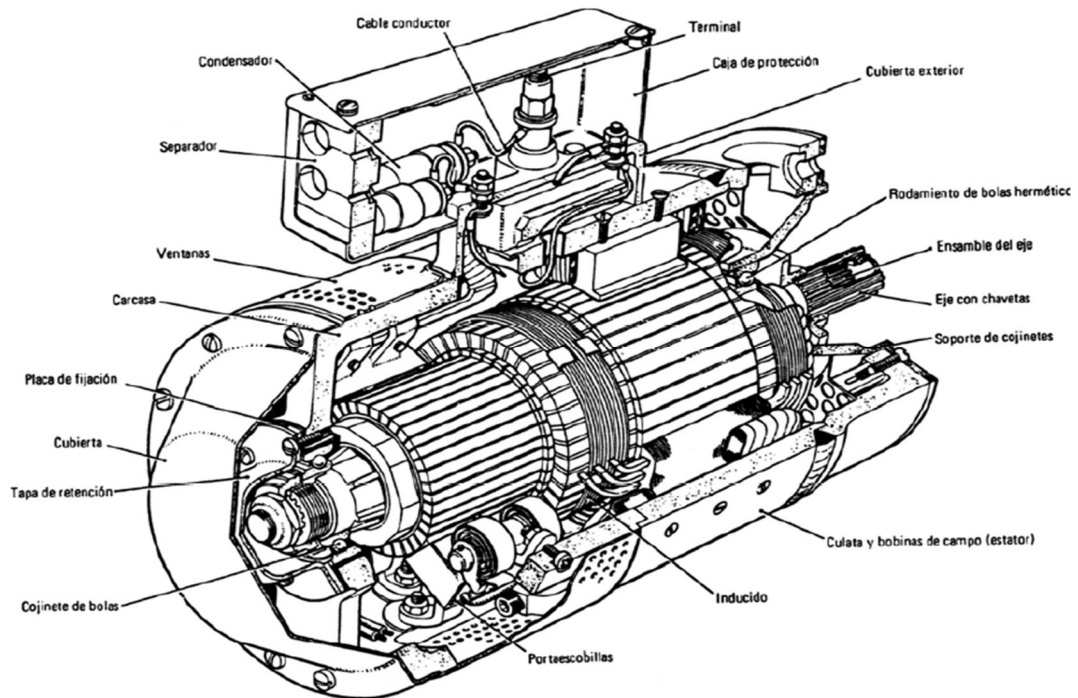


Figura 7. Vista en Sección de un Generador

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

2.3.2 El Estator

El estator constituye la parte principal del generador y está preparado para alojar el sistema electromagnético, formado por cuatro devanados de campo y cuatro polos. También está acondicionado para realizar la fijación de la cubierta exterior. Los devanados están formados por bobinas de los amperios-vuelta requeridos, arrolladas y conectadas en serie, de modo que al montarlos en las piezas polares, la polaridad del campo producido en los polos .por la corriente de las bobinas sea alternativamente Norte y Sur (ver figura 4). Los devanados de campo están apropiadamente aislados y alojados en las piezas polares, las cuales van fijadas a la culata. Las caras de los polos están expuestas a las variaciones del campo magnético

causado por la rotación del inducido (rotor), que produce una elevación de la f.e.m. inducida que origina unas corrientes parásitas (corrientes de Foucault) en torno a los polos, la cual crea un calentamiento local y una pérdida de energía. Para minimizar estos efectos los polos son de construcción laminada; las láminas delgadas de hierro dulce están oxidadas, para aislar y ofrecer gran resistencia eléctrica a la f.e.m. inducida. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.3 Interpolos y Devanados de Compensación

Durante el funcionamiento en Carga, la corriente que pasa por el devanado del inducido de un generador crea un campo magnético que se superpone al campo principal producido por la corriente del devanado de campo. Como las líneas de fuerza no pueden cruzarse, el campo del inducido distorsiona el principal en la medida en que varía con la carga; a tal efecto de distorsión se le denomina reacción del inducido. Si no se corrige la reacción del inducido produce dos efectos indeseables: (1) causa una variación en el eje Neutro Magnético, que es el que pasa por dos puntos en los cuales no se induce ninguna f.e.m. en una bobina, haciendo aparecer un chisporroteo en el conmutador, y (2) debilita el campo principal, causando una reducción de la f.e.m. generada.

Para disminuir estos efectos puede alterarse la posición de las escobillas variando las condiciones de carga, pero un método más eficaz consiste en dotar al sistema electromagnético de unos devanados adicionales, que se conocen como interpolos y devanados de compensación. Los devanados de los interpolos están arrollados en caras de polos auxiliares, localizados a mitad de camino entre los principales, y van conectados en serie con el arrollamiento del inducido. Los devanados son tales que un interpolo tiene la misma polaridad que el polo principal siguiente en el sentido de la rotación, y como los flujos son opuestos a la dirección del flujo del inducido, pueden neutralizarlo en todas las cargas, si los arrollamientos tienen el número requerido de vueltas.

A fin de alcanzar una mayor corrección en la reacción del inducido, los efectos producidos por los interpolos deben ser suplementados, ya que ellos solos no pueden eliminar por completo la distorsión ocasionada en las caras de los polos principales. Los devanados de compensación van, por tanto, conectados en serie con los interpolos y el arrollamiento del inducido, y localizados en ranuras de la base de las caras de los polos principales. De esta forma, las caras de las bobinas permanecen paralelas con las caras del inducido. Los amperios-vuelta del devanado son iguales a los correspondientes del devanado del inducido, mientras que su flujo es opuesto a la dirección del flujo del inducido. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.4 Interpolos Auxiliares

La eficacia de los interpolos para minimizar la reactancia del inducido está limitada por la velocidad del rotor y su aplicación como componentes individuales de un sistema de devanado de campo está limitada, por consiguiente, a generadores que funcionen en un estrecho margen, en el régimen de velocidad; por ejemplo, el régimen del generador ilustrado en la figura 7. En el caso de generadores que deban funcionar en un amplio margen, por ejemplo, de 2.850 a 10.000 r.p.m., el uso de los interpolos sólo produciría un efecto local en el chisporroteo del inducido, conforme la velocidad del generador se va reduciendo del máximo al mínimo. Para contrarrestar esto, y con una carga dada en el generador, es necesario reducir la fuerza magnetomotriz (f.e.m.) de los interpolos. El efecto deseado puede obtenerse arrollando devanados auxiliares sobre el de los interpolos y conectándolos en serie, con el devanado de campo del generador en derivación, en un camino tal que cuando cada bobina sea excitada por la corriente del circuito de campo en derivación, produzca una f.e.m. de polaridad opuesta a la creada por la bobina del interpolo en la misma base de la pieza polar. Se debe mantener un equilibrio exacto entre las f.e.m. de la reactancia y de la conmutación en todo el régimen de trabajo de la

velocidad del generador, para obtener una conmutación sin chispas.: (Brujoolmecca, 2011)

2.3.5 Ensamblaje del Inducido (rotor)

El ensamble del inducido comprende el núcleo principal (que puede ser macizo o hueco) y el devanado principal, el conmutador y los cojinetes; el ensamble completo está estática y dinámicamente equilibrado. En el generador que se ilustra, el núcleo es hueco e internamente acoplado con las chavetas de un eje motor que pasa a través de todo el núcleo del inducido. Los devanados del inducido están constituidos individualmente por un número idéntico de bobinas, encajadas en ranuras de los extremos de las láminas de acero que forman el núcleo del inducido. Las bobinas son de pletina de cobre, y como seguridad contra el desplazamiento originado por la fuerza centrífuga, unos alambres de acero (en algunos casos, tiras) abrazan toda la circunferencia exterior del inducido. Los extremos de cada bobina se llegan al conmutador, donde se sueldan con plata a los segmentos separados. El final de una bobina se conecta en el mismo segmento con el principio de otra. De esta forma, el devanado completo forma un circuito cerrado. Los arrollamientos van siempre impregnados en vacío con barniz de silicona, para mantener una buena resistencia de aislamiento en todas las condiciones.

En la mayor parte de los generados empleados en aviación, el colector es de pequeño diámetro, para minimizar la fuerza centrífuga, y está construido con estrechos y largos segmentos de cobre, que corresponden en número al de las bobinas de campo (el de la figura es uno típico de 51 bobinas). Las superficies de los segmentos están barridas por escobillas, las cuales son estrechas y montadas a pares (normalmente, cuatro pares) para asegurar el barrido en la zona de contacto, lo cual es una condición esencial para realizar una conmutación efectiva.

Los inducidos de todos los generados de aviación están apoyados en cojinetes de alta calidad, de bolas, rodillos o combinación de estos dos tipos.

En un generador sencillo en el que se utilice esta combinación se encontrará que invariablemente el cojinete de bolas estará situado en el extremo del eje motor del inducido, y el de rodillos en el extremo del colector. Esta disposición permite la expansión lateral del núcleo del rotor, como consecuencia de las elevaciones de temperatura del generador, sin exponer los cojinetes al riesgo de rotura. Los cojinetes están lubricados con grasa de alto punto de fusión o con aceite lubricante, y pueden ser del tipo hermético o no. Los cojinetes herméticos lubricados con grasa van preparados de fábrica y no requieren un nuevo engrase durante toda su vida. Los cojinetes no herméticos lubricados con grasa se montan con suficiente cantidad de lubricante hasta el final del primer ciclo de servicio del generador. En general, el lubricante para cojinetes lubricados por aceite se introduce en su interior a través de un fieltro impregnado de aceite. El sellado está hecho de forma que pueda prevenir un escape de aceite al interior del generador. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.6 Ensamblaje de las cubiertas exteriores

Estas cubiertas tapan, una, el estator y, la otra, el recinto de los cojinetes del núcleo del rotor. La cubierta exterior está preparada para alojar el dispositivo de amortiguación, la caja de engranajes y el colector; también está preparada para el montaje del porta escobillas, y en la mayoría de los casos posee un conducto de aire para la refrigeración. La inspección y el cambio de escobillas se realizan moviendo la tapa que cubre la ventana existente en la cubierta del colector.

2.3.7 Escobillas

El conjunto del montaje de las escobillas abarca a éstas y a la porta escobillas, para mantenerlas en la posición apropiada y también situarlas en el ángulo correcto respecto a la línea neutra magnética.

Las escobillas utilizadas en los generadores para aviación son del tipo electrográfitico, construidas con grafito artificial. El grafito se produce partiendo de diversas variedades de carbones naturales, moliéndolos en polvo fino, mezclándolos y consolidando la mezcla en la forma deseada mediante la aplicación de una presión mecánica, seguida de una exposición a altas temperaturas en horno eléctrico. Estas escobillas poseen como propiedades la dureza del carbón y la lubricación del grafito. En suma, son resistentes al chisporroteo, ocasionan muy poco desgaste en el colector y su conductividad térmica las protege de las sobrecargas.

Como primer principio para realizar una conmutación efectiva ha de cumplirse que se mantenga la zona de contacto de la escobilla con el colector. Esto se puede conseguir montando varios pares de escobillas en los porta escobillas; en el generador ilustrado en la figura 7 se emplean cuatro pares. Los porta escobillas tienen forma de cajas abiertas en su extremo, con las superficies interiores mecanizadas para ajustar la escobilla, dándole un pequeño juego que le proporciona un deslizamiento suave sin inclinación ni agarrotamiento.

El contacto entre escobillas y colector se mantiene por la presión ejercida por los extremos de los muelles ajustables, anclados en los porta escobillas. Estos quedan afectados perjudicialmente por la corriente que pasa por ellos. Por eso es usual fijar un separador o rodillo aislante en el extremo del muelle que se apoya en la parte superior de la escobilla.

Los porta escobillas van sujetos con pernos a un collar soporte (normalmente llamado puente de escobillas), el cual está sujeto a la cubierta del colector o, como en el caso del generador ilustrado, unido directamente a la cubierta exterior. Para conseguir la mejor conmutación posible, el collar soporte o la cubierta exterior, según convenga, deben poder ser girados unos grados para alterar la posición de las escobillas en relación con la línea

neutra magnética. Cada generador está provisto de unas marcas para indicar la posición normal de funcionamiento.

Cuando hay cuatro o más porta escobillas, están localizados y diametralmente opuestos, y sus escobillas son alternativamente positivas y negativas; las que son de idéntica polaridad se conectan juntas a través de uniones de hilo flexible.

Las escobillas van provistas de cable de conexión de cobre flexible trenzado y moldeado dentro de la propia escobilla en la fabricación. Los extremos libres del cable de unión llevan soldados terminales del tipo de pala o herradura, los cuales se unen a los bornes principales del generador a través de los porta escobillas y sus conexiones. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.8 Bloques de terminales.

Los cables del conjunto de las escobillas y de los devanados de campo van conectados a un bloque de bornes montado en la cubierta del colector o, en algunos generadores, en el conjunto del estator (ver figura 7). El bloque de bornes está protegido por una especie de caja en la cubierta exterior. La salida de cables del sistema de distribución se realiza a través de anillos de goma. El giro del rotor está especificado en una dirección, normalmente en sentido levógiro. Se ha previsto un contacto móvil entre dos de los terminales, el cual puede conectarse en una de las posiciones, en el caso de que haya que invertir el sentido de giro del generador.

2.3.9 Supresión del Chisporroteo

El chisporroteo de las escobillas de un generador, por débil que sea, se traduce en propagación de ondas electromagnéticas que interfieren la recepción de las señales de radio. La interferencia originada en los

generadores puede eliminarse con bastante eficacia apantallándolos. La pantalla envuelve el generador en una malla metálica continua y la salida de los cables de conexión se protege con un tubo o conducto para prevenir la radiación directa. Para impedir que la interferencia pueda ser conducida a lo largo del sistema de distribución, la salida de los conductores termina en filtros o unidades supresoras. Estas constan de bobinas de autoinducción y condensadores de valores apropiados, construidas en cajas metálicas, instaladas lo más cerca posible del generador. Las unidades supresoras independientes son más bien incómodas y bastante pesadas; por eso, en la práctica, en el diseño de los tipos corrientes de generadores se incorporan sistemas de supresión interna. Estos no suelen contener bobinas de autoinducción, pero sí condensadores en la proporción adecuada (ver figura 7), que se conectan entre terminales y masa del generador. El uso de los sistemas de supresión interna de chispas elimina la necesidad de apantallar la salida de los cables de alimentación, logrando de esta forma un considerable ahorro en el peso total de la instalación de un generador. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.10 Desgaste de las Escobillas

El carbón del cual están hechas las escobillas electrográficas es extremadamente poroso y algunos de estos poros son tan finos que el carbón presenta una gran tendencia a absorber y retener otras sustancias en su estructura. La humedad es una de ellas. Se sabe desde hace tiempo que la humedad atmosférica tiene un importante papel en el funcionamiento del contacto de una escobilla, aportando un grado sustancial de lubricación. La humedad se fija en las inevitables irregularidades de las caras de contacto de las escobillas y forma una película exterior en el colector. Con esta película es con la que las escobillas hacen contacto. La importancia de esta humedad sólo se comprendió cuando los aviones empezaron a volar a grandes alturas y apareció un desgaste muy rápido en las escobillas. Las investigaciones realizadas en torno a este problema demostraron que la dificultad principal residía en la extrema sequedad de la atmósfera, lo que

producía tres efectos secundarios: (1) fricción entre las escobillas y el colector, ya que la película de lubricación no podía formarse; (2) la resistencia de contacto llegaba a ser despreciable, originando una elevación del chisporroteo reactivo y acelerando el desgaste de la escobilla; (3) las cargas de electricidad estática debidas a la fricción producían una rotura molecular de las escobillas.

Estos efectos han sido eliminados en gran parte utilizando escobillas que tienen un aditivo químico como medio de remplazar la función que la humedad atmosférica desempeña en la formación de la película superficial. En general se emplean dos tipos distintos: las escobillas de un tipo forman una película semi lubricante de resistencia constante en el colector, mientras que las del otro son escobillas autolubricantes que no forman película.

La composición de las escobillas que forman película incluye elementos químicos como flúor y bario para construir progresivamente una película semi lubricante de resistencia constante en la superficie del colector. Las escobillas de este tipo no se desgastan normalmente en alturas hasta 18.000 metros, con tal que los generadores en los que están fijadas hayan sido previamente "rodados" durante algunas horas para permitir la formación de la película protectora. Esta película una vez formada es de color muy oscuro y puede a veces dar la impresión de suciedad en el colector. Las escobillas del tipo que no forman película contienen un ingrediente tal como bisulfuro de molibdeno, el cual se encuentra a veces en vetas que recorren longitudinalmente las escobillas. Como éstas son autolubricantes no es necesario que los generadores equipados con ellas sean "rodados" previamente durante unas horas antes de entrar en servicio. Sin embargo, estas escobillas poseen el inconveniente de una vida más corta, ya que tienen un desgaste superior en relación con las que forman película. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.11 Acople generador – motor

El rotor (inducido) del generador se acopla a su máquina motriz, el motor del avión, a través de un eje de transmisión que forma parte de una caja de engranajes accesoria. El factor multiplicador de la transmisión depende de la salida deseada del generador y de las condiciones de carga del sistema eléctrico del avión; por eso este factor es variable.

Los ejes de acoplo son metálicos y huecos, con estrías o chavetas (macho o hembra) en uno o en los dos extremos. Las chavetas macho, con sus correspondientes acoplos en el eje del inducido, sirven para transmitir el par resultante de la caja de transmisión. Uno de los requisitos que deben ser satisfechos por el eje de acoplo es que debe interrumpir con efectividad la transmisión cuando se cale el inducido. Este requisito puede cumplirse diseñando el eje de transmisión de modo que en una sección su diámetro sea menor que en las restantes. De esta forma, se le dota de una zona débil, en la cual el eje de transmisión se rompe bajo el efecto de un par excesivo.

Los ejes de transmisión son normalmente cortos y rígidos, pero en algunas ocasiones también pueden especificarse ejes de acoplamiento largos, con un extremo machihembrado en el eje del inducido. Esta fijación permite al eje absorber muchas de las vibraciones mecánicas que de otra forma pasarían al generador procedente de la caja de transmisión.

El método de acoplar un generador a la máquina motriz o a una caja de transmisión varía, pero en general se utiliza el montaje por plato o el embridaje por anillos. En el primer método, la cubierta exterior del extremo de arrastre del generador está normalmente ampliada a un diámetro mayor que el del estator, formando así un borde sobresaliente. Agujeros hechos en los platos están dispuestos para recibir los pernos localizados en el dispositivo de acoplamiento de la máquina motriz o en la caja de transmisión, y el generador finalmente es fijado con tuercas, arandelas de

seguridad, etc. Otra forma del montaje por plato está basada en la cubierta exterior de un generador, que tiene dos diámetros.

El mayor no es superior al del estator y termina en el dispositivo de acoplamiento, mientras que el inferior contiene un canal o ranura, entre el estator y el diámetro mayor de la cubierta exterior, dentro de la cual entra el montaje de los pernos. Otra variación de esta forma de montaje es la empleada en el generador de la figura 7.

En el método de embridar por anillos, la cubierta exterior del generador tiene una prolongación con un entrante en la cara de montaje de la unidad de transmisión. Cuando la prolongación del generador está completamente acoplada con el entrante, un borde de la cubierta termina en un cuerpo macho dispuesto en la cara de montaje de la unidad de transmisión. Los dos platos quedan entonces unidos a través de unos anillos colocados en ellos y cerrados mediante un tornillo de presión. Normalmente se incorpora una fijación de espiga para localizar el acoplamiento del generador a la unidad de transmisión y absorber el par de reacción cuando el generador se encuentra en funcionamiento. (Brujoolmecca, 2011)

2.3.12 Refrigeración de los Generadores

La salida máxima de un generador, sin considerar la potencia mecánica aplicada al eje de entrada, se puede determinar por la facilidad con que pueda ser disipado el calor (a consecuencia de la histéresis, efecto térmico de la corriente en los arrollamientos, etc.).

En generadores de gran tamaño y de una salida relativamente pequeña, el proceso natural de radiación térmica de la superficie de la carcasa puede proporcionarle suficiente refrigeración, pero tal refrigeración "natural" es insuficiente en los generadores de pequeño tamaño y salida

relativamente alta utilizados como fuentes de alimentación en aviación, y debe, por tanto, ser suplementada con una refrigeración forzada.

El método más comúnmente aceptado de refrigeración es el que aprovecha el efecto dinámico de la presión del aire resultante del torbellino de la hélice o de la corriente de aire debida al movimiento del avión. Un sistema típico de refrigeración es el representado de forma elemental en la figura 8. El aire es lanzado a gran velocidad a la entrada de los orificios y es guiado a través de conductos de aleación ligera a una entrada colectora situada en la cubierta del colector del generador. El aire choca contra el recinto de las escobillas y del colector, para enfriar estas zonas de elevada temperatura, atraviesa toda la longitud de la máquina y escapa por los orificios de una banda envolvente, en el extremo de la caja de transmisión.

A fin de suplementar la corriente de aire de refrigeración y también para proporcionar cierta ventilación cuando el avión está en tierra, algunos tipos de generadores poseen un ventilador fijado en el acoplo del eje del inducido con la caja de transmisión.

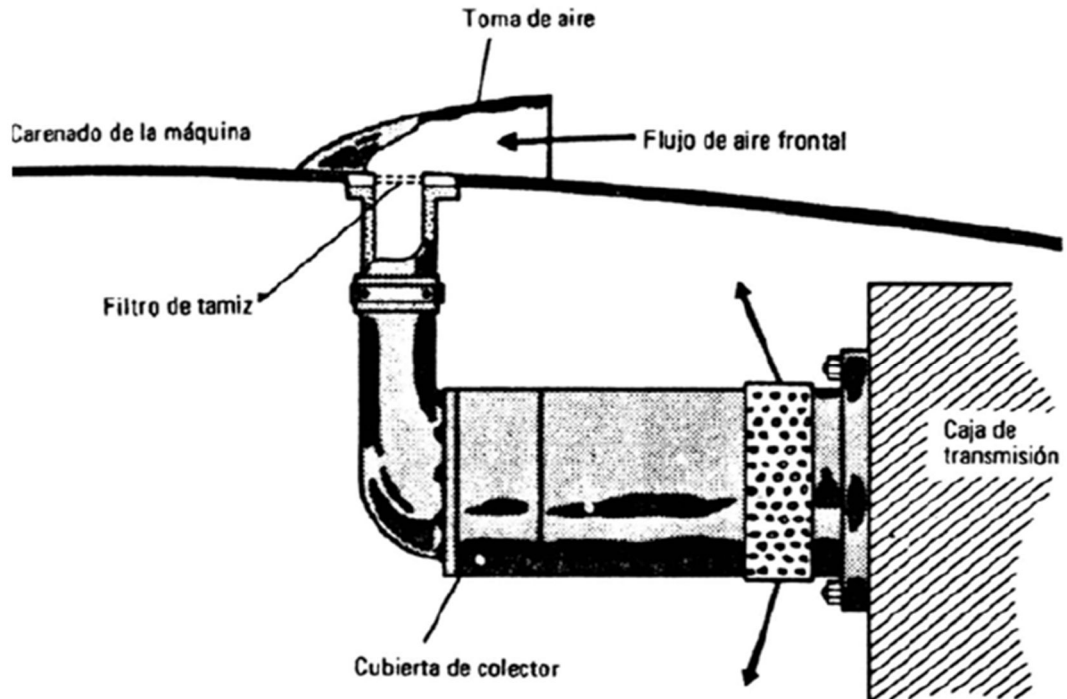


Figura 8. Sistema típico de refrigeración

Fuente: (Brujoolmecca, 2011)

2.4 Instrumento de Medición

Un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Como unidades de medida se utilizan objetos y sucesos previamente establecidos como estándares o patrones y de la medición resulta un número que es la relación entre el objeto de estudio y la unidad de referencia. Los instrumentos de medición son el medio por el que se hace esta lógica conversión. (Wikipedia, Instrumento de Medición, 2015)

2.4.1 Características Principales

Las características importantes de un instrumento de medida son:

Precisión: es la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.

Exactitud: es la capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.

Apreciación: es la medida más pequeña que es perceptible en un instrumento de medida.

Sensibilidad: es la relación de desplazamiento entre el indicador de la medida y la medida real.

2.4.2 Tipos

Se utilizan una gran variedad de instrumentos para llevar a cabo mediciones de las diferentes magnitudes físicas que existen. Desde objetos sencillos como reglas y cronómetros hasta los microscopios electrónicos y aceleradores de partículas.

A continuación se indican algunos instrumentos de medición existentes en función de la magnitud que miden.

Para medir temperatura:

- Termómetro
- Termopar
- Pirómetro

Para medir presión:

- Barómetro
- Manómetro
- Tubo de Pitot

Para medir velocidad:

- Velocímetro
- Anemómetro (Para medir la velocidad del viento)
- Tacómetro (Para medir velocidad de giro de un eje)

Para medir propiedades eléctricas:

- Electrómetro (mide la carga)
- Amperímetro (mide la corriente eléctrica)
- Galvanómetro (mide la corriente)
- Óhmetro (mide la resistencia)
- Voltímetro (mide la tensión)
- Vatímetro (mide la potencia eléctrica)
- Multímetro (mide todos los valores anteriores)
- Puente de Wheatstone
- Osciloscopio

2.5 Variables Eléctricas**2.5.1 Voltaje**

El Voltaje o la “diferencia potencial eléctrica” es una comparación de la energía que experimenta una carga entre dos ubicaciones.

Para comprender este concepto de forma más simple, como ejemplo se toma material con una carga eléctrica de más electrones de lo que sus átomos pueden sostener (ionizado negativamente) y un material carente de electrones (ionizado positivamente).

Desde el punto de vista atómico, es la medición la energía que se requiere para energizar un electrón y desplazarlo de su posición original en el átomo a otro punto dado. Desde el punto de vista de un campo eléctrico estático, es el trabajo que debe imprimirse por cada unidad de carga para moverla entre dos puntos.

El voltaje es el diferencial eléctrico entre ambos cuerpos, considerando que si ambos puntos establecen un contacto de flujo de electrones ocurriría una transferencia de energía de un punto al otro, debido a que los electrones (con carga negativa) son atraídos por protones (con carga positiva), y a su vez, que los electrones son repelidos entre sí por contar con la misma carga. (Estefani, 2013)

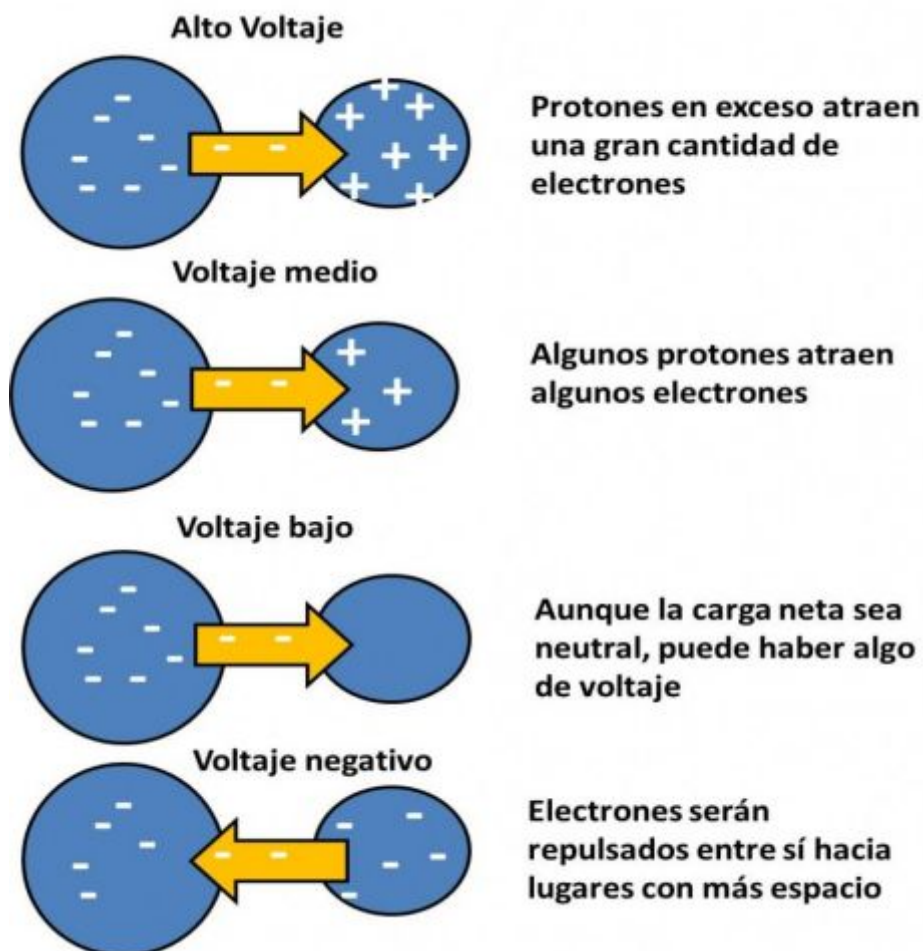


Figura 9. Diferencias en cargas netas para explicar voltaje

Fuente: (Estefani, 2013)

Desde el punto de vista atómico, es la medición la energía que se requiere para energizar un electrón y desplazarlo de su posición original en el átomo a otro punto dado.

Desde el punto de vista de un campo eléctrico estático, es el trabajo que debe imprimirse por cada unidad de carga para moverla entre dos puntos.

El voltaje entre dos extremos de un conducto se calcula en función de la energía total requerida para desplazar una carga eléctrica pequeña a través de ese conducto, dividido entre la magnitud de dicha carga.

El voltaje puede ser causado por campos eléctricos estáticos, por corriente eléctrica a través de un campo magnético, por campos magnéticos que varían con el tiempo o una combinación de las 3. Se mide en voltios, coulombs o julios y se simboliza como ΔV) y puede representar ya sea a la fuente de energía o una energía perdida, usada o almacenada.

Los instrumentos para medir el voltaje pueden ser los voltímetros (que miden la corriente a través de una resistencia eléctrica fija), los potenciómetros (que balancean el voltaje desconocido contra un voltaje conocido en un circuito puente) y el osciloscopio.

2.6 Corriente Eléctrica

La corriente eléctrica es una corriente de electrones que atraviesa un material.

Algunos materiales como los "conductores" tienen electrones libres que pasan con facilidad de un átomo a otro.

Estos electrones libres, si se mueven en una misma dirección conforme saltan de un átomo a átomo, se vuelven en su conjunto, una corriente eléctrica.

Para lograr que este movimiento de electrones se de en un sentido o dirección, es necesario una fuente de energía externa.

Cuando se coloca un material eléctricamente neutro entre dos cuerpos cargados con diferente potencial (tienen diferente carga), los electrones se moverán desde el cuerpo con potencial más negativo hacia el cuerpo con potencia más positivo.

Los electrones viajan del potencial negativo al potencial positivo. Sin embargo se toma por convención (Teoría del Fluido de Benjamín Franklin) que el sentido de la corriente eléctrica va desde el potencial positivo al potencial negativo.

La corriente eléctrica se mide en Amperios (A) y se simboliza con la letra I .

Hasta aquí se ha supuesto un flujo de corriente da va de un terminal a otro en, forma continua. A este flujo de corriente se le llama corriente continua.

Cuando es necesario disponer de corriente continua para el funcionamiento de aparatos electrónicos, se puede transformar la corriente alterna de la red de suministro eléctrico mediante un proceso, denominado rectificación, que se realiza con unos dispositivos llamados rectificadores, basados en el empleo de diodos semiconductores o tiristores

Siempre que se mueven cargas eléctricas de igual signo se establece una corriente eléctrica.

Hay otro caso en que el flujo de corriente circula, en forma alternada, primero en un sentido y después en el opuesto. A este tipo de corriente se le llama corriente alterna. (Estefani, 2013)

CAPÍTULO III

MONTAJE DEL MÓDULO.

3.1 Consideraciones generales

Luego de haber realizado la investigación de campo correspondiente se ha concluido que la construcción de un banco de pruebas para efectuar la comprobación de funcionalidad de instrumentos de la aeronave Fairchild FH227J será de gran beneficio y ayuda en la ejecución de las operaciones de mantenimiento, que realizan los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

El proceso de recopilación de información de este proyecto de investigación fue recabado de fuentes bibliográficas que incluyen: manual de mantenimiento del avión, manual de reparación eléctrico de aeronaves

(Brujoolmecca 2011), manual de diagramas eléctricos, diccionarios técnicos aeronáuticos y otras ayudas que complementaron la Investigación.

Las opciones para la construcción de este banco de prueba se las realizó con la ayuda y colaboración de Ingenieros, Tecnólogos de la Universidad de las Fuerzas Armadas; cimentados en que las bases y las características para su elaboración están descritos en los manuales de mantenimiento del avión.

El banco de pruebas no requiere de análisis estructural de esfuerzos, cargas, presiones o estanqueidad pues los parámetros con los que trabaja no son muy exigentes.

3.2 Factibilidad del proyecto

Se determina la factibilidad para la realización del Trabajo de Investigación basado en cuatro factores:

3.2.1 Factor técnico

El presente plan de investigación proporcionó como resultado que es factible la construcción de un banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de voltajes mediante el generador 4224-G29-7BT, en vista que se cuenta con los conocimientos necesarios para llevar a cabo este proyecto, sumado a la documentación requerida, catálogos de las partes necesarias para el diseño, manuales de mantenimiento del generador; en donde se detallan principios de funcionamiento. Esto permite solucionar el problema de manera eficiente.

3.2.2 Factor legal

Para la realización de este anteproyecto no existe ningún impedimento legal por parte de la Universidad de las Fuerzas Armadas del Departamento de Energía y Mecánica, por lo tanto, el proyecto cuenta con todo el respaldo reglamentario.

3.2.3 Factor operacional

El área en el cual será habilitado el banco de pruebas es el Bloque 42 sección instrumentos del avión, está conformado por tecnólogos, ingenieros de mantenimiento aéreo con conocimientos plenos de su actividad, con gran sentido de responsabilidad, de gran valor y ayuda durante la ejecución de inspecciones de mantenimiento operacional. Asimismo el banco cuenta con procedimientos básicos de manejo y utilización visibles para su operación segura y correcta.

3.2.4 Factor económico

Mediante el análisis para determinar la factibilidad económica se analizan dos puntos de vista: ciertos elementos utilizados en la construcción del banco de pruebas son propiedad de la Carrera de Mecánica Aeronáutica por la complejidad y costo que resultaría para el estudiante conseguir este elemento en la casa fabricante, no obstante se le ha brindado las facilidades para su utilización; el material restante no representa una inversión económica considerable debido a su existencia en el mercado nacional cumpliendo con las exigencias para su utilización en el banco de pruebas.

3.3 Requerimientos Técnicos

Para la construcción del banco se requirió los siguientes materiales:

Tabla 1.

Materiales para la construcción del módulo

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Ángulo de 1½ pulgada	4½ metros
2	Tubo redondo de 2 pulgadas	4 metros
3	Varilla cuadrada de ½ pulgada	4
4	Varilla redonda de ½ pulgada	4
5	Platina de 2 pulgadas 3/16	1
6	Pernos 7/16 nC x 2½ pulgadas	4
7	Pernos ½ x 2¼ pulgadas	4
8	Rodelas de presión	8
9	Polea de 8 pulgadas de un solo canal	1
10	Electrodos T 70 18	10
11	Tablero de 1½	4
12	Motor	1
13	Baterías	2

Tabla 2.

Características Eléctricas del Motor

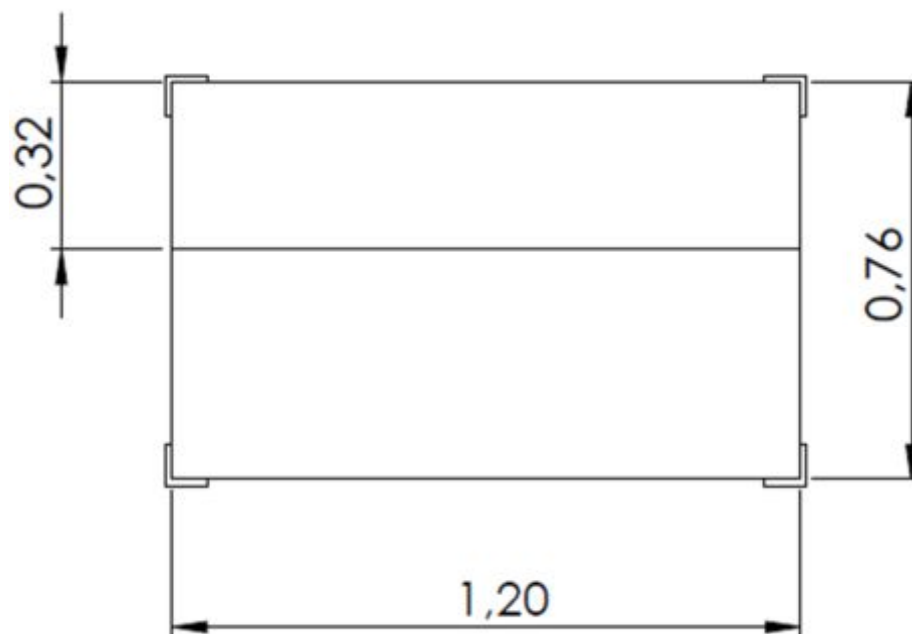
Voltaje de Alimentación Trifásico 220VAC

Frecuencia	60 Hz
Potencia	½ Hp
RPM	1725
Corriente	4,4 Amperios

3.4 Diseño y construcción de la mesa de soporte

El banco consta de una mesa, la misma que sirve como soporte para el generador en la parte superior y el motor que ayuda al movimiento mecánico

del generador en la parte inferior. A continuación se muestran las dimensiones de la mesa:



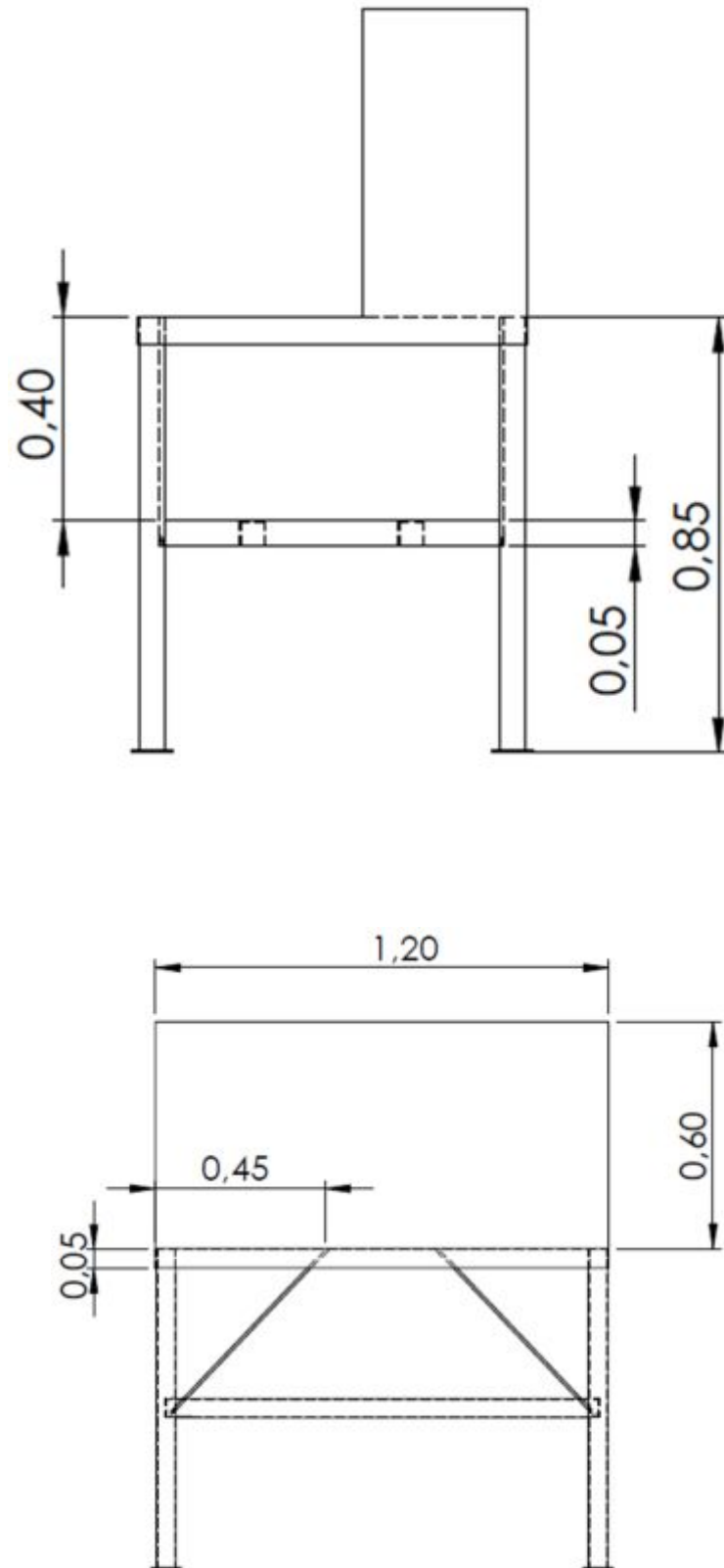


Figura 10. Dimensiones de la mesa

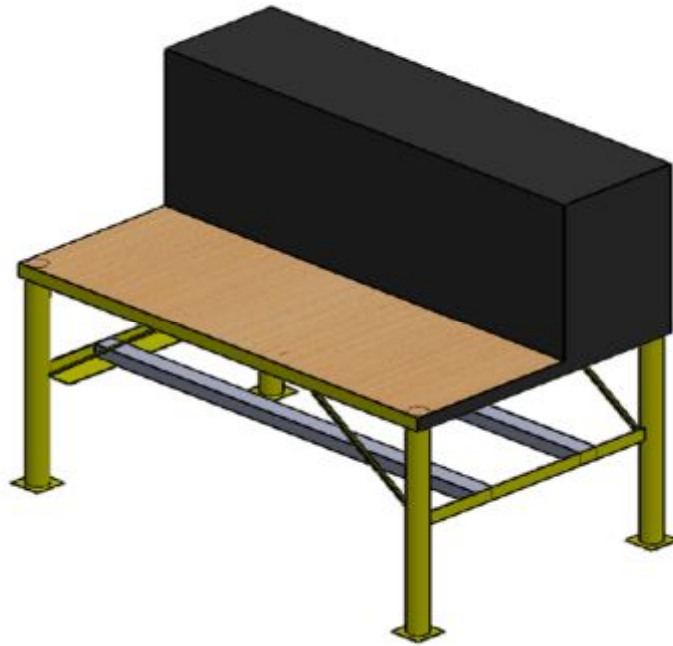


Figura 11. Mesa vista en 3D

Una vez realizado el diseño se procedió a armar la mesa con los materiales descritos en la tabla 1, el producto terminado se muestra en la siguiente figura.



Figura 12. Mesa de soporte ensamblada

3.4.1 Mantenimiento del Generador

Para asegurar el correcto funcionamiento del generador en el banco se procedió a realizar un mantenimiento preventivo, para esto se desarmó completamente para limpiar el colector y verificar el estado de las escobillas.



Figura 13. Chequeo de las escobillas

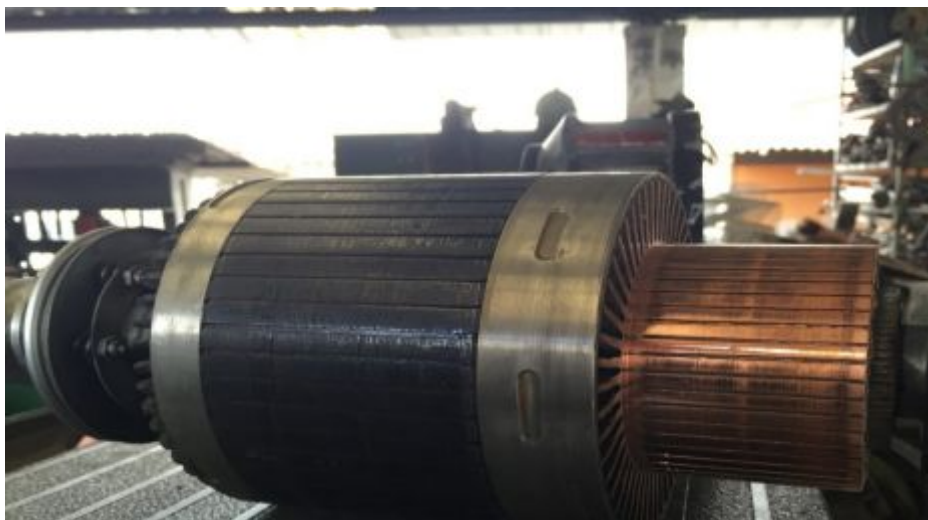


Figura 14. Chequeo del colector

3.4.2 Instalación del motor eléctrico

El motor eléctrico está ubicado en la parte inferior de la mesa de soporte del banco, para evitar accidente por el giro y fuerza q da el motor, se encuentra en paralelo al eje del generador para la mejor instalación de los componentes para ese se soldó dos ángulos de una pulgada, reforzando con dos platinas para la mayor adherencia y absorción a la vibración producida por el motor y generador cuando están funcionamiento como se muestra en la siguiente figura.



Figura 15. Ubicación en el banco del motor eléctrico



Figura 16. Instalación del motor eléctrico

3.4.3 Instalación del generador

El generador se instaló sobre la mesa, en una posición que permita acoplarse mediante una banda con el motor eléctrico, como está a fácil acceso a la banda giratoria se construyó un protector para evitar accidentes.

Con esta seguridad se podrá trabajar en óptimas condiciones sin tener que preocuparse en causar, o ser víctima de un accidente laboral.

La instalación del mismo se elaboró para que guarde la integridad del usuario y así mismo que no influya en su funcionamiento como se muestra en la siguiente figura.

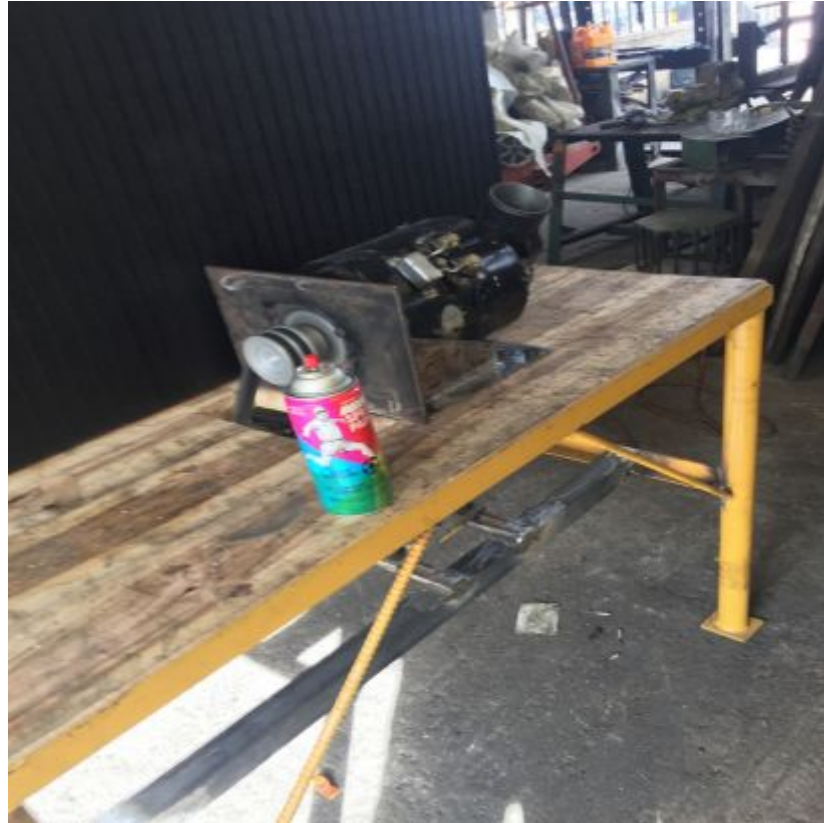


Figura 17. Montaje del generador

3.4.4 Cálculo de la relación de transformación de la velocidad

El motor eléctrico tiene una polea colocada en su eje de 8 pulgadas de diámetro, el generador tiene una polea de 3 pulgadas de diámetro. Estas dos poleas provocan un incremento de la velocidad de 2,66 veces; es decir, si el rotor del motor gira a 1725 rpm, el rotor del generador girará a 4600 rpm.

$$Velocidad\ generador = \frac{8}{3} \times Velocidad\ motor$$

$$Velocidad\ generador = \frac{8}{3} \times 1725$$

$$Velocidad\ generador = 4600\ rpm$$

3.4.5 Excitación del generador

El generador para su funcionamiento necesita de una fuente de 24 VDC para que cumpla la función de generar. Para lo cual se utilizó dos baterías de 12 VDC conectadas en serie y estas a su vez conectadas a los terminales que corresponden a los electroimanes del generador.

Es suficiente con la excitación para el voltaje deseado, se puede desconectar las dos baterías, resultando el voltaje deseado.



Figura 18. Excitación externa del generador



Figura 19. Voltaje medido de la batería.

3.5.6 Módulo terminado

Una vez instalados todos los dispositivos, se procedió al aspecto estético del banco, a continuación se realizara los pasos realizados para dar un buen acabado al equipo.

Limar las sobras suelda esto se lo realiza en las uniones de los metales para evitar cortes en la piel.

Se realizó el proceso de pintura antes primero ligando las impurezas que se encontraba en el material para un mejor acabado.

Se forró las superficies planas de un corosil blando ya que como resultado da un mejor aspecto y da absorción a la vibración producida por los componentes

El modulo terminado se muestra en la siguiente figura.



Figura 20. Módulo terminado

3.6 Pruebas de funcionamiento

Una vez excitado el generador se energizó el motor trifásico para que transmita la fuerza mecánica al generador y de esta manera poder colocar un voltímetro en los terminales de salida del mismo para comprobar si existe voltaje. El valor de voltaje inicial fue de aproximadamente 33 VDC, por lo que se colocó un regulador para que se mantenga en un valor aproximado de 24 VDC.



Figura 21. Voltaje de salida del generador

Se realizaron varias pruebas para comprobar cuál es la corriente máxima que puede entregar el generador, empleando y cargas resistivas de potencia, dando como resultado que la corriente máxima es 3 amperios, porque a partir de este valor empezó a disminuir el voltaje de salida del generador.

3.7 Manuales

Los manuales se elaboraron mediante los procedimientos descritos en los manuales de mantenimiento de la aeronave

A continuación se describen estos formularios de procedimientos:

 <p>LABORATORIO SISTEMAS DEL AVION</p>	MANUAL DE OPERACIONES	Pág.: 1 de 3
	BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.	UGT-CM
	Elaborado por: Cristian Zapata	Revisión No. : 001
	Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha : 10/MAYO/2015

1.0.- OBJETIVO

Documentar y establecer los procedimientos correctos de operación del banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de voltaje y corriente

2.0.- ALCANCE

Proporcionar al personal técnico que utilice el banco, los pasos que se deben seguir para la operación del banco de pruebas.

3.0.- DOCUMENTOS DE REFERENCIA

1. Manual de Mantenimiento del avión Fairchild fh227j.

4.0.- PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

El banco de pruebas consta de un sistema de comprobación los cuales deben trabajarse por separado, seleccionando el voltaje constante o variable por separado.

Con las medidas de seguridad adoptadas y puestas en ejecución para la operación del banco se procede como sigue:

 LABORATORIO SISTEMAS DEL AVION	MANUAL DE OPERACIONES	Pág.: 2 de 3
	BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.	UGT-CM
	Elaborado: Cristian Zapata	Revisión No. : 001
	Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha : 10/MAYO/2015

1. Cumplir con la lista de chequeos



Precaución


Revisar e inspeccionar todas las conexiones que estén realizadas correctamente en los polos indicados, revisar si no se encuentra cables pelados, quemados, o en mal estado, en caso de no existir estas fallas proceder a la conexión a la corriente eléctrica de 220v. Corregir las falencias y dejar el banco de pruebas en su posición inicial.


2. Conectar el equipo a una fuente externa de generación eléctrica de 220V. y alimentar.
3. Seleccionar ON en el interruptor de 220V.
4. Esperar a que el generador arranque.





Precaución

Comprobaciones que el sistema giratorio no tenga roce con la protección de bandas. Verificar sonidos extraños.

 LABORATORIO SISTEMAS DEL AVION	MANUAL DE OPERACIONES	Pág.: 3 de 3
	BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.	UGT-CM
	Elaborado: Cristian Zapata	Revisión No. : 001
	Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha : 10/MAYO/2015
<p>5 Medir los voltajes en los puntos indicados en el banco de pruebas</p> <p>6 Accionar el switch del variador de voltaje para aumentar el voltaje</p> <p>7 Repetir la medición de los voltajes en los puntos indicados en el banco de pruebas</p> <p>8 Cuando termine la comprobación de voltaje halar el switch del variador de voltaje.</p> <p>9 Seleccionar OFF en el interruptor de 220VAC.</p> <p>10 Desconectar el equipo de la fuente de generación externa.</p> <p>FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>		

 LABORATORIO SISTEMAS DEL AVION	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 1 de 2
	BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.	UGT-CM
	Elaborado: Cristian Zapata	Revisión No. : 001
	Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha : 10/MAYO/2015
<p>1.0.- OBJETIVO</p> <p>Definir los procedimientos a seguir para mantener siempre en óptimas condiciones de operación el banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de voltaje para la comprobación de instrumentos.</p> <p>2.0.- ALCANCE</p> <p>Las prácticas consideradas en el presente manual, comprende el mantenimiento preventivo y correctivo del banco de pruebas.</p> <p>3.0.- MANTENIMIENTO TRIMESTRAL</p> <p>3.1 Almacenamiento</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conservar el banco de pruebas cubierto con un protector de plástico o de tela para evitar el polvo y humedad cuando no sea utilizada. 2. No permitir que el equipo se encuentre en contacto con ninguna sustancia corrosiva. 3. Revisar que la base de asentamiento esté en buenas condiciones. 		

 LABORATORIO SISTEMAS DEL AVION	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág.: 2 de 2
	BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.	UGT-CM
	Elaborado: Cristian Zapata	Revisión No. : 001
	Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha : 10/MAYO/2015
<p>3.2 Limpieza</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpiar la sección pintada utilizando una tela húmeda y seguidamente una tela seca que no raye la pintura, retirando de esta manera cualquier agente contaminante. 2. No utilizar solventes. disolventes, combustibles al momento de realizar la limpieza del banco debido a que estos aditivos poseen componentes que pueden ser perjudicial para los componentes. 3. La parte interna del banco se debe limpiar con un aspersor de aire a baja presión (de preferencia aire seco). <p>3.3 Conexión</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar que todas las conexiones que estén en óptimas condiciones de motor a generador, de baterías a generador, de batería a regulador de voltaje 2. Comprobar que se encuentren en buen estado los pernos y tornillos que sujetan a los diferentes elementos y componentes del banco. <p>FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>		

 LABORATORIO SISTEMAS DEL AVION	MANUAL DE SEGURIDAD	Pág.: 1 de 1
	BANCO DE PRUEBA DEL GENERADOR 4224-G29-7BT DEL AVIÓN FAIRCHILD FH227J PARA COMPROBACIÓN DE INSTRUMENTOS.	UGT-CM
	Elaborado: Cristian Zapata	Revisión No. : 001
	Aprobado por: Tlga. Maritza Nauñay	Fecha : 10/MAYO/2015
<p>1.0.- OBJETIVO</p> <p>Documentar los procedimientos de seguridad cuando se opere el banco de pruebas para efectuar la comprobación de parámetros e indicaciones de voltaje y corrientes del generador 4224-G29-7BT.</p> <p>2.0.- ALCANCE</p> <p>Mantener la seguridad del técnico y del equipo en la operación.</p> <p>3.0.- PROCEDIMIENTO</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Previo a la realización del trabajo el personal técnico debe estar familiarizado con la correcta operación del banco de pruebas. 2. Realizar una inspección visual general de todo el equipo para comprobar las condiciones en que se encuentra la misma. 3. Comprobar que la compuerta de acceso a los sistemas disponga de seguro. 4. Utilizar el equipo de protección necesario para evitar cualquier daño. 5. Revisar que el sistema de mandos no haya sido movido de la posición inicial. 6. Verificar el cableado (flojos). <p style="text-align: center;">FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____</p>		

3.8 Lista de Chequeos

1. Utilizar equipo de protección individual, no utilizar ropa de nylon.
2. Verificar que el equipo no se encuentre alimentado por alguna fuente de poder.
3. Revisar la integridad física del equipo (cables rotos, cables en mal estado, baterías húmedas, pernos flojos).
4. Ubicar el equipo en un área de trabajo despejada, limpia e iluminada.
5. Montar las conexiones eléctricas en los componentes correspondientes.
6. Verificar que los interruptores se encuentren en la posición OFF.

3.9 Presupuesto

El presupuesto utilizado para el desarrollo del proyecto planteado se fundó en proformas de mercado local que se cotizaron para cada uno de los materiales, accesorios y componentes que se utilizaron llegando a la conclusión que el costo total del proyecto es de mil ciento quinientos once con noventa y un centavos de dolar.

3.9.1 Rubros

Para determinar el costo total de la construcción del banco de pruebas se evalúan los siguientes parámetros.

- Maquinaria, herramienta y equipo.

- Costo primario (material).
- Mano de obra.
- Costo secundario (equipos de oficina).

Tabla 3.
Costo máquinas herramientas y equipos

Nº	MÁQUINA	VALOR (USD)
1	Motor Eléctrico	500
2	Regulador de Voltaje	40
3	Baterías	60
4	Taladro	20
5	Equipo de pintura	20
6	Equipos electrónicos	20
7	Cortado de metal	10
Total		670

Tabla 4.
Costos primarios

Nº	MATERIAL	CANT.	VALOR UNITARIO	COSTO (USD)
1	Ángulo de 1½ pulgada	4mt	12	24
2	Tubo redondo de 2 pulgadas	4mt	15	30
3	Varilla cuadrada de ½ pulgada	4	3	12
4	Varilla redonda de ½ pulgada	4.	2	8
5	Platina de 2 pulgadas 3/16	1	10	10
6	Pernos 7/16 nC x 2½ pulgadas	4	1,5	6
7	Pernos ½ x 2¼ pulgadas	4	1,70	6.8
8	Rodelas de presión	8	0.20	1,6



Continua

10	Electrodos T 7018	10	0,25	2,5
11	Tablero de 1½	4	10	40
12	Alambre solido	5mt	3	15
13	Bornes de batería	4	1.5	6
14	Cuerina	4mt	8	32
15	Sierra de grano fino	1	12	12
16	Lijas de acero	5	0.60	3
17	Pintura de fondo	1 lt.	6	6
18	Thinner	1 gl.	8	8
19	Pintura amarilla Caterpillar	1 lt.	10	10
20	Flexómetro	1	5	5
21	Limas, destornilladores	4	3	12
Total				261,91

Tabla 5.

Costo de mano de obra

N	PROCESO	VALOR (USD)
1	Pintor	40
2	Soldador	40
3	Electrónico	60
4	Estructurista	60
	Total	200

Tabla 6.
Costos secundarios

Nº	DETALLE	VALOR (USD)
1	Alimentación	90
2	Internet	50
3	Hojas de papel boom	10
4	Impresiones	40
5	Anillados y empastados	30
6	Transporte	100
7	Varios	60
	Total	380

Tabla 7.
Costo total del proyecto

Nº	RUBRO	CANTIDAD (USD)
1	Máquinas	670
2	Materiales y accesorios	261.91
3	Mano de obra	200
4	Gastos secundarios	380
	Costo total del proyecto	1511.91

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se recopiló información necesaria para entender el principio de funcionamiento de un generador empleado en una aeronave.

- Se seleccionaron los materiales adecuados para la construcción de la mesa que forma parte del banco de prueba con la finalidad de garantizar el perfecto funcionamiento de acople mecánico motor – generador.

- Se elaboró manuales de operación, mantenimiento, seguridad y registro para la correcta manipulación del banco de pruebas, con la finalidad de prolongar su vida útil y preservar la integridad de personal y equipo.

- Se realizaron pruebas con diferentes instrumentos y se comprobó su correcto funcionamiento cumpliendo con los parámetros y objetivos planteados para los cuales fue construido,

Recomendaciones

- Observar y efectuar estrictamente las instrucciones detalladas en los manuales del banco de pruebas para obtener resultados satisfactorios y evitar incidentes u accidentes en personal y equipo.

- Conectar instrumentos que necesiten de un voltaje de alimentación de 24 VDC y hasta 3 amperios para asegurar su correcto funcionamiento..
- Impulsar estos proyectos para que se sigan implementando ya que son fundamentales en el mantenimiento de las aeronaves y resultan de gran ayuda en el aprendizaje y formación de técnicos en aviación.

GLOSARIO DE TÉRMINOS.

Aeronave.- Toda máquina que puede sustentarse en la atmosfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

C.A: Corriente Alterna, Es aquella cuyas cargas eléctricas dentro del conductor circulan en uno u otro sentido, trayendo como consecuencia que la corriente cambie constantemente de sentido.

C.C: Corriente Continua, Es aquella en la cual las cargas eléctricas dentro del conductor se desplazan en un solo sentido.

Electrografito: Tiene una alta pureza y propiedades de fricción muy bueno para proteger tanto a los conmutadores y anillos colectores es por esta razón que se utilizan en una amplia gama de aplicaciones.

Escobillas: Es la que establece una conexión eléctrica entre una parte fija y una parte rotatoria en un dispositivo. Este es el caso de los motores o generadores eléctricos, donde se debe establecer una conexión de la parte fija de la máquina con las bobinas del rotor.

f.e.m: Fuerza Electromotriz

Hp: Caballos de fuerza

Kw: Kilovatios

Mantenimiento.- Es efectuar trabajos necesarios sobre un dispositivo o equipo para mantenerlo en óptimas condiciones de funcionamiento.

.r.p.m: Revoluciones por minuto

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Brujoolmeca. (2011). *Sistemas Eléctricos del Avión*. Obtenido de <https://brujoolmeca.files.wordpress.com/2011/03/sistemas-elc3a9ctricos-del-avic3b3n-pallet.pdf>

Estefani, G. (Abril de 2013). *Artinaid*. Obtenido de <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-el-voltaje/>

Wikipedia. (17 de Mayo de 2014). *Banco de Pruebas*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Banco_de_pruebas

Wikipedia. (11 de Febrero de 2015). *Instrumento de Medición*. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumento_de_medici%C3%B3n

ANEXOS.

