



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA VERIFICAR EL  
FUNCIONAMIENTO DEL INDICADOR TRIPLE DE UN HELICÓPTERO SUPER PUMA  
AS-332B, DE LA BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 15 “PAQUISHA”.**

**NARVÁEZ CAÑAR, JOSÉ MANUEL**  
**DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA**  
**MONOGRAFÍA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**  
**ING. GUERRERO RODRÍGUEZ, LUCÍA ELIANA**  
**28 DE AGOSTO DEL 2020**



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN  
& AVIÓNICA  
CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, "Implementación de un banco de pruebas para verificar el funcionamiento del indicador triple de un helicóptero Super Puma AS-332B, de la Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 "Paquisha" fue realizado por el señor Narváez Cañar, José Manuel, la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 de agosto del 2020

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

C. C.:0501878649

## REPORTE DE VERIFICACIÓN



### Document Information

---

**Analyzed document** TESIS NARVAEZ REV9.docx (D78164296)  
**Submitted** 8/25/2020 6:46:00 PM  
**Submitted by** Guerrero Rodriguez Lucia Eliana  
**Submitter email** leguerrero6@espe.edu.ec  
**Similarity** 10%  
**Analysis address** leguerrero6.espe@analysis.arkund.com

### Sources included in the report

---

<b>SA</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS SUPER PUMA (2).pdf Document TESIS SUPER PUMA (2).pdf (D47197783) Submitted by: hainca@espe.edu.ec Receiver: eaarevalo1.espe@analysis.arkund.com	 4
<b>SA</b>	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / SEXTA REVISION MONOGRAFIA ESPE.pdf Document SEXTA REVISION MONOGRAFIA ESPE.pdf (D78164140) Submitted by: cvsanchez1@espe.edu.ec Receiver: sealpusig.espe@analysis.arkund.com	 12
<b>SA</b>	TESIS TAIPE DIEGO.docx Document TESIS TAIPE DIEGO.docx (D63066320)	 19

Ing. Lucía Eliana Guerrero Rodríguez

CC.: 0501878649



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN  
& AVIÓNICA  
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Narvárez Cañar, José Manuel**, con cédula de ciudadanía 1104904162, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación "**Implementación de un banco de pruebas para verificar el funcionamiento del indicador triple de un helicóptero Super Puma AS-332B, de la Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 "Paqulsha".**" es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 27 de agosto del 2020

Narvárez Cañar, José Manuel

C.C.: 1104904162



DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &  
AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, Narváez Cañar, José Manuel autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Implementación de un banco de pruebas para verificar el funcionamiento del indicador triple de un helicóptero Super Puma AS-332B, de la Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 "Paquisha".**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 27 de agosto del 2020

Narváez Cañar, José Manuel

C.C.: 1104904162



**DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &**  
**AVIÓNICA**

**DEDICATORIA**

El presente trabajo de graduación inicialmente quiero dedicarle a mi Dios todopoderoso por darme la oportunidad de cumplir con una meta más en mi vida, quien ilumina mi mente y por haberme permitido terminar esta carrera con éxito y gratos conocimientos profesionales.

A mi esposa Daniela quien ha hecho de mí una persona de bien, quien con su amor incondicional ha sido un pilar fundamental para culminar mi carrera, su arduo trabajo y sus consejos ha permitido que me mantenga firme siempre en las decisiones, metas y objetivos que me he trazado hasta estas instancias de mi vida.

A mis hijos quienes son mi razón de ser, mi fuerza para continuar siempre adelante, mi felicidad, mi todo, frente a toda circunstancia.

**NARVÁEZ CAÑAR JOSÉ MANUEL**



## **DEPARTAMENTO ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN & AVIÓNICA**

#### **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mis sentimientos de gratitud a Dios por bendecirnos con lo más valioso que es la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra vida y ser la luz y fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

A mi esposa Daniela quien ha sido un modelo de inspiración para que siga adelante por haberme apoyado en esos momentos mis tristezas, debilidades y a ver sido parte de mis logros alcanzados.

A mis docentes y maestros quienes me han impartido sus conocimientos, en las aulas de la prestigiosa Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que con responsabilidad y ética profesional han sabido impartir sus conocimientos profesionales.

**NARVÁEZ CAÑAR JOSÉ MANUEL**

	8
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	
<b>CARÁTULA</b>	1
<b>CERTIFICACIÓN</b>	2
<b>REPORTE DE VERIFICACIÓN</b>	3
<b>RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA</b>	4
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN</b>	5
<b>DEDICATORIA</b>	6
<b>AGRADECIMIENTO</b>	7
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	8
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	12
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	13
<b>RESUMEN</b>	16
<b>ABSTRACT</b>	17
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	
1.1 Tema	18
1.2 Justificación	18
1.3 Antecedentes	19
1.4 Planteamiento del problema	20
1.5 Objetivos	21
1.5.1 Objetivo General	21
1.5.2 Objetivos Específicos	21
1.6 Alcance	21
<b>CAPÍTULO II</b>	



<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	
2.1	Historia de la Creación de la Aviación del Ejército	23
2.2	Generalidades del Helicóptero Súper Puma AS 332B	24
2.2.1	Principales Dimensiones (Versión Alargada)	25
2.2.2	Principales Características de las Diferentes Versiones	27
2.2.3	Principales Sistemas	28
2.2.4	Controles de Vuelo	30
2.2.5	Tren de Aterrizaje	31
2.2.6	Sistema Hidráulico	32
2.2.7	Circuito de Combustible Básico	35
2.2.8	Generaciones Eléctricas	36
2.2.9	Equipos Opcionales	38
2.2.10	Panel de Instrumentos	39
2.2.11	Panel Central de Alarmas 32 $\alpha$	41
2.2.12	Indicador 10 informaciones 33 $\alpha$	42
2.2.13	Subpanel	43
2.3	Sistema del Rotor Principal del Helicóptero Súper Puma AS 332B	44
2.3.1	Los Subconjuntos del Rotor Principal	45
2.3.2	Componentes del Mástil Rotor Principal	45
2.3.3	Cárter Cónico	47
2.3.4	Caja de Transmisión Principal (C.T.P.)	49
2.3.5	Los Componentes de la Caja de Transmisión Principal	49
2.4	Sistema de Control de la Velocidad del Rotor Principal	52
2.4.1	Principio de Funcionamiento del Control del Régimen NR	54
2.5	Sistema de Control de la Velocidad de Rotación de la Turbina Libre NTL	57

	10
2.5.1 Principio de Detección de las Velocidades	58
2.5.2 Señales de “Velocidad NTL”	59
2.6 Funcionamiento del Indicador Triple (NR-NF1-NF2)	61
2.6.1 Descripción del Indicador Triple	61
2.6.2 Descripción detallada del Indicador Triple	66
2.6.3 Funcionamiento del Indicador Triple	67
2.6.4 Circuito de conformación del Indicador Triple	68
2.7 Tareas de mantenimiento ligado al sistema	70
2.8 Tipos de Mantenimiento	79
2.8.1 Mantenimiento	79
2.9 Equipos.	80
2.9.1 Generador de Señales	80
2.9.2 Fuente de Alimentación	81
2.9.3 Banco de Prueba	81
2.10 Medidas de seguridad.	81
2.10.1 En el Taller	81
2.10.2 Banco de Prueba	82

### **CAPÍTULO III**

#### **3 DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Preliminares	84
3.2 Simulación del circuito	84
3.3 Implementación y Pruebas del Circuito.	89
3.4 Análisis de Ondas	90
3.4.1 Descripción del Banco de Pruebas	94
3.5 Implementación de Placa	95

	11
3.5.1 Fórmula del Transformador	95
3.5.2 Puente Rectificadores de Diodos	96
3.5.3 Filtro	96
3.5.4 Regulador de Voltaje Ajustable	97
3.6 Implementación de Módulo	103
3.7 Montaje y Conexión de Todos los Elementos Electrónicos	103
3.8 Pruebas para posibles correcciones de fallos	106
3.9 Manual de Operación del Banco de Pruebas	108
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
4.1 Conclusiones	113
4.2 Recomendaciones	113
4.3 Abreviaturas	114
4.4 Glosario	115
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	118
<b>ANEXOS</b>	119

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Datos Técnicos de la Aeronave</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Principales Sistemas del Helicóptero Super Puma</i> .....	28
<b>Tabla 3</b> <i>Equipos Opcionales de la Aeronave Súper Puma</i> .....	38
<b>Tabla 4</b> <i>Datos Técnicos de la Potencia Unitaria en la Aeronave</i> .....	58
<b>Tabla 5</b> <i>Datos Técnicos del Indicador Triple</i> .....	63
<b>Tabla 6</b> <i>Configuración de Prueba y Tolerancias, Indicador Graduado en Rpm</i> .....	73
<b>Tabla 7</b> <i>Configuración de Tolerancias Graduado en Porcentaje (%)</i> . .....	74
<b>Tabla 8</b> <i>Solo para el Indicador P/N 61474-135-1</i> .....	76
<b>Tabla 9</b> <i>Especificaciones Técnicas de Arduino Uno</i> . .....	85
<b>Tabla 10</b> <i>Rango de Operación Indicador Triple Rpm-Porcentaje (%)</i> . .....	89
<b>Tabla 11</b> <i>Equipos</i> .....	92
<b>Tabla 12</b> <i>Herramientas</i> .....	92
<b>Tabla 13</b> <i>Materiales</i> .....	93
<b>Tabla 14</b> <i>Materiales en la Implementación Fuente de Alimentación</i> . .....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Datos Técnicos de la Aeronave</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Dimensiones de la Aeronave</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Dimensiones de la Aeronave</i> .....	26
<b>Figura 4</b> <i>Controles de Vuelo Helicóptero Super Puma</i> .....	31
<b>Figura 5</b> <i>Tren de Aterrizaje de la Aeronave</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Sistema Hidráulico del Helicóptero Super Puma</i> .....	34
<b>Figura 7</b> <i>Sistema de Combustible del Helicóptero Super Puma</i> .....	36
<b>Figura 8</b> <i>Sistema Eléctrico de la Aeronave</i> .....	38
<b>Figura 9</b> <i>Panel de Instrumentos de la Aeronave</i> .....	40
<b>Figura 10</b> <i>Panel de Alarmas de la Aeronave</i> .....	42
<b>Figura 11</b> <i>Indicador 10 Formaciones 33 A</i> .....	42
<b>Figura 12</b> <i>Subpanel de la Aeronave</i> .....	43
<b>Figura 13</b> <i>Cabeza del Rotor Principal</i> .....	45
<b>Figura 14</b> <i>Mástil Rotor Principal del Helicóptero Super Puma</i> .....	46
<b>Figura 15</b> <i>Cartel Cónico de la Aeronave</i> .....	47
<b>Figura 16</b> <i>Caja de Transmisión Principal</i> .....	49
<b>Figura 17</b> <i>Transmisión de Movimiento del Helicóptero Super Puma</i> .....	50
<b>Figura 18</b> <i>Rueda Libre del Helicóptero Super Puma</i> .....	51
<b>Figura 19</b> <i>Transmisión de Movimientos de los Accesorios</i> .....	52
<b>Figura 20</b> <i>Control del Rotor Principal del Helicóptero Super Puma</i> .....	53
<b>Figura 21</b> <i>Localización del Instrumento Triple en la Cabina</i> .....	54
<b>Figura 22</b> <i>Funcionamiento NR y NF1-NF2 del Indicador Triple</i> .....	55
<b>Figura 23</b> <i>Proceso Captor Magnético</i> .....	56

	14
<b>Figura 24</b> <i>Partes del Motor Makila 1</i> .....	57
<b>Figura 25</b> <i>Detección de Velocidades</i> .....	59
<b>Figura 26</b> <i>Señales de Velocidad NTL</i> .....	60
<b>Figura 27</b> <i>Vista General Indicador Triple</i> .....	62
<b>Figura 28</b> <i>Diagrama de Conexión</i> .....	65
<b>Figura 29</b> <i>Diagrama de Bloques Funcional</i> .....	67
<b>Figura 30</b> <i>Circuito de Conformación Interno</i> .....	69
<b>Figura 31</b> <i>Diagrama Circuito de Conversión de Frecuencia / Voltaje</i> .....	69
<b>Figura 32</b> <i>Circuito De Prueba</i> .....	71
<b>Figura 33</b> <i>Arduino Uno Parte Física</i> .....	88
<b>Figura 34</b> <i>Diagrama de Fuente Voltaje Regulable de 1.2 -28vcc</i> .....	88
<b>Figura 35</b> <i>Diagrama de Bloques Funcionamiento Indicador Triple</i> .....	89
<b>Figura 36</b> <i>Diagrama de Conexión de Arnés Eléctrico del Banco de Pruebas</i> .....	90
<b>Figura 37</b> <i>Elaboración del Arnés Eléctrico del Indicador Triple</i> .....	91
<b>Figura 38</b> <i>Arnés Eléctrico del Indicador Triple</i> .....	91
<b>Figura 39</b> <i>Conexión de un Regulador de Voltaje Ajustable Lm317</i> .....	98
<b>Figura 40</b> <i>Diagrama Fuente Variable PCB</i> .....	101
<b>Figura 41</b> <i>Fuente Variable en 3D</i> .....	102
<b>Figura 42</b> <i>Diagrama de Bloques del Frecuencímetro y Medidor de Voltaje</i> .....	104
<b>Figura 43</b> <i>Diagrama Pcb del Circuito Medidor de Frecuencia</i> .....	104
<b>Figura 44</b> <i>Diagrama 3D del Medidor de Frecuencia</i> .....	105
<b>Figura 45</b> <i>Diagrama de Conexión del Frecuencímetro y Medidor de Voltaje</i> .....	105
<b>Figura 46</b> <i>Modelo de Banco de Pruebas del Indicador Triple</i> .....	106
<b>Figura 47</b> <i>Conexión de Cableado para Chequeo del Instrumento</i> .....	107
<b>Figura 48</b> <i>Chequeo de NR a su Máxima Frecuencia 226.7 Hz</i> .....	107

<b>Figura 49</b> <i>Chequeo de NTL1 a su Máxima Frecuencia 17592 Hz</i> .....	108
---	-----

## RESUMEN

La presente monografía tuvo como fin el desarrollo de un banco de pruebas del indicador triple, para la verificación de las revoluciones del rotor principal y revoluciones de la turbina libre tanto en NTL1 y NTL2 del helicóptero Super Puma AS 332B perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército 15 BAE "PAQUISHA"; para ser empleado en las diferentes actividades de mantenimiento por el personal de técnicos de la sección de Aviónica del Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMAE-15, para el desarrollo del banco de pruebas se realizó un estudio en base a la información recopilada en el manual de mantenimiento del indicador triple emitido por la casa fabricante mediante el cual se implementó el banco de pruebas del indicador con recursos materiales acorde a las necesidades del usuario. El banco de pruebas se encuentra dotado de una parte física externa en la que cuenta con un conjunto de luces y selectores para la verificación del instrumento, en la parte física interna del indicador cuenta con una fuente de alimentación variable del equipo misma que permite satisfacer las necesidades de alimentación del indicador triple , permitiendo de esta manera solventar una de las necesidades existentes en el centro de mantenimiento Aeronáutico CEMAE-15 contribuyendo con las actividades de mantenimiento en condiciones adecuadas precautelando la seguridad de todos los involucrados en operaciones aéreas.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **HELICÓPTERO SUPER PUMA AS 332B**
- **REVOLUCIONES DEL ROTOR PRINCIPAL Y TURBINA LIBRE**
- **INDICADOR TRIPLE**
- **MANTENIMIENTO DEL INDICADOR TRIPLE**



## **ABSTRACT**

The main objective of this monograph was the development of a triple indicator test bench for the verification of the main rotor revolutions and free turbine revolutions in both NTL1 and NTL2 of the Super Puma AS 332B helicopter belonging to the Army Aviation Brigade 15 BAE "PAQUISHA" to be used in the different maintenance activities by the technical staff of the Avionics section of the Aeronautical Maintenance Center CEMAE-15, For the development of the test bench a study was carried out based on the information gathered in the maintenance manual of the triple indicator issued by the manufacturer through which the indicator test bench was implemented with material resources according to the user's needs. The test bench is equipped with an external physical part in which it has a set of lights and selectors for the verification of the instrument, in the internal physical part of the indicator has a variable power supply of the same equipment that allows to satisfy the needs of feeding of the triple indicator, allowing this way to solve one of the existing needs in the center of Aeronautical maintenance in suitable conditions protecting the security of all the involved ones in air operations.

## **KEYWORDS**

- **SUPER PUMA AS 332B HELICOPTER**
- **MAIN ROTOR AND FREE TURBINE REVOLUTIONS**
- **TRIPLE INDICATOR**
- **TRIPLE INDICATOR MAINTENANCE**

## CAPÍTULO I

### 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Tema

“IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DEL INDICADOR TRIPLE DE UN HELICÓPTERO SUPER PUMA AS-332B, DE LA BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 15 “PAQUISHA”.”

#### 1.2 Justificación

La industria aérea es la industria más regulada del mundo, lo que implica fuertes y estrictos procesos de mantenimiento, como uno de los principales puntos para garantizar la seguridad de las operaciones, paralelamente a esto es necesario una buena capacitación y prácticas de trabajo las cuales garantizan la seguridad en las operaciones.

El presente proyecto de graduación permitirá a los técnicos encargados del mantenimiento en el área de Electrónica, realizar las comprobaciones del instrumento de indicación triple del helicóptero Súper Puma AS-332B fuera de la aeronave, permitiendo determinar de forma precisa y rápida los instrumentos que se encuentren en mal estado.

Con la ejecución de mencionado trabajo los beneficiarios serán directamente los técnicos de mantenimiento del área de aviónica usuarios del laboratorio de Electrónica CEMAE-15 perteneciente a La Brigada de Aviación del Ejército N°15 “PAQUISHA”, quienes en conjunto con el resto de personal de mantenimiento de las diferentes áreas son encargados de mantener la operatividad de las aeronaves que cumplen con misiones dentro y fuera del País.

### 1.3 Antecedentes

La Aviación del Ejército, con la organización, el personal y los medios que actualmente posee, es la respuesta a las necesidades que se ha planteado la Fuerza Terrestre en los campos de apoyo administrativo, logístico y aerotáctico. Es importante anotar que, si bien no se han alcanzado a completar los medios para satisfacer todas sus necesidades, la flexibilidad de su organización le ha permitido ir creciendo, en la medida que el Comando General de la Fuerza Terrestre y el país tenga capacidad económica para obtenerlos.

La Brigada de Aviación del Ejército N°15 "PAQUISHA", fue creada con el fin de prestar servicios de transporte aéreo y abastecimientos a todas las unidades del Ejército, brindando y desplegando su apoyo a las mismas, ubicadas en las distintas regiones del País, por lo cual cuenta con sub-unidades, Bases de operación con sus propias aeronaves en las Ciudades de Guayaquil, La Shell, Portoviejo y El Coca; además del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército "CEMAE-15" localizada en la propia Brigada, en cada una de estas Unidades se requiere mantener en condiciones operables todas las aeronaves.

El Centro de Mantenimiento Aeronáutico "CEMAE 15" perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército, actualmente y gracias a la preparación, capacitación profesional, experiencia y conocimientos del personal de aerotécnicos han permitido desarrollar las siguientes actividades de mantenimiento:

- Inspecciones mayores de Helicóptero Súper Puma, Puma, Gazelle y Lama
- Mantenimiento profundo de motores Makila, Turmo, Artouste, Astazou 14, Ariel 1B
- Mantenimiento estructural de helicópteros y aviones

- Reparaciones de conjuntos mecánicos
- Mantenimiento de sistemas hidráulicos
- Mantenimiento especializado en electrónica y aviónica

El Laboratorio de Electrónica perteneciente al “ CEMAE-15 “ es el lugar donde se realiza la ejecución de trabajos referentes al área de electrónica y aviónica tales como inspección periódica y mayores de las aeronaves pertenecientes a la 15-BAE “PAQUISHA, tareas de mantenimiento y reparación de equipos de: Navegación, Comunicación, Generación Eléctrica, Instrumentos de vuelo, Radios de Comunicación VHF, Reguladores de Voltaje, Localizadores de Emergencia, para ello es necesario la comprobación de los mismos, evidenciando la falta de un banco de prueba para determinar de manera rápida y precisa el correcto funcionamiento del indicador triple del helicóptero Súper Puma AS-332, acreditando la necesidad de realizar este trabajo de titulación para mencionados instrumentos.

#### **1.4 Planteamiento del problema**

La cantidad de inspecciones o frecuencia del mantenimiento en el helicóptero Súper Puma, están determinados por los fabricantes de las aeronaves, definido por horas de vuelo o ciclos, dependiendo de la parte a tratar, la Brigada de Aviación del Ejército N°15 “PAQUISHA” realiza actividades de mantenimiento en el área de aviónica, basado en estas recomendaciones mediante dispositivos y equipos con los cuales cuenta el Laboratorio de Electrónica del CEMAE-15, una parte de estos equipos sirven para la verificación del correcto funcionamiento de varios sistemas de los helicópteros, permitiendo identificar que es necesario un banco de prueba que permita la comprobación del instrumento de indicación triple del helicóptero Súper Puma AS-332B el cual serviría de ayuda complementaria para mantener la operatividad de dicha

aeronave, al no disponer de este banco de prueba no se puede realizar las comprobaciones del correcto funcionamiento del instrumento indicador fuera de la aeronave incrementando el tiempo de las tareas de mantenimiento al no identificar de una manera directa la falla del indicador.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Implementar un banco de prueba para la comprobación del instrumento de indicación triple del helicóptero Súper Puma AS-332B, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército 15-BAE "PAQUISHA".

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información acerca de los elementos y dispositivos a utilizarse en la implementación del banco de prueba para la comprobación del instrumento de indicación triple del helicóptero Súper Puma AS-332B, basándose en los manuales de Mantenimiento.
- Seleccionar los equipos y dispositivos que se utilizaran en la Implementación del banco de prueba para la comprobación del instrumento de indicación triple del helicóptero Súper Puma AS-332B.
- Implementar el banco de banco de prueba para la comprobación del instrumento de indicación triple del helicóptero Súper Puma AS-332B con su respectiva verificación de funcionamiento.

## **1.6 Alcance**

El propósito de este proyecto es la rápida y precisa determinación de fallas existentes en los instrumentos de indicación triple de los helicópteros Súper Puma AS-332B para determinar su cambio o la ejecución de otras actividades de

mantenimiento en los sistemas asociados al indicador, de esta manera asegurar la operatividad del instrumento.

El banco de prueba permitirá disminuir el tiempo y esfuerzo e identificar la falla en los instrumentos de indicación triple de los helicópteros Súper Puma AS-332B, el mismo que refleja una eficiencia en los trabajos de mantenimiento.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Historia de la Creación de la Aviación del Ejército

Según (Villalba, 1986) en su trabajo de Investigación Individual “LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO Y SU PARTICIPACIÓN EN LA SEGURIDAD Y DESARROLLO NACIONAL” menciona que la Aviación del Ejército Ecuatoriano, dio inicio y se desarrolló independientemente de la Fuerza Aérea, ya que las necesidades específicas de la Fuerza Terrestre de apoyo aerotáctico y logístico obligaron al alto mando del Ejército hacer realidad una gran ilusión y aspiración de sus primeros pilotos.

En 1954, fue la primera vez que una aeronave del Ejército, con personal y medios propios inician su vuelo realizando misiones de apoyo administrativo a las ciudades de “Loja”, “El Oro” y “Guayas”. En base a los resultados de la primera experiencia, el Comando del Ejército gestiona la adquisición de otras aeronaves tipo avioneta y es ahí donde nace el servicio Aéreo del Ejército dentro de su orgánico para que realice misiones de abastecimiento, evacuación, transporte, reconocimiento y dirección del tiro de artillería extendiendo su apoyo a todas las unidades militares del territorio ecuatoriano en sí de todo el país, en especial a la región Amazónica.

La Aviación del Ejército, ha brindado a la sociedad un avance significativo en los diferentes campos técnicos y humanos, poco a poco ha ido adquiriendo aeronaves de ala fija y rotativa para cumplir con las diferentes misiones encaminadas al desarrollo de nuestro país, es así para cumplir con estas operaciones cuenta con personal capacitado en el ámbito técnico profesional que trabajan por un bien común como es el progreso de nuestro país como un ejército revolucionario.

Desde de 1971 el servicio Aéreo del Ejército, ha brindado un avance significativo en el campo técnico y administrativo, al adquirir para operaciones, aeronaves turbohélice y el aumento de pilotos y mecánicos, perfectamente capacitados, la buena gestión del alto mando, permitió que el servicio Aéreo del Ejército reciba todo su apoyo, y es así como en 1978, se adquirió helicópteros de combate y aviones de transporte mediano, lo que permite pasar con orden de Comando a la categoría de Aviación del Ejército. La misma que está dotada de personal bien entrenado y con gran experiencia, con material de vuelo apropiado y con organización indicada puede cumplir cualquier misión que se le asigne. (Villalba, 1986)

Entonces, al ser una brigada altamente operativa de la Fuerza Terrestre ésta dispone de sub-unidades, Bases de operación con sus propias aeronaves en las ciudades de Guayaquil, La Shell, Portoviejo y el Coca , además del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército “CEMAE-15” localizada en la propia Brigada, en cada una de estas Unidades se requiere mantener en condiciones operables todas las aeronaves para lo cual, se cuenta con personal altamente entrenado en distintas áreas y especialidades, de la Brigada Aérea para este objetivo cuenta con la Escuela Técnica de Aviación del Ejército “ETAE-15”. (Guerrero, 2016)

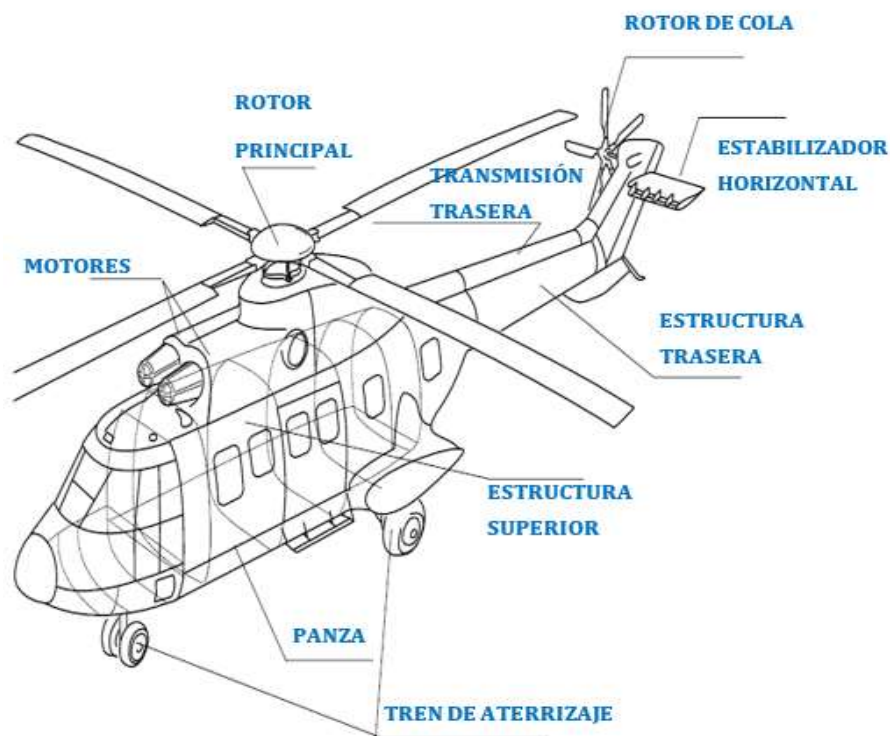
## **2.2 Generalidades del Helicóptero Súper Puma AS 332B**

El AS 332 “SUPER PUMA” es un helicóptero bimotor de tecnología avanzada. Ha sido particularmente diseñado para el transporte de pasajeros, las comunicaciones offshore y el trabajo aéreo. En la Figura 1 se detalla las principales partes de la aeronave que constituyen al helicóptero Super Puma. (EUROCOPTER, 2013)



## Figura 1

*Datos Técnicos de la Aeronave*



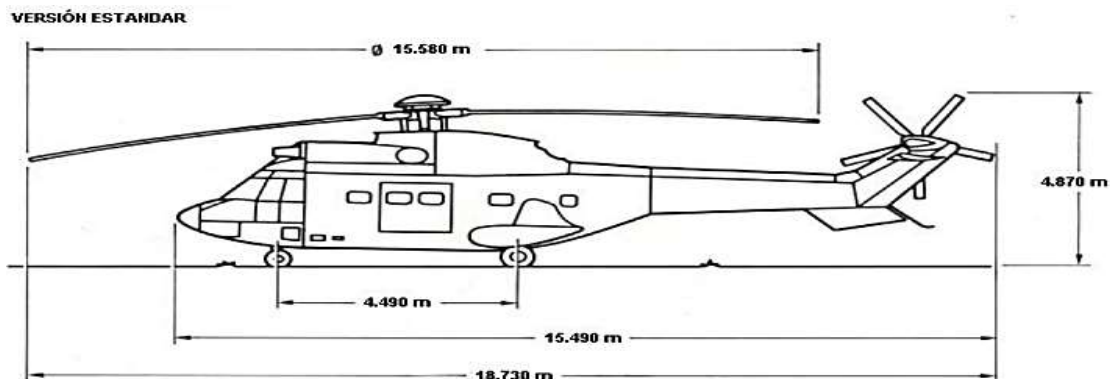
Nota. El gráfico representa las partes del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.3) por Eurocopter.

### **2.2.1 Principales Dimensiones (Versión Alargada)**

Existe una variedad de helicópteros Super Puma lo que los diferencia es sus dimensiones y capacidad de operación de acuerdo a sus modificaciones y accesorios emitidos por la casa fabricante. (EUROCOPTER, 2013). En la Figura 2 y 3, se puede apreciar las dimensiones del helicóptero Super Puma a su largo y ancho diseñadas por el fabricante.

## Figura 2

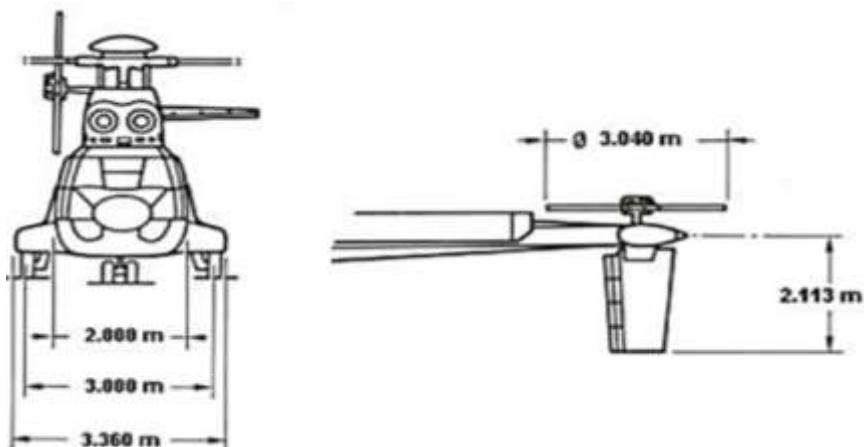
### Dimensiones de la Aeronave



Nota. El gráfico representa las dimensiones del helicóptero Super Puma AS 332B desde la punta de la nariz hasta la cola. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.4) por Eurocopter.

## Figura 3

### Dimensiones de la Aeronave



Nota. El gráfico representa las dimensiones del helicóptero Super Puma AS 332B a lo ancho y las dimensiones del rotor de cola. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.4) por Eurocopter.

## 2.2.2 Principales Características de las Diferentes Versiones

EL "SUPER PUMA" se fabrica en dos dimensiones de cabina de carga, cada aeronave es diferente todos sus componentes son aplicados de acuerdo a la operación en que se va a emplear es decir todo esto depende del fabricante, en la actualidad se puede encontrar con aeronaves del mismo modelo modernizadas para mejorar su autonomía de vuelo, capacidad de carga, capacidad de combustible, potencia de motores, techo máximo, etc. En la tabla 1, se detalla las principales características del helicóptero Super Puma. (EUROCOPTER, 2013)

**Tabla 1**

*Datos Técnicos de la Aeronave*

### DATOS PRINCIPALES

<b>Cabina de carga estándar (corto)</b>	<b>Cabina de carga alargada de 765mm (largo)</b>
De un volumen de 11,4 m <sup>3</sup> o 22 pasajeros	De un volumen de 13,4 m <sup>3</sup> o 24 pasajeros
Peso vacío, versión básica	Máxima altitud: 20000 pies (6100m)
Versión corta: 4265 kg (8390 lb)	Nunca exceda la velocidad (VNE)
Versión alargada: 4500kg (9920 lb)	160 nudos (310 km/hr)
Peso máximo: 8350 kg (18410 lb)	Máxima potencia continua
Número máximo de pasajeros:	1130 kW por cada motor
Versión corta: 22	Consumo de combustible-velocidad de crucero
Versión alargada: 24	140 nudos
	325 km/hr (254 kg) (558,80 lb) por motor

Rango de funcionamiento: -30 a +50°C

Nota: Recuperado del Manual de Instrucción del Super Puma AS -332B.

Los manuales de vuelo son específicos para cada versión de la aeronave permiten conocer las limitaciones de operación basados en datos técnicos emitidos por el fabricante.

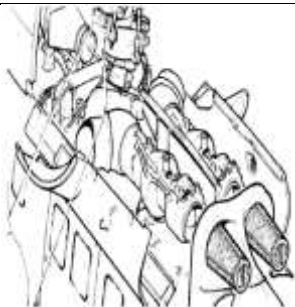
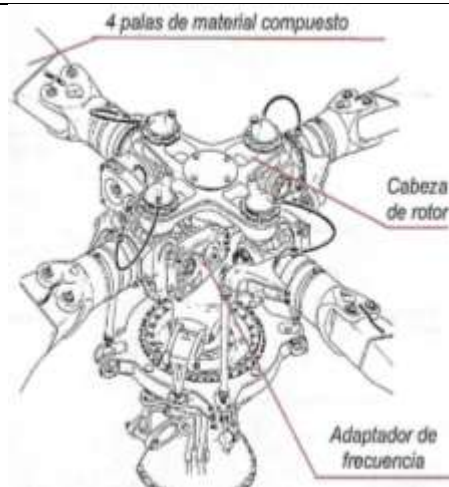
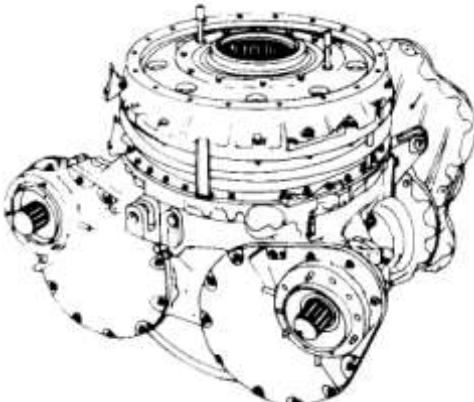
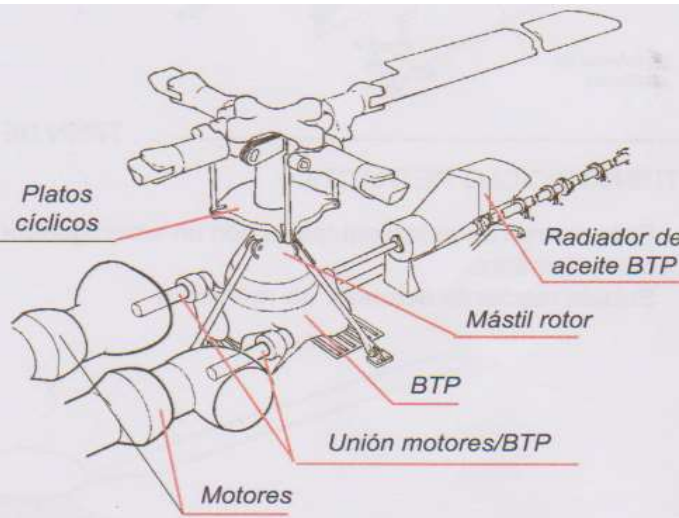
### **2.2.3 Principales Sistemas**

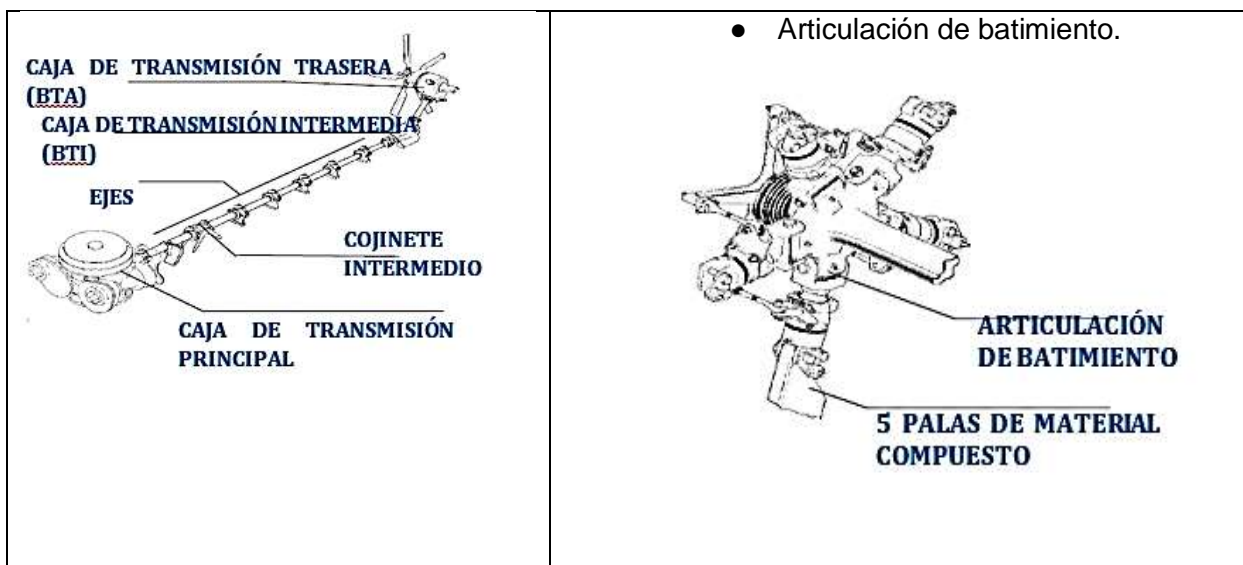
El helicóptero super puma AS-332B está conformado por componentes principales y secundarios, mismos que son indispensables para su control y funcionamiento, cabe recalcar que la información correspondiente a cada aeronave es emitida por la casa fabricante con sus respectivas limitaciones y esfuerzos a las que pueden ser sometida cada una de sus partes. En la Tabla 2, se especifica los principales componentes que constituyen los diferentes sistemas del helicóptero Super Puma.

**Tabla 2**

*Principales Sistemas del Helicóptero Super Puma*

<b>MOTORES</b>	<b>ROTOR PRINCIPAL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Motores MAKILA 1A con eje de turbina libre</li> <li>● Diseño modular</li> <li>● 1310 a máxima potencia de emergencia</li> <li>● Circuito de Regulación Electrónica.</li> </ul>	

	
<p><b>CAJA DE TRANSMISIÓN PRINCIPAL</b></p> 	<p><b>TRANSMISIÓN PRINCIPAL</b></p> 
<p><b>TRANSMISIÓN TRASERA</b></p>	<p><b>ROTOR DE COLA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Palas de material compuesto.</li> </ul>



Nota: Recuperado del Manual de Instrucción del Super Puma AS -332B

#### **2.2.4 Controles de Vuelo**

La instalación de los controles de vuelo permite al piloto (y / o copiloto) controlar la altitud, la velocidad aérea y el rumbo del helicóptero.

Los controles de vuelo consisten en:

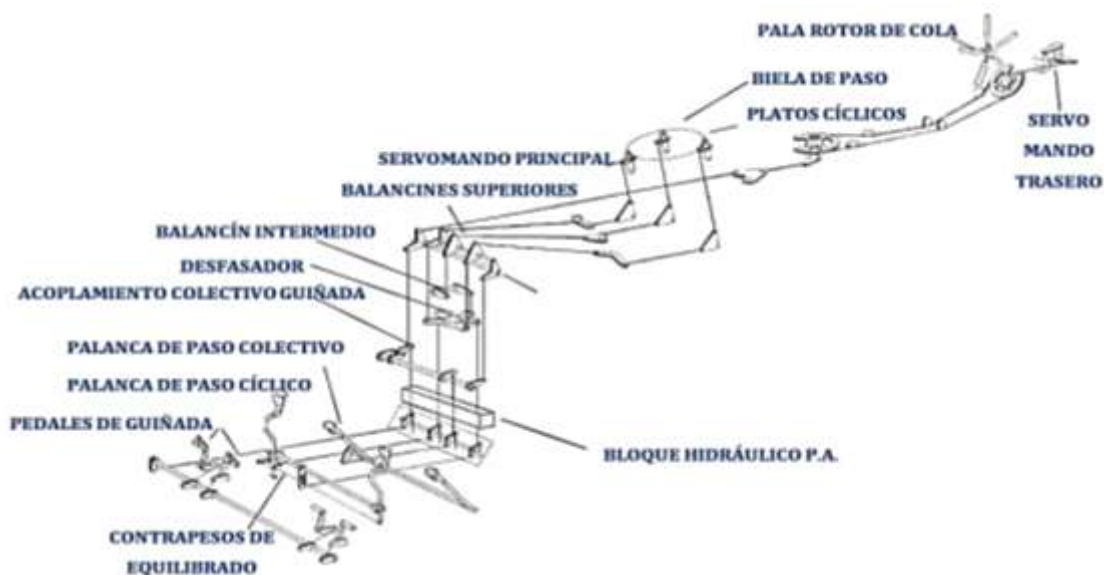
- Un control cíclico que controla la aeronave sobre sus ejes de balanceo y cabeceo,
- Un control colectivo que controla la altitud de la aeronave,
- El control del rotor de cola que controla la aeronave en el eje de guiñada mediante los pedales.

La aeronave puede equiparse con controles dobles de piloto y copiloto. Los controles del copiloto son extraíbles.

Los controles del rotor principal y del rotor de cola (cíclico y colectivo) cuentan con asistencia hidráulica para facilitar el vuelo. En la Figura 4, se puede apreciar el sistema de control de vuelo del helicóptero Super Puma.

#### Figura 4

*Controles de Vuelo Helicóptero Super Puma*



Nota. El gráfico representa el sistema de control de vuelo cíclico, colectivo y pedales del helicóptero Super Puma AS 332B para controlar los tres movimientos: alabeo, cabeceo y guiñada. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.6) por Eurocopter.

#### 2.2.5 Tren de Aterrizaje

El helicóptero Super Puma cuenta con un tren triciclo retráctil

- Pata de tren de morro equipada con un amortiguador oleo neumático

Subida mediante actuador de maniobra.

- Tren de aterrizaje principal con balancín Amortiguación y retracción aseguradas por un conjunto actuador/amortiguador oleo neumático. En la Figura 5, se detalla el sistema de aterrizaje del helicóptero Super Puma.

**Figura 5**

*Tren de Aterrizaje de la Aeronave*



Nota. El gráfico representa las partes del sistema de aterrizaje principal y morro del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.6) por Eurocopter.

### **2.2.6 Sistema Hidráulico**

La aeronave incluye tres sistemas hidráulicos: El sistema hidráulico derecho, sistema hidráulico izquierdo y la generación “emergencia y auxiliar”

**2.2.6.1 El Sistema Hidráulico Derecho.** Alimenta los cuerpos inferiores de los servos mandos principales y el cuerpo derecho del servo mando trasero, la bomba está



accionada por la Caja Transmisión Principal, la electroválvula permite en caso de fuga en el “fuera de servicio del circuito” del servo mando trasero aislar este con el fin de conservar el líquido para los servos mandos principales. El cierre de las electroválvulas se envía por el descenso de nivel en el depósito. (EUROCOPTER, 2013)

**2.2.6.2 Sistema Hidráulico Izquierdo.** Alimenta el segundo cuerpo de los servos mandos y todos los demás conjuntos hidráulicos del helicóptero. La presión la proporcionan dos bombas mecánicas: una bomba principal accionada por la Caja de Transmisión Principal, y una electro bomba auxiliar. La bomba principal proporciona la energía “básica”, la electrobomba auxiliar, puesta en funcionamiento automático (en función de la necesidad de los circuitos). (EUROCOPTER, 2013)

- Sustituye a la bomba principal en caso de fallo de esta.
- Añade su caudal al de la bomba principal si la demanda es demasiado importante (caso de una maniobra del tren).
- Puede proporcionar (en ausencia de grupo hidráulico de tierra) la energía de asistencia “en tierra”, con el rotor principal parado (para ajuste mandos de vuelo, el chequeo del desplazamiento de los mandos, etc.)

En caso de descenso de nivel de depósito, la electroválvula aísla automáticamente todos los circuitos por detrás de los servos mandos principales. Se busca aislar el escape y conservar el líquido que queda para los servos mandos principales.

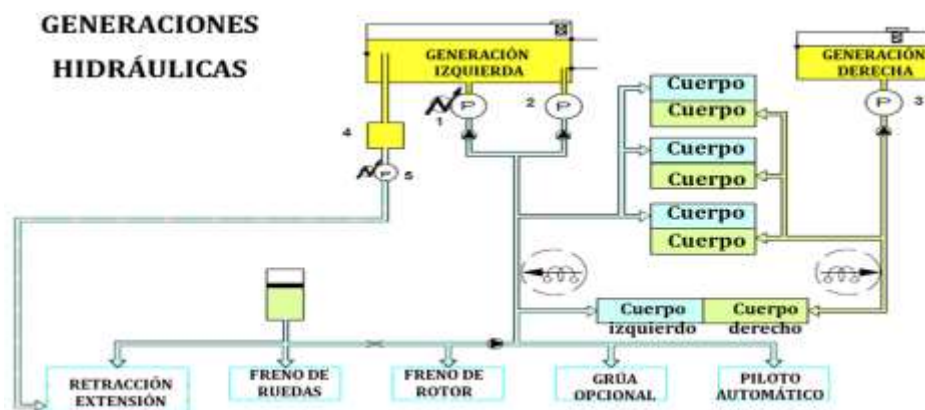
Al ser el tren de aterrizaje un "gran consumidor"; cuando se acciona un diafragma limita el caudal hacia los elementos del tren, con el fin de mantener la alimentación normal de los servomandos.

La filosofía del sistema de advertencia: TODO PARA CONSERVAR LA ALIMENTACIÓN DE LOS SERVOMANDOS CUYA FUNCIÓN ES VITAL PARA LA SEGURIDAD DEL VUELO, (sin los servos mandos principales es imposible el pilotaje). En la Figura 6 se detalla el sistema hidráulico del helicóptero Super Puma.

**2.2.6.3 La Generación de Emergencia y Auxiliar.** Comprende una bomba manual que permite sacar el tren en caso de pérdida de la generación izquierda. Un reservorio de emergencia, alimentado por el depósito principal al nivel de 6 litros hace independiente el circuito de emergencia, la bomba manual sirve igualmente, después de abrir la válvula de mando manual, para mantener la presión en un acumulador auxiliar, con el fin de conservar, en aparcamiento, las funciones de "freno del rotor " y " freno de ruedas". (EUROCOPTER, 2013). En la Figura 6, se detalla el sistema hidráulico izquierdo y derecho del helicóptero Super Puma.

**Figura 6**

*Sistema Hidráulico del Helicóptero Super Puma*



Nota. El gráfico representa el sistema hidráulico izquierdo y derecho del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.7) por Eurocopter.

- Generación derecha: una bomba (3) accionada por la Caja de Transmisión Principal
- Generación izquierda: una bomba (2) accionada por la Caja de Transmisión Principal y una electrobomba (1)
- Generación de emergencia y de servicio: un depósito hidráulico (4) y una electrobomba (5)

### **2.2.7 Circuito de Combustible Básico**

El sistema de combustible está compuesto por un sistema de aeronave, un sistema de motor y un sistema de gobierno del motor. En la Figura 7, se puede apreciar el sistema de combustible del helicóptero Super Puma.

El sistema de la aeronave asegura:

- El almacenamiento del combustible,
- La monitorización de los parámetros del combustible.
- La distribución hasta la entrada de combustible del motor,
- La limpieza del combustible suministrado al motor.

El sistema del motor asegura:

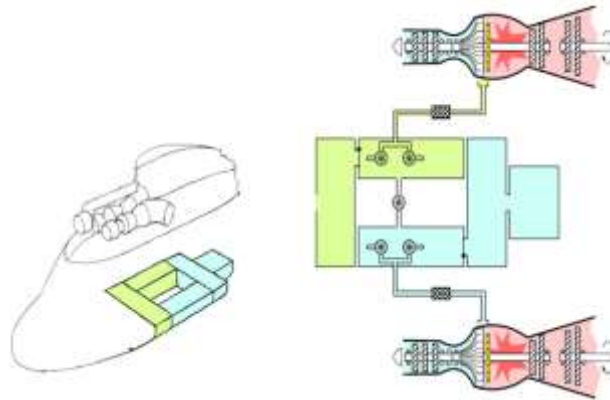
- El suministro con las bombas del motor,
- La distribución con la unidad de dosificación de combustible,
- La inyección con los chorros.

Componentes Básicos

- 2 Grupos de depósitos de combustible (1 grupo por motor)
- 2 Bombas booster por grupo
- 1 Bomba de transferencia entre grupos

### Figura 7

*Sistema de Combustible del Helicóptero Super Puma*



Nota. El gráfico representa el sistema de combustible del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.7) por Eurocopter.

### 2.2.8 Generaciones Eléctricas

La naturaleza de la corriente necesaria depende del propio diseño del equipo que se debe alimentar. Dicho diseño tiene en cuenta imperativos técnicos y otros parámetros como el peso y el precio. (EUROCOPTER, 2013)

- La corriente alterna trifásica 200 V alimenta los cristales térmicos (y el sistema de antihielo de los rotores).
- La corriente alterna monofásica 115 V alimenta, entre otros, el piloto automático.
- La corriente alterna monofásica 26 V alimenta, entre otros, los equipos de navegación (RMI - VOR).

- La corriente continua 28 V alimenta todos los circuitos de mando y de control y los receptores que funcionan con corriente continua (ejemplo: motores de arranque, electrobombas, válvulas eléctricas).

Para la seguridad: doble generación, doble red de distribución y doble alimentación de equipos consumidores. En la Figura 8, se puede apreciar el sistema eléctrico del helicóptero Super Puma.

**Regla 1:** todos los generadores están duplicados. Cada generador alimenta una red. Cada generador tiene una potencia suficiente para alimentar los equipos de las dos redes. De esta forma, en caso de avería de un generador, su red se acopla automáticamente al segundo generador: las dos redes siguen alimentadas.

**Regla 2:** los equipos consumidores generalmente tienen doble alimentación (una a partir de cada red). Cuando los equipos tienen una sola alimentación, son estos los que van duplicados. De esta forma, en caso de pérdida de una red (por ejemplo, cortocircuito), todas las funciones de los sistemas siguen aseguradas.

#### **2.2.8.1 Generación de corriente alterna (C.A)**

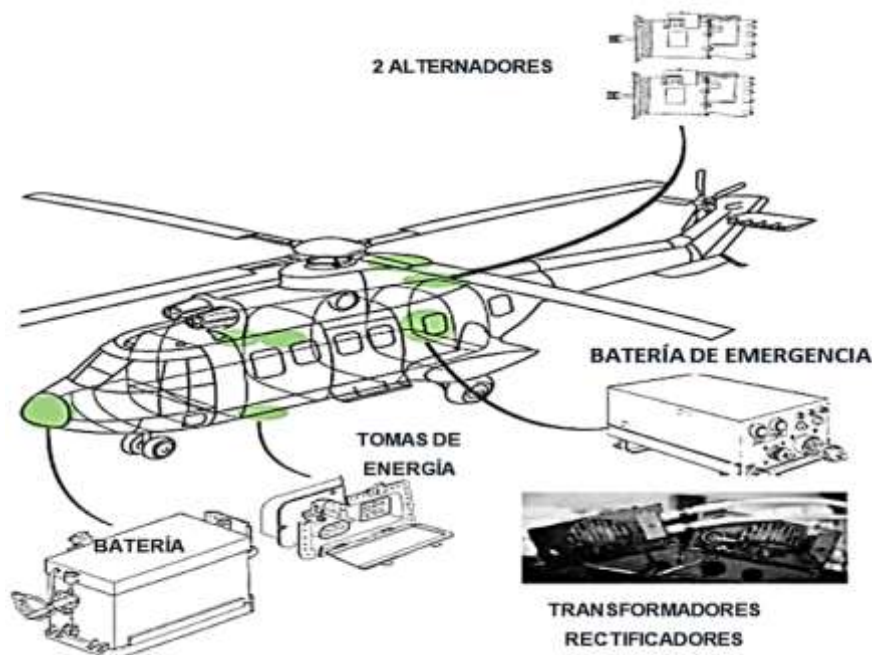
- 115V-400Hz: 2 Alternadores accionados por la Caja de Transmisión Principal.
- 26V-400Hz: 2 transformadores

#### **2.2.8.2 Generación de corriente continua (C.C)**

- Transformadores Rectificadores alimentados por los Circuitos C.A.
- Una batería: 28V nominal
- 1 Batería de emergencia que alimenta a los usuarios de emergencia (horizonte de reserva, iluminación de
- Emergencia: En caso de fallo total de los generadores.

## Figura 8

### Sistema Eléctrico de la Aeronave



Nota. El gráfico representa el sistema eléctrico del helicóptero Super Puma AS 332B.

Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.8) por Eurocopter.

### 2.2.9 Equipos Opcionales

El helicóptero Super Puma AS 332B es una aeronave que está dotada con equipos especiales para cumplir diferentes misiones, ya que su configuración es multipropósito, es decir que permite realizar operaciones especiales basados en los manuales de mantenimiento de la aeronave. En la tabla 3, se detalla los principales equipos opcionales del helicóptero Super Puma.

#### Tabla 3

##### Equipos Opcionales de la Aeronave Súper Puma

#### EQUIPAMIENTO GENERAL

- Luz de aterrizaje secundaria
- Tanque de combustible de cabina

- Detector de hielo
  - Sistemas de aire acondicionado
  - Palas principales
  - Palas traseras
- EQUIPAMIENTO PARA MISIÓN ESPECÍFICA**
- Flotadores de Emergencia
  - Esquíes
  - Tren de aterrizaje de tipo arrodillado
  - Entradas de aire polivalentes
  - Instalación para el vuelo con condiciones congelantes
  - Instalación a prueba de golpes
  - Circuito de llenado a presión
  - Circuito de libramiento de combustible
  - Tanque de combustible central auxiliar
  - Tanque de combustible externo suplementarios
  - Tanques ferri
  - Eslinga con balanza de 4.5 toneladas
  - Instalación de apagado de incendios
  - Instalación de ambulancia aérea
  - Grúa de 50 mts con cable (275 kg)
  - Faro de búsqueda LOCALIZADOR
  - Instalación de bengalas
- MANEJO Y ASEGURADO**
- Sistema de plegado de palas
  - Sistema de anclado con vientos fuertes
- AMOBLAGO INTERNO**
- Instalación pasajeros
  - Instalación vip.

Nota: Recuperado del Manual de Instrucción del Super Puma AS -332B

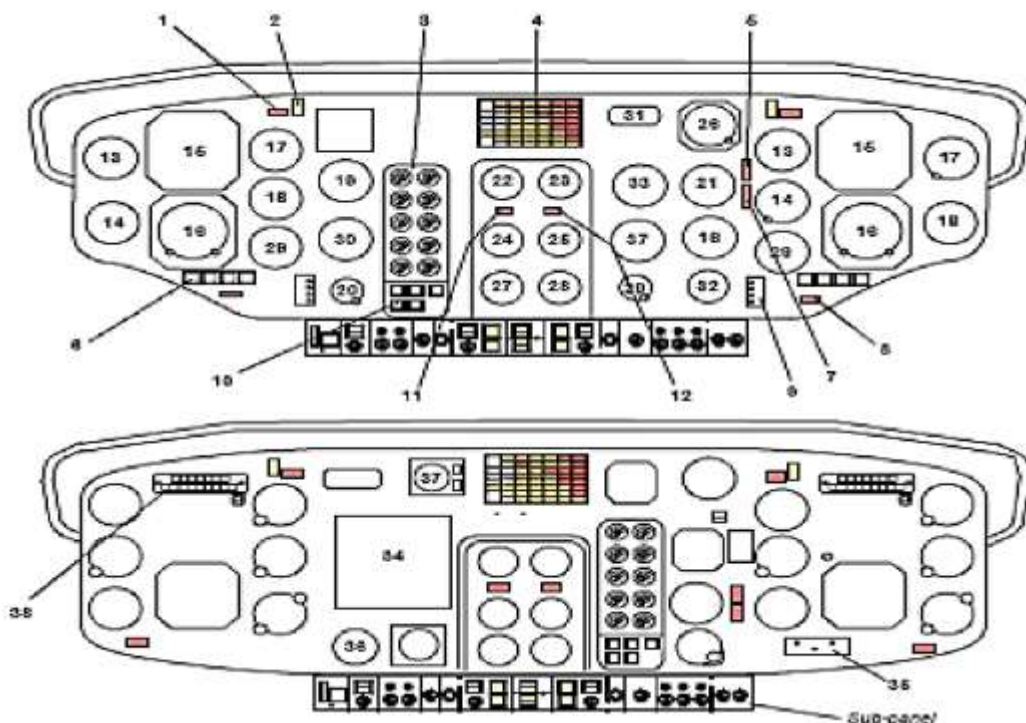
### **2.2.10 Panel de Instrumentos**

El panel de instrumentos es el conjunto de indicadores orientados a informar la situación de la aeronave durante el vuelo o en tierra, suelen clasificarse en instrumentos de vuelo, instrumentos de motor, instrumentos de navegación entre otros. Cabe indicar que el helicóptero es doble comando, es decir, que dispone de instrumentos dobles permitiendo a la tripulación de vuelo conocer la situación de operación en la que se

encuentra la aeronave. En la Figura 9, se puede apreciar los principales instrumentos del helicóptero Super Puma.

**Figura 9**

*Panel de Instrumentos de la Aeronave*



1. Luz roja "ALARM"	21. indicador triple NR-NTL1-NTL2
2. Luz ámbar "WARN"	22. Indicador NG motor izquierdo
3. Indicador de 10 informaciones 33α	23. Indicador NG motor derecho
4. Panel de alarmas 32 α	24. Indicador de temperatura T4 motor izquierdo
5. Luz roja "NR MAX"	25. Indicador de temperatura T4 motor derecho
6. Botones pulsadores de mando P.A.	26. Horizonte de reserva
7. Luz roja "NR MIN"	27. Indicador doble aceite motor izquierdo (temperatura y presión)
8. Luz roja tren no salido "ATERRIJAJE" (LG)	
9. Balizas marker	



10. Luces Ámbar de señalización hidráulica y mando electrobomba de emergencia	28. Indicador doble aceite motor derecho (temperatura y presión)
11. Luz roja "PWR 1"	29. Indicador radio altímetro
12. Luz roja "PWR 2"	30. VOR/LOC/GLIDE*
13. Anemómetro	31. DME
14. Indicador de par, doble aguja	32. Termómetro exterior
15. Horizonte artificial	33. Indicador de paso colectivo
16. Indicador radio magnético "RMI"	34. Radar
17. Altímetro	35. Interruptores de mando radionavegación
18. Variómetro	36. Indicador de escarcha
19. Indicador NR.	37. Indicador de carga
20. Cronómetro	38. Luz acoplador P.A.

Nota. El gráfico representa el panel de instrumentos de vuelo, motor y navegación del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.12) por Eurocopter.

### **2.2.11 Panel Central de Alarmas 32α**

El sistema de advertencia central le permite al piloto conocer sobre la condición de los sistemas de helicóptero con señales de advertencias visuales y audibles. El panel de precaución y advertencia en el panel de instrumentos es el elemento principal del sistema de advertencia. En la Figura 10, se puede apreciar el panel de alarmas del helicóptero Super Puma.

- Las luces rojas se encienden para indicar una falla que requiere acción inmediata.
- Las luces ámbar indican una falla que no requiere acción inmediata o señalar el equipo operativo (según las versiones y opciones).

- El uso y las marcas de las luces indicadoras varían según el equipo y el equipo opcional instalado en la aeronave.

**Figura 10**

*Panel de Alarmas de la Aeronave*

TEST	NR ILS	MGB CH	MGB T°	MGB COOL	MGB P	B FIRE 1
		CLUTCH	MGB DE	RB SAFE	ROT BR	B FIRE 2
		FUEL	PWR CPT	DIFF NG	FIRE 1	FIRE 2
			THROT			ENG P2
L/G SIG	L/G CONT	FIRE D	ELEC	BAT 2	DC FAIL	BATT T°
W SHLD	PITOTS	AP	GYROS	CPL	ICE D	AP H T°
DIM		COWLS	GPU	HYD	SMOKE	C FIRE
		A WARN	DOORS	SERVO		

Nota. El gráfico representa el panel de luces de alarmas del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.13) por Eurocopter.

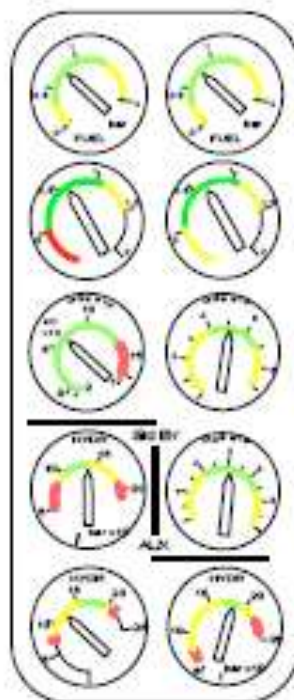
### **2.2.12 Indicador 10 informaciones 33 α**

Es el panel de indicadores relacionado con la temperatura, presión y nivel del aceite de la caja de transmisión principal, intermedia y trasera, además, que permite conocer la presión de combustible del depósito izquierdo y derecho depósito y la presión hidráulica. En la Figura 11, se puede apreciar el indicador de 10 formaciones 33 α del helicóptero Super Puma.

**Figura 11**

*Indicador 10 Formaciones 33 A*

**Indicador de presión circuito  
Combustible izquierdo**  
**Indicador de temperatura de  
Aceite B.T.I.**  
**Indicador de temperatura de  
Aceite B.T.P.**  
**Indicador de presión  
Generación Hidráulica Aux.**  
**Indicador de presión  
Generación Hidráulica  
izquierda**



**Indicador de presión circuito  
Combustible derecho**  
**Indicador de temperatura de  
Aceite B.T.A.**  
**Indicador de presión de  
Aceite B.T.P. (circuito normal)**  
**Indicador de presión de  
Aceite B.T.P. (circuito emergencia)**  
**Indicador de presión generación  
Hidráulica derecha**

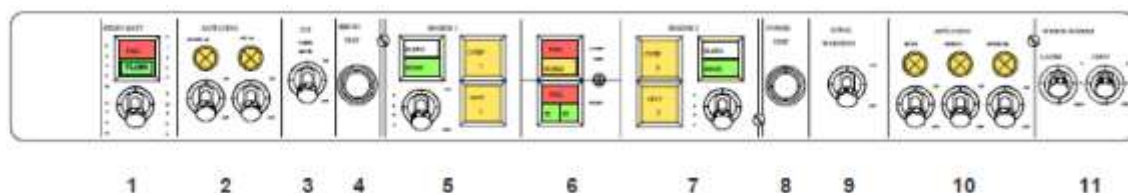
Nota. El gráfico representa el indicador de 10 formaciones 33 α, del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.13) por Eurocopter.

**2.2.13 Subpanel**

Conjunto de interruptores de mando y chequeo; luces indicadoras de funcionamiento adecuado de los motores de la aeronave. En la Figura 12, se puede apreciar el super panel del helicóptero Super Puma.

**Figura 12**

*Subpanel de la Aeronave*



<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mando batería de emergencia</li> <li>2. Mando calefacción parabrisas y pitot izquierdo</li> <li>3. Aislamiento interfono cabina</li> <li>4. Prueba servo mandos</li> <li>5. Motor izquierdo: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización sobre velocidad, válvula de descarga, fallo regulación.</li> <li>- Mando: ventilación, desplazamiento válvula de descarga, rearme después de sobrevelocidad</li> </ul> </li> <li>6. Prueba de sobrevelocidad y luz de motor de arranque.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Motor derecho: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Señalización sobre velocidad, válvula de descarga, fallo regulación.</li> <li>- Mando: ventilación, desplazamiento válvula de descarga, rearme después de sobrevelocidad</li> </ul> </li> <li>8. Prueba de potencia</li> <li>9. Interruptor de alarma sonora</li> <li>10. Mando de calefacción parabrisas y pitot derecho</li> <li>11. Mando limpia parabrisas</li> </ol>
--	---

Nota. El gráfico representa el subpanel del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (1.14) por Eurocopter.

### 2.3 Sistema del Rotor Principal del Helicóptero Súper Puma AS 332B

El rotor principal asegura la sustentación y traslación del helicóptero. Está constituido por el mástil rotor, la cabeza del rotor y 4 palas.

El mástil de rotor, fijado a la Caja de Transmisión Principal, acciona la cabeza, fijada al árbol del mástil de rotor, soporta las palas. Es el centro aerodinámico de la sustentación resultante de las palas y absorbe los esfuerzos en batimiento y en arrastre. (EUROCOPTER, 2013)

Las palas transforman la energía mecánica de los motores en fuerzas aerodinámicas (sustentación).

- Diámetro del rotor..... 15,60 m
- Velocidad de rotación..... 265 rpm
- Sentido de rotación: horario (visto desde arriba)

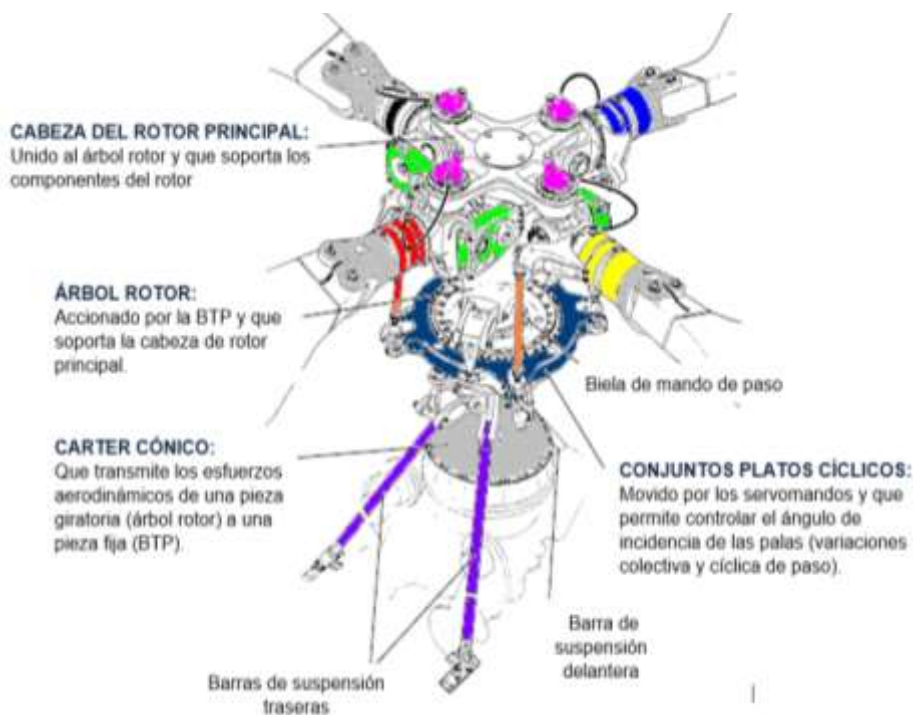
- El mástil rotor está inclinado 5° hacia adelante.

### 2.3.1 Los Subconjuntos del Rotor Principal

Los subconjuntos del rotor principal son aquellos que soportan el peso de las palas de la aeronave, adicional permiten realizar el cambio de ángulo de las palas para cambiar su perfil aerodinámico. En la Figura 13, se puede apreciar la cabeza del rotor principal del helicóptero Super Puma.

**Figura 13**

*Cabeza del Rotor Principal*



Nota. El gráfico representa la cabeza del rotor principal del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.3) por Eurocopter.

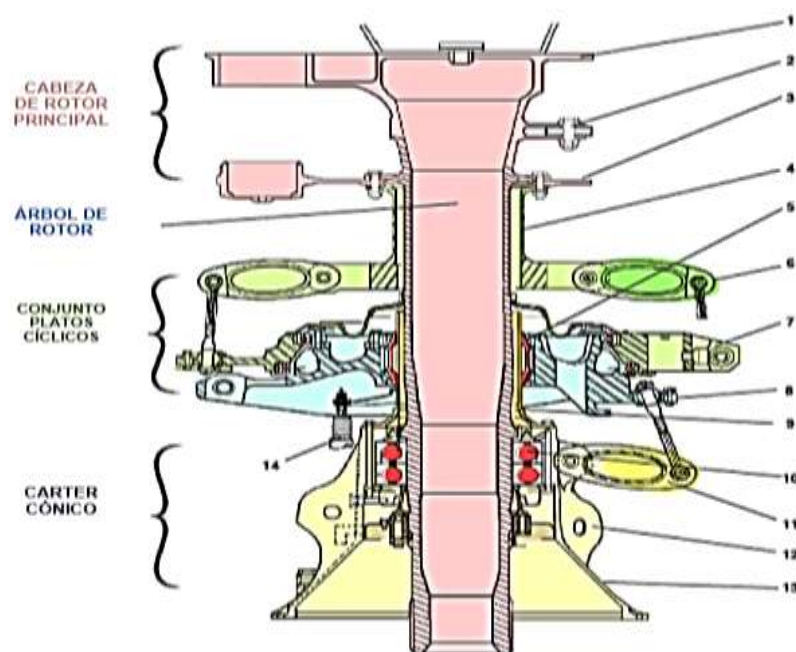
### 2.3.2 Componentes del Mástil Rotor Principal

Son aquellos que permiten el movimiento de la cabeza del rotor principal, consta de rodamiento, platos cíclicos, barras de suspensión, tijeras giratorias y no giratorias,

cartel cónico entre otros, trabajan a la par es de vital importancia en chequeo y supervisión por estar expuesto a esfuerzo mecánico. En la Figura 14, se puede apreciar el mástil del rotor principal del helicóptero Super Puma.

**Figura 14**

*Mástil Rotor Principal del Helicóptero Super Puma*



1.- Brida superior	8.- Plato cíclico no giratorio
2.- Fijación adaptador de frecuencia	9.- Guía del plato cíclico
3.- Placa de brida inferior	10.- Rodamiento de 4 contactos
4.- Accionador de las tijeras giratorias	11.- Tijera no giratoria
5.- Rótula	12.- Placa de fijación de las barras de suspensión B.T.P.
6.- Tijera giratoria	13.- Carter cónico
7.- Plato cíclico móvil	14.- Transmisor de paso

Nota. El gráfico representa el mástil del rotor principal del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.3) por Eurocopter.

### **2.3.3 Cárter Cónico**

EL CÁRTER CÓNICO permite transmitir las fuerzas aerodinámicas generadas por los elementos giratorios (rotor y palas) a los elementos no giratorios como la B.T.P. y la estructura. Para una mejor distribución de las cargas específicas, la transmisión es asegurada por rodamiento de bolas de 4 contactos. Este rodamiento trabaja de forma diferente dependiendo si el aparato se encuentra en tierra o en vuelo.

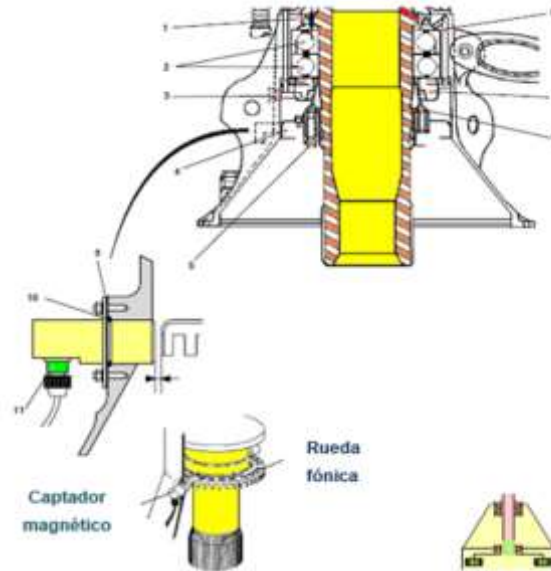
El rodamiento es lubricado por aceite proveniente del circuito de lubricación de la B.T.P. a través de un conducto interno.

Las pistas interiores de los rodamientos (2), están sujetas por un espaciador cónico y una tuerca de sujeción (6). Esta tuerca roscada sobre el mástil del rotor lleva los tornillos de apoyo (5) y una rueda fónica (4). Esta última gira delante de los captadores que sirven para indicar el régimen del rotor (NR).

La parte inferior del anillo exterior de rodamiento (2) cuenta con una arandela cónica (7) que permiten recuperar el aceite del rodamiento. También se recuperan las eventuales partículas metálicas y un tapón magnético (3) permite efectuar un control periódico. La parte superior del rodamiento cuenta con un retén labial (1) de retención de aceite. En la Figura 15, se puede apreciar cartel cónico del helicóptero Super Puma.

### **Figura 15**

*Cartel Cónico de la Aeronave*



- 1.- Reten labial
- 2.- Rodamiento de bolas de 4 contactos (la distribución de las cargas entre 4 puntos reduce las presiones- MEJOR FIABILIDAD)
- 3.- Tapón magnético
- 4.- Rueda fónica
- 5.- Tornillo de apoyo
- 6.- Tuerca de sujeción de los rodamientos
- 7.- Arandela cóncava de recuperación de aceite
- 8.- Conducto de lubricación
- 9.- Suplemento de ajuste
- 10.-Junta tórica
- 11.-Captador de régimen rotor (NR)

Nota. El gráfico representa el cartel cónico del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.13) por Eurocopter.

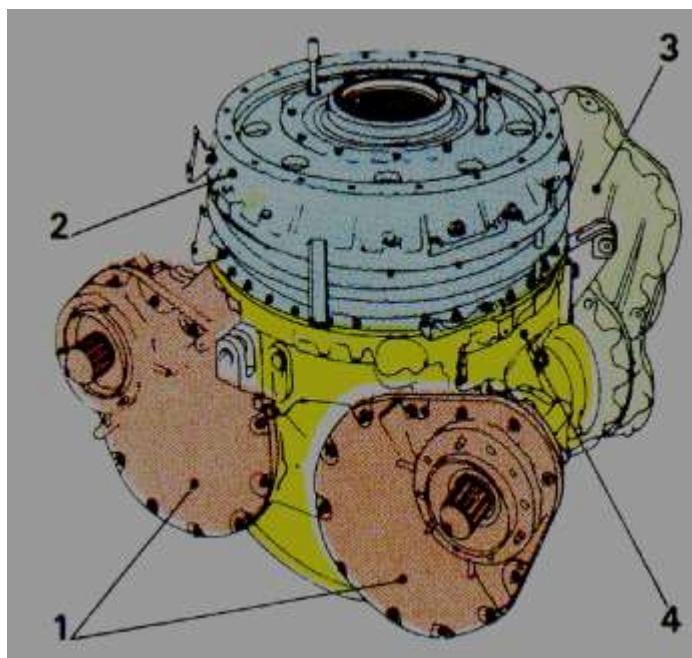


### **2.3.4 Caja de Transmisión Principal (C.T.P.)**

La Caja de Transmisión Principal transmite el movimiento desde los motores hacia los rotores, mientras reduce la velocidad de rotación. Así mismo, acciona dos bombas, que aseguran la lubricación de esta y sus accesorios; dos alternadores, dos bombas hidráulicas, un ventilador que refrigera el aceite de lubricación. En la Figura 16, se puede apreciar la caja de transmisión principal (B.T.P) del helicóptero Super Puma.

**Figura 16**

*Caja de Transmisión Principal*



Nota. El gráfico representa la Caja de Transmisión Principal del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (4.8) por Eurocopter.

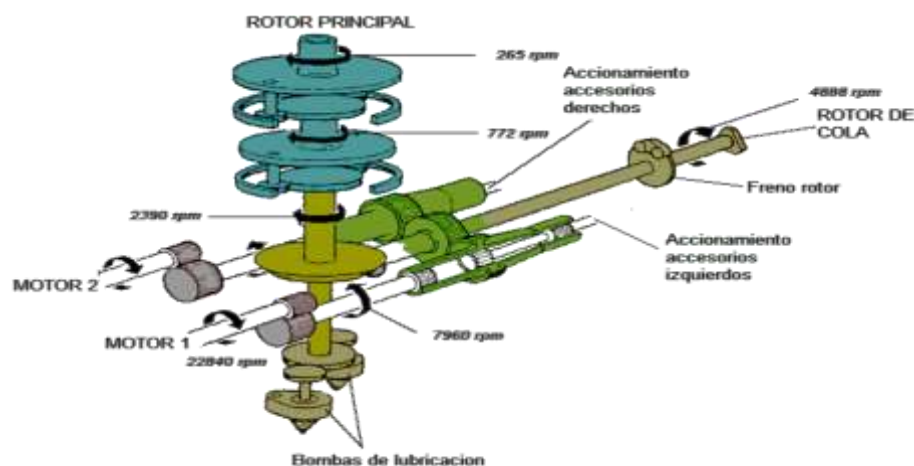
### **2.3.5 Los Componentes de la Caja de Transmisión Principal**

**2.3.5.1 Transmisión del Movimiento.** El helicóptero Super Puma cuenta con dos motores Makila que giran a 22840 rpm, que suministran movimiento a la caja de

transmisión principal que gira a una velocidad 2390 rpm, la salida del rotor principal gira a una velocidad de 265 rpm. En la Figura 17, se puede apreciar la transmisión del movimiento de los motores al rotor principal del helicóptero Super Puma.

### Figura 17

*Transmisión de Movimiento del Helicóptero Super Puma*



Nota. El gráfico representa la transmisión de movimiento del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (4.4) por Eurocopter.

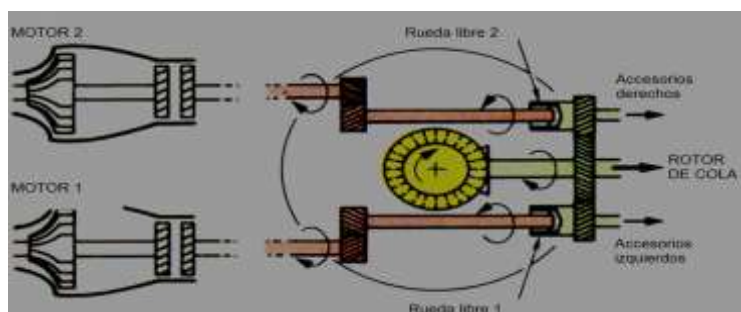
#### 2.3.5.2 La Rueda Libre en la Cadena de Potencia

- Cuando los motores giran, las ruedas libres 1 y 2 están enganchadas o embragadas, los rotores y accesorios son movidos
- Cuando un motor está parado, la rueda libre correspondiente es desembragada. Los rotores y accesorios son movidos por el segundo motor
- En autorrotación, las dos ruedas libres están desembragadas, el rotor de cola y los accesorios son movidos por el rotor principal.

- La rueda libre permite la transmisión de movimiento solo en la dirección motor – rotor.
- Rueda libre embragada los rodillos (6) son trabados entre el árbol de entrada (8), el mismo que es movido por el motor, y el árbol de salida (5), el árbol es arrastrado
- Rueda libre desembragada (autorrotación o falla de un motor), el árbol de salida arrastrado por el rotor (o por el segundo motor) libera los rodillos, la rueda libre trabaja como un rodamiento, y el motor no es arrastrado
- Jaula de la rueda libre es atraída por un muelle (9) el cual mantiene los rodillos en contacto con el árbol de salida (5) garantizando así el suave embragado de la rueda libre durante la puesta en marcha del motor. En la Figura 18, se puede apreciar la rueda libre del helicóptero Super Puma.

**Figura 18**

*Rueda Libre del Helicóptero Super Puma*



Nota. El gráfico representa la rueda libre del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (4.4) por Eurocopter.

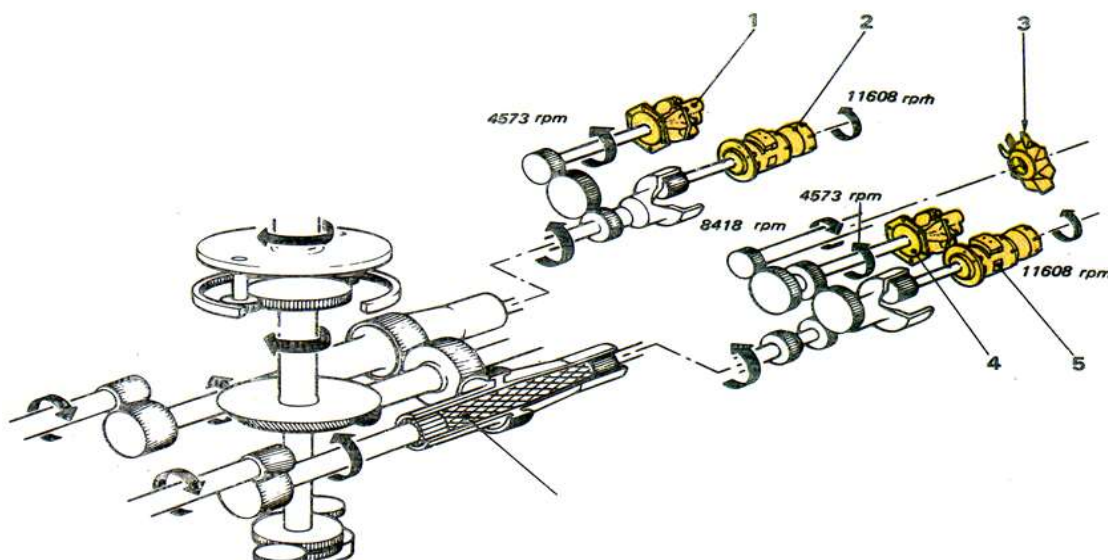
**2.3.5.3 Transmisión del movimiento de los accesorios.** La cadena de potencia izquierda y derecha, accionan:

- Al lado izquierdo: un alternador (5), una bomba hidráulica (4) y el ventilador de refrigeración de aceite de lubricación.
- Por el lado derecho: un alternado (2) y una bomba hidráulica (1)

En la Figura 19, se puede apreciar la transmisión de movimientos del helicóptero Super Puma.

### Figura 19

#### *Transmisión de Movimientos de los Accesorios*



Nota. El gráfico representa la transmisión de movimientos de los accesorios del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (4.4) por Eurocopter.

## 2.4 Sistema de Control de la Velocidad del Rotor Principal

El control de velocidad del rotor principal es de gran importancia para el control de la aeronave mismo que le permite a la tripulación mediante indicadores verificar el funcionamiento y velocidad del rotor. Control de la velocidad del rotor principal (NR). El

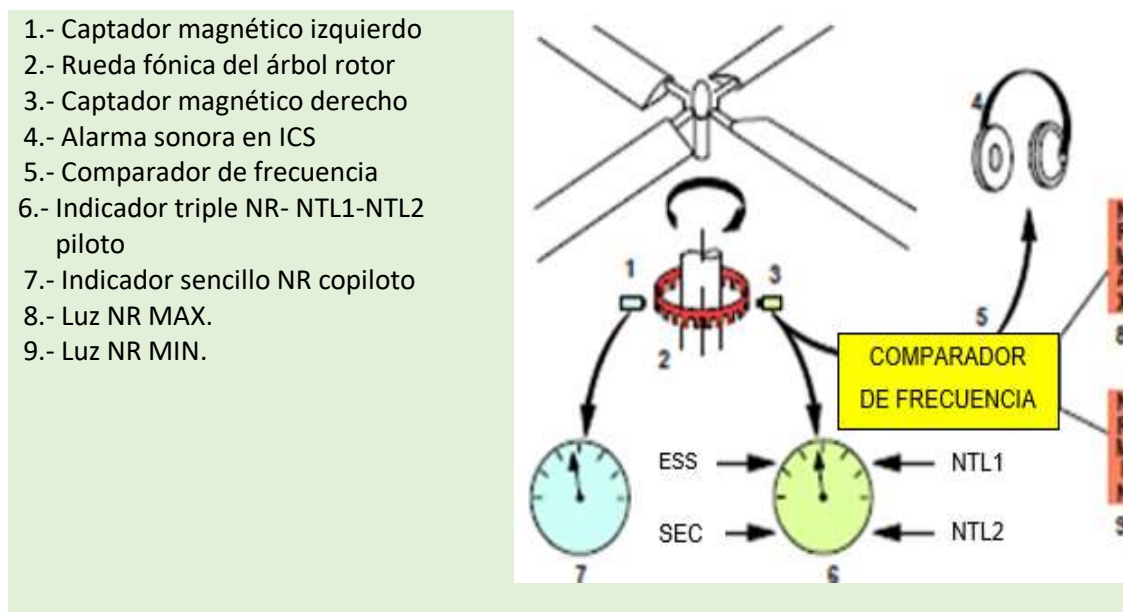
piloto lee en un indicador triple NR-NTL1-NTL2 la velocidad de rotación NR de rotor. Una alarma sonora y dos luces le advierten de cualquier rebasamiento de los umbrales de velocidad, NR Min. y NR Max. del rotor.

Recuerden: **NTL** = velocidad de rotación de la turbina libre.

El copiloto dispone de un indicador autónomo sencillo (NR). En la Figura 20, se puede apreciar el control del rotor principal del helicóptero Super Puma.

## Figura 20

### Control del Rotor Principal del Helicóptero Super Puma

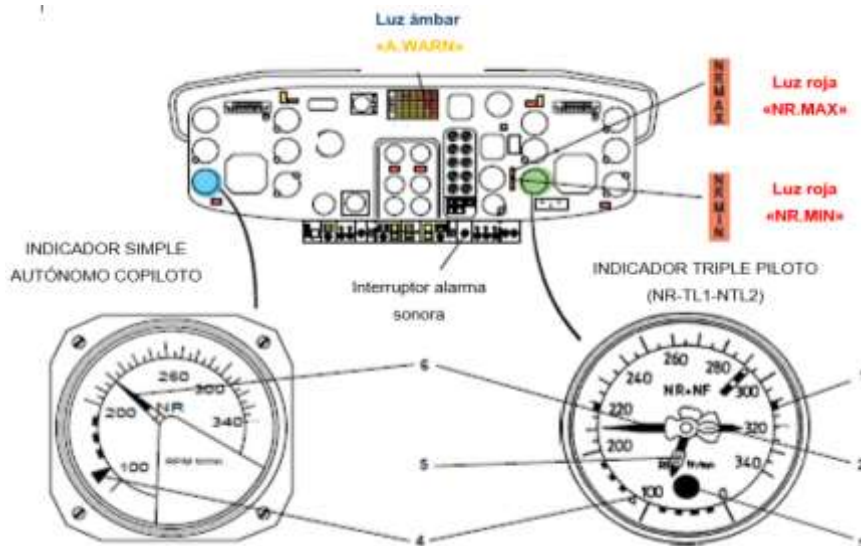


Nota. El gráfico representa el control del rotor principal del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.15) por Eurocopter.

En la cabina de la tripulación en el panel de instrumentos se localizan los indicadores de revoluciones del rotor principal tanto para el piloto como para el copiloto además que cuentan señales acústicas y visuales cuando se encuentran operando a velocidades que no son las adecuadas. En la Figura 21, se detalla la localización del indicador triple del helicóptero Super Puma.

Figura 21

Localización del Instrumento Triple en la Cabina



1. Marca de NR máximo	4. Índice (velocidad máxima para frenado de rotor) NO FRENAR POR ENCIMA DE 120 rpm
2. Aguja NTL1	5. Aguja NTL2
3. Ventana donde aparece la bandera defecto	6. Aguja NR
Anormalidad en alimentación o funcionamiento.	

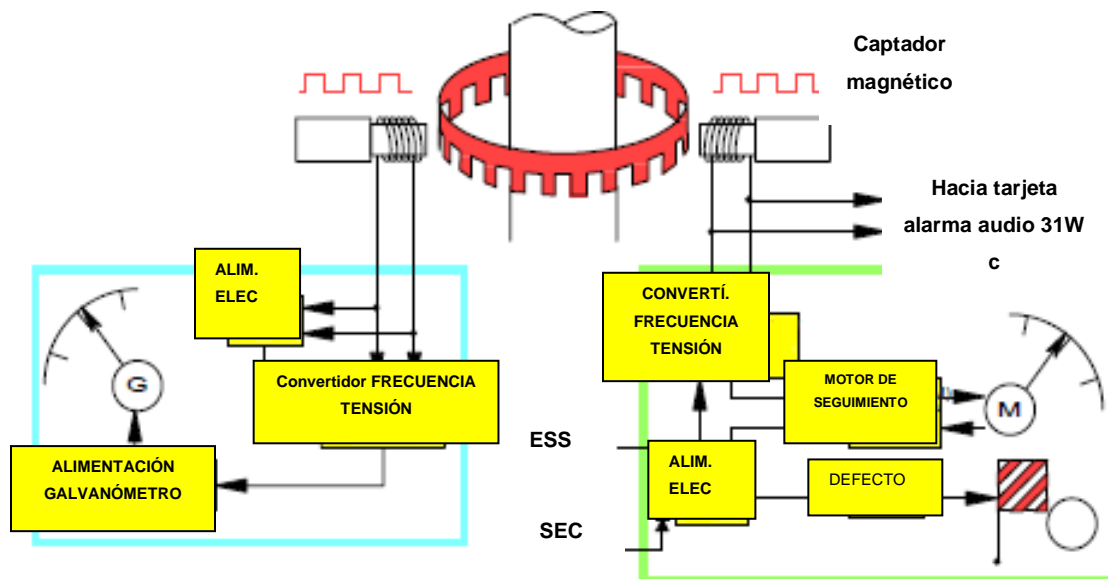
Nota. El gráfico representa la localización del indicador triple en la cabina del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.15) por Eurocopter.

#### 2.4.1 Principio de Funcionamiento del Control del Régimen NR

La rueda fónica es accionada por el árbol rotor. Cada vez que pasa un diente, el captador induce una corriente. La frecuencia de esta señal alternativa es proporcional al NR. En la Figura 22, se detalla el funcionamiento del indicador triple del helicóptero Super Puma.

Figura 22

Funcionamiento NR y NF1-NF2 del Indicador Triple



Nota. El gráfico representa el funcionamiento del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.16) por Eurocopter.

**2.4.1.1 Principio de funcionamiento del indicador simple autónomo del copiloto.** La señal de entrada es rectificadas y estabilizada por la alimentación. La señal de salida del convertidor se aplica a través de un circuito de alimentación sobre un galvanómetro (G) que permite la visualización de la velocidad de rotación.

El indicador tacométrico autónomo del copiloto permite leer el  $r$ , incluso en caso de pérdida total de las generaciones eléctricas. (EUROCOPTER, 2013)

**2.4.1.2 Principio de funcionamiento del indicador triple del piloto.** La señal de frecuencia (F) se aplica a un convertidor (frecuencia / tensión) integrado en el indicador y que suministra una corriente cuya tensión (U) es proporcional a la velocidad

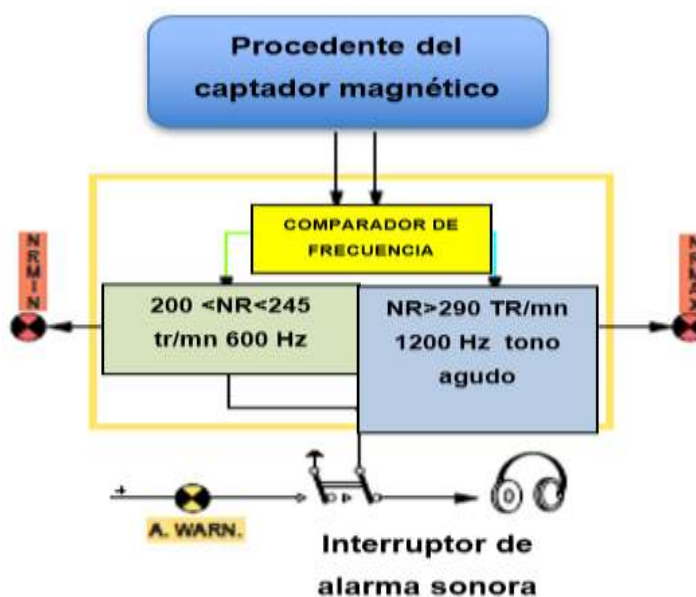
de rotación del rotor. Esta corriente activa un motor (M) que se mueve de forma proporcional a la variación de tensión. En la Figura 23, se detalla el funcionamiento del captor magnético del helicóptero Super Puma.

Una bandera aparece en la ventana:

- Cuando el indicador no está alimentado
- En caso de fallo del servomecanismo del motor (M).

**Figura 23**

*Proceso Captor Magnético*



Nota. El gráfico representa el funcionamiento del captor magnético del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (5.16) por Eurocopter.

**2.4.1.3 Principio de funcionamiento del sistema de alarma NR min. – NR max.** El comparador filtra únicamente las señales correspondientes a una alarma.

NR >290 RPM:



- El circuito de alarma sonora genera un tono agudo
  - El indicador luminoso **NR MAX.** Se enciende  
**NR >290 RPM**
- El circuito alarma sonora genera un tono grave
  - La luz **NR MIN.** Se enciende  
**NR <200 RPM**

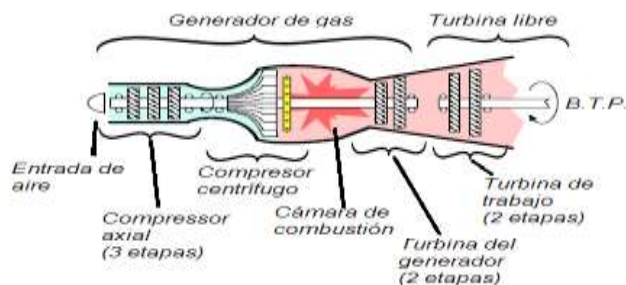
El piloto puede cortar la alarma sonora utilizando el interruptor, en este caso se enciende la luz (A.WARN).

## 2.5 Sistema de Control de la Velocidad de Rotación de la Turbina Libre NTL

El NTL nominal: 22580 rpm que corresponde al NR nominal de 265 rpm. Esta velocidad es mantenida sensiblemente constante por el regulador de combustible, cabe recalcar que la potencia del motor varía de acuerdo al despegue, vuelo y en el caso de emergencia. En la Tabla 4, se detalla los valores acerca de la potencia de la aeronave. El motor del helicóptero es quien provee empuje para generar movimiento en los diferentes sistemas de la aeronave. En la Figura 24, se detalla las partes del motor Makila 1 donde se encuentra la turbina libre, lugar en el cual se toma la señal de NTL1 y NTL2 del helicóptero Super Puma.

### Figura 24

*Partes del Motor Makila 1*



Nota. El gráfico representa las partes del motor Makila del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (14.4) por Eurocopter.

**Tabla 4**

*Datos Técnicos de la Potencia Unitaria en la Aeronave*

<b>POTENCIA UNITARIA EN ATMÓSFERA ESTÁNDAR HP</b>	
<b>RÉGIMEN</b>	<b>POTENCIA MAKILA 1A1</b>
<b>MÁXIMO CONTINUO</b>  (sin limitación de duración)	<b>1310 KW</b>
<b>MÁXIMO DE DESPEGUE</b>  (limitado a 5 minutos)	<b>1240 KW</b>
<b>MÁXIMO EMERGENCIA</b>  (limitado a 2 min 30 seg)	<b>1130 KW</b>

Nota: Recuperado del Manual de Instrucción del Super Puma AS -332B

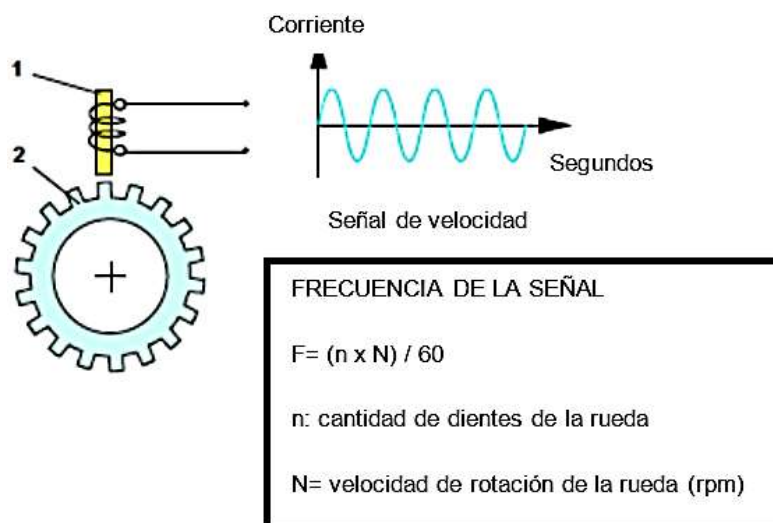
### **2.5.1 Principio de Detección de las Velocidades**

Una rueda dentada (2), accionada por el árbol del que se quiere medir la velocidad, gira delante de un captador electromagnético (1). Las variaciones de flujo magnético generadas por el paso de los dientes de la rueda fónica inducen en el devanado una corriente sinusoidal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de rotación de la rueda dentada. (EUROCOPTER, 2013)

Es esta señal “frecuencia” la que se utiliza para medir la velocidad de rotación del generador de gas (NG) y de la turbina libre (NTL). En la Figura 25, se detalla el funcionamiento de la detección de señal de velocidades del helicóptero Super Puma.

**Figura 25**

*Detección de Velocidades*



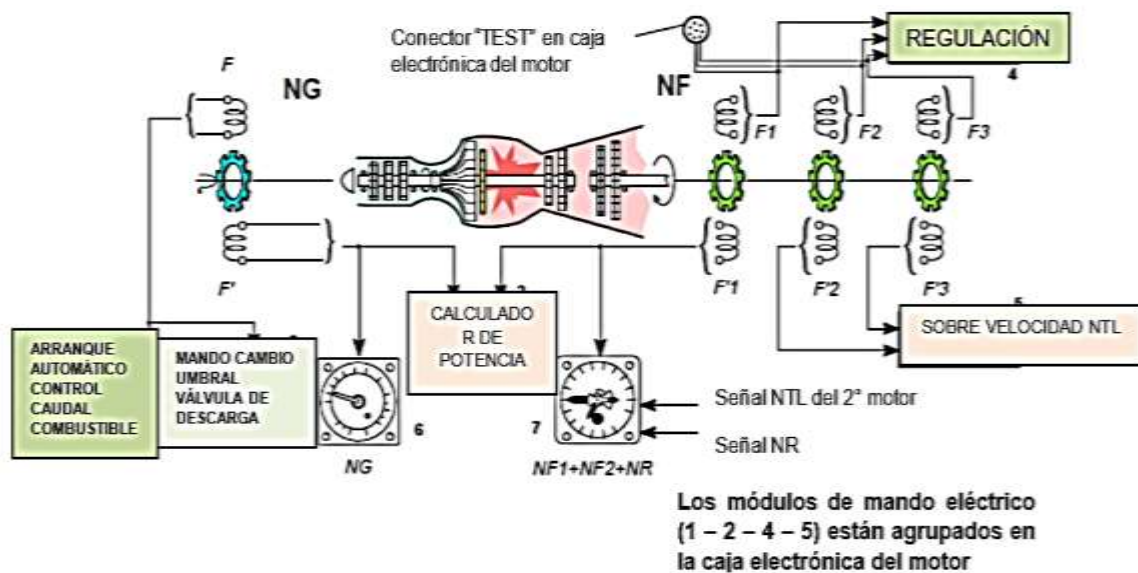
Nota. El gráfico representa la detección de velocidades del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (14.18) por Eurocopter.

### **2.5.2 Señales de “Velocidad NTL”**

Las tres ruedas dentadas, giran solidariamente con el árbol de la turbina libre, pasan delante de tres pares de captadores (F1, F'1 – F2, F'2 – F3, F'3). Las señales del captador F'1 son utilizadas por el indicador de velocidad NTL (7) y por el calculador de potencia (3). Las señales de los captadores F'2 y F'3 son utilizadas por el dispositivo de seguridad “sobrevelocidad NTL” (5). Por último, las señales de los captadores F1, F2 y F3 son utilizadas por el sistema de regulación del motor (4). En la Figura 26, se detalla el funcionamiento de la detección de señal de velocidades del helicóptero Super Puma.

Figura 26

Señales de Velocidad NTL



Nota. El gráfico representa el funcionamiento de velocidades de NTL del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Instrucción SUPER PUMA AS 332B (14.4) por Eurocopter.

La señal “frecuencia” (proporcional a la velocidad) es enviada a un convertidor “frecuencia-tensión” que suministra una corriente cuya corriente es proporcional a la velocidad de rotación. Esta corriente acciona un motor (M) que sigue la variación de la señal “tensión”.

La bandera aparece:

- Cuando el indicador no está alimentado.
- En caso de defecto de funcionamiento del indicador.

En su funcionamiento normal, las tres manecillas están superpuestas, ya que las velocidades NTL1, NTL2 Y NR están sincronizadas (ruedas libres embragas) y permanecen sincronizadas, aunque varíe la potencia de un motor.

En efecto, un motor cuya potencia varía permanece sincronizado: Las NTL quedan constantes, solo varía el par. En caso de pérdida de potencia en un motor, llegará el momento en que su NTL se desincronizará. También puede ocurrir una desincronización en caso de rotura de la transmisión “motor – Caja de Transmisión Principal” (es una hipótesis): la turbina libre que ya no está cargada se embala (pero en este caso el dispositivo de sobrevelocidad corta el motor). (EUROCOPTER, 2013)

## **2.6 Funcionamiento del Indicador Triple (NR-NF1-NF2)**

El indicador triple permite a la tripulación conocer la velocidad a la cual está rotando el rotor principal y la rueda de esta manera se mantiene el control del mismo y acciones a tomar de acuerdo al manual de vuelo de la aeronave.

### **2.6.1 Descripción del Indicador Triple**

Este indicador de tacómetro se utiliza junto a tres sensores magnéticos de velocidad para indicar simultáneamente en un solo dial las tres velocidades de rotación: NR (rotor), NTL1 y NTL2 (rueda libre turbinas).

El indicador contiene en un solo caso tres servos de medición de velocidad sistemas de funcionamiento similar, cada sensor de velocidad entrega una señal cuya frecuencia es proporcional a la velocidad de rotación. Esta frecuencia es convertida en un voltaje proporcional que se muestra mediante un puntero conducido por un potenciómetro de torque. Aparece una bandera roja de advertencia en una ventana en el dial en caso de pérdida del Potencia de entrada de 28 VCC o cuando la señal de

error en cualquiera de los tres servos los sistemas (NR, NTL1, NTL2) no se han anulado después de un período de 10 segundos.

En la Figura 28, se detalla el diagrama de conexión del indicador triple del helicóptero Super Puma. La iluminación integral, suministrada por dos fuentes de 28 VCC, se proporciona e ilumina la presentación. Todas las conexiones eléctricas se realizan a través de un receptáculo de 19 pines en la parte trasera del indicador.

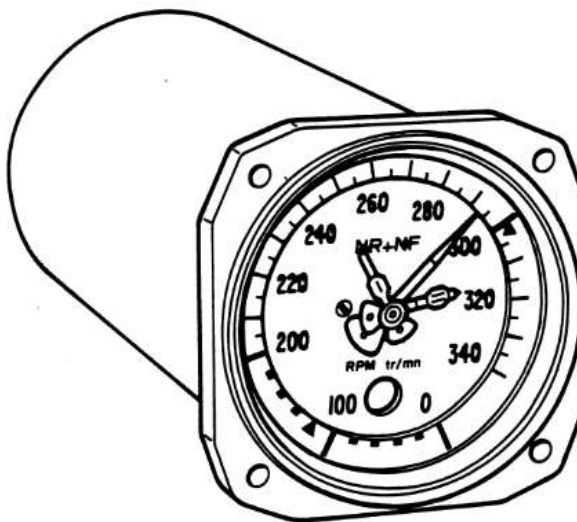
(AVIONICS, 2013)

En la Tabla 5, se especifica las características técnicas del indicador triple del helicóptero Super Puma

En la Figura 27, se puede apreciar el indicador triple del helicóptero Super Puma.

### **Figura 27**

*Vista General Indicador Triple*



Nota. El gráfico representa el indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 (2) por THALES.

**Tabla 5***Datos Técnicos del Indicador Triple*

<b>PARTES</b>	<b>CUALIDADES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>(1) Físico</b>	Dimensiones totales	80 mm de diámetro, caso por NFL 70-110 (brida: cuadrado de 82.8 mm)- longitud: 172 mm.
	Peso	875 g aprox. (1.93 libras).
<b>(2) Técnico</b>	Equipo asociado	Tres sensores de velocidad magnéticos que entregan:
		<p><b>(a) Velocidad del rotor (NR)</b></p> <p>Una frecuencia correspondiente a 2/3 de la velocidad del rotor</p> $fR = 2/3 NR$ $NR (100\%) = 265 \text{ RPM}$ $V_{RMS} > 3 \text{ V RMS a través de } 1 \text{ k}\Omega$
		<p><b>(b) Velocidad de turbina libre</b></p> <p>(NTL1 - NTL2) Una frecuencia de 13,710 Hz a 22,850 RPM (100%) (13800 Hz a 23000 RPM (100%) para las variantes PNR 61474-134-1 y 61474-135-1. <math>V_{RMS} &gt; 200 \text{ mV RMS a través de } 1 \text{ k}\Omega</math>.</p>

PARTES	CUALIDADES	DESCRIPCIÓN
Requerimientos de energía	28 V CC (se requieren dos fuentes) según AIR 2021 / D	
Voltaje		
Consumo	330 mA máx.	
Iluminación integral excepto PNR 61474-114-1 (blanco)	Por cuñas glass (antirreflectante) (blanco azulado) recubierto según MIL-C-675A) y cuatro lámparas transparentes.	
Voltaje	28 V CC (se requieren dos fuentes)	
Consumo.	95 mA máx. por circuito	
Montaje	Cuatro agujeros de 4,3 mm o 88,9 mm. en PCD	
Operando		
Rangos de temperatura	de 20 ° C a + 50 ° C.	
• Normal	-55 ° C a + 70 ° C.	
• Límite		

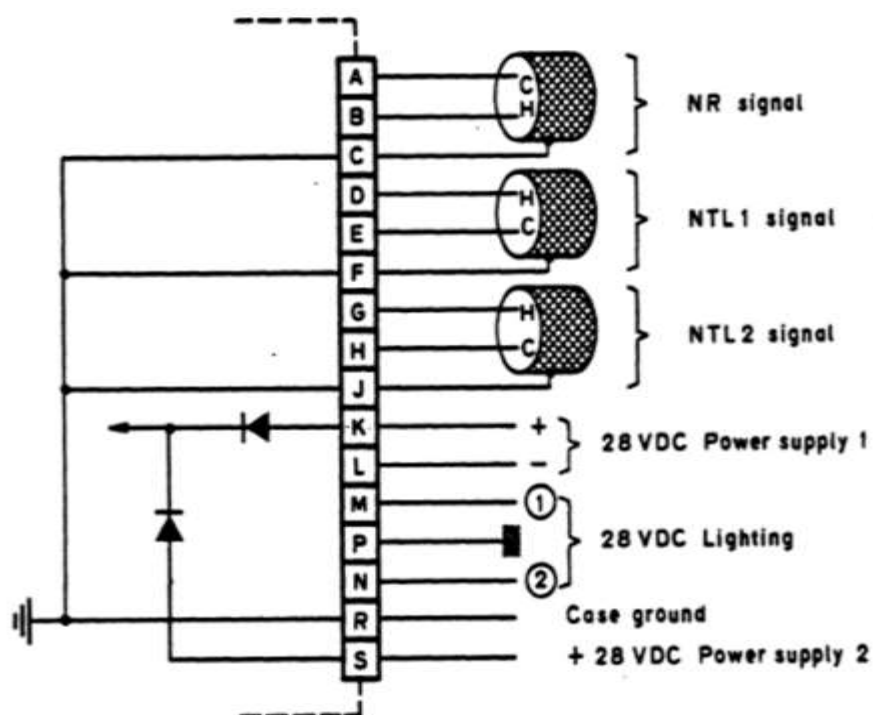


<b>PARTES</b>	<b>CUALIDADES</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
	Conexión Eléctrico (fija)	Receptáculo de 19 pines por NAS 1599, tipo 02H-14B-19PN.
<b>(3) Presentación</b>	Acabado de la caja	Negro mate
	Dial y terminal puntero	Blanco mate sobre negro mate de fondo
	Bandera de advertencia de falla	Naranja fuego

Nota: Recuperado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 por THALES.

### **Figura 28**

*Diagrama de Conexión*



Nota. El gráfico representa el diagrama de conexiones del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 (5) por THALES.

### 2.6.2 Descripción detallada del Indicador Triple

El indicador consta de dos subconjuntos principales: un subconjunto mecánico montaje y un su montaje electrónico.

- (1) El subconjunto mecánico consta de los componentes que requieren enlace mecánico para la operación, como tres torques de DC, potenciómetros y sus trenes de engranajes relacionados. Este mecanismo es montado en un marco que comprende dos placas separadas por pilares.
- (2) El subconjunto electrónico consta de componentes electrónicos montados en seis placas de circuito impreso rectangulares. Las conexiones eléctricas a estas placas de circuito se realizan a través de placas de circuito impreso circulares.

Conexiones entre la placa base posterior y Los receptáculos se hacen a través de un circuito impreso flexible.

- (3) El mecanismo del instrumento está contenido en un cilindro que está cerrado el frente por un conjunto de vidrio y bisel. Se instala una abrazadera de montaje a la brida de la caja para fines de instalación.

### **2.6.3 Funcionamiento del Indicador Triple**

El subconjunto electrónico del indicador recibe las señales de tres sensores de velocidad magnéticos que entregan una frecuencia proporcional a la velocidad. Estas velocidades, por medio de torque DC conducen los tres punteros montados coaxialmente.

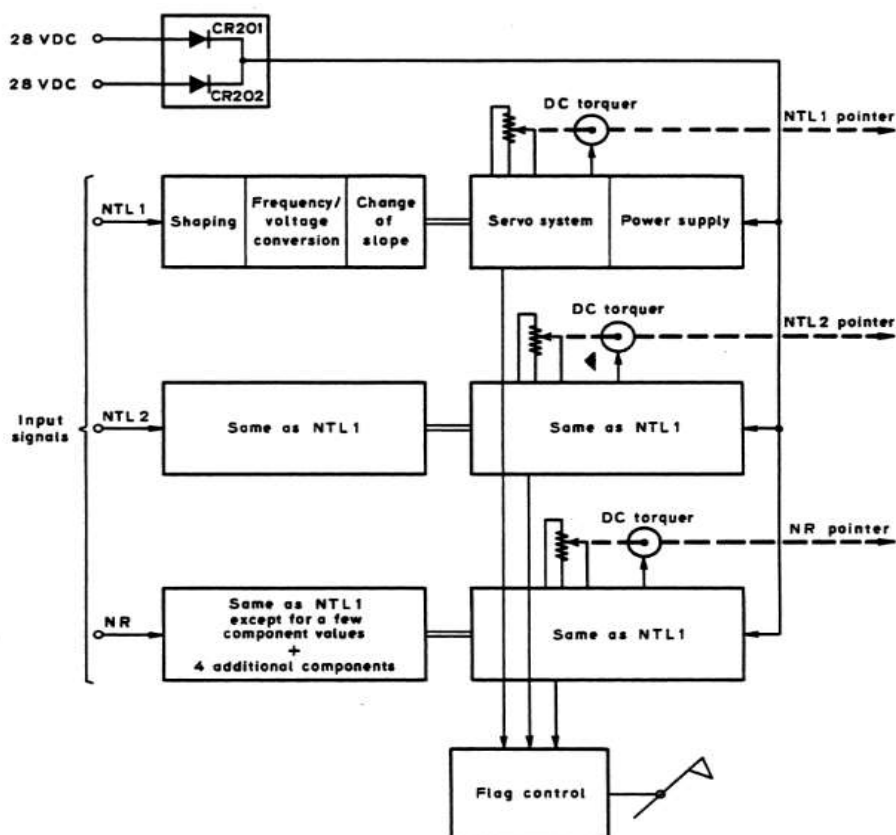
El subconjunto electrónico se muestra en la Figura () para NTL1 - NTL2 y para el sistema NR. En la Figura 29, se puede apreciar los bloques funcionales del indicador triple del helicóptero Super Puma.

La operación se puede dividir en seis funciones principales:

- Formación,
- Conversión de frecuencia / voltaje,
- Cambio de pendiente,
- Sistema servo,
- Fuente de alimentación,
- Control de bandera.

### **Figura 29**

*Diagrama de Bloques Funcional*



Nota. El gráfico representa el diagrama de bloques del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 (7) por THALES.

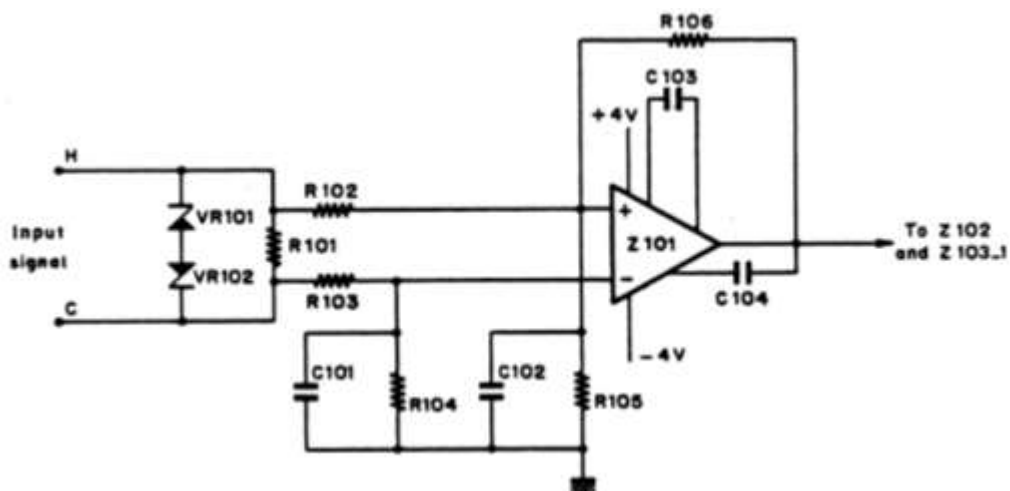
#### 2.6.4 Circuito de conformación del Indicador Triple

- La señal de entrada cuya frecuencia se va a medir se recorta por Diodos Zener VR101 y VR102 conectados entre sí en serie. La señal se aplica luego al amplificador Z101 que está conectado como disparador diferencial y entrega una señal de onda cuadrada. Condensadores C101 y C102 suavizan la señal.
- La entrada diferencial permite la operación cuando el lado frío del sensor está conectado al retorno de 28 V CC. La histéresis del circuito reduce la sensibilidad al ruido que puede afectar la señal de entrada.

En la Figura 30, se puede apreciar el circuito de conformación interno del indicador triple del helicóptero Super Puma.

**Figura 30**

*Circuito de Conformación Interno*

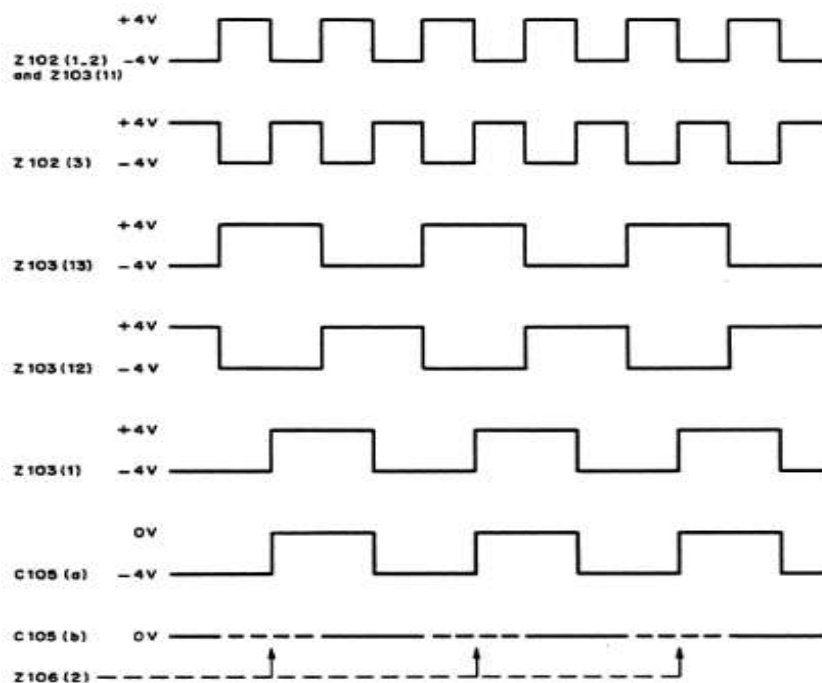


Nota. El gráfico representa el circuito de conformación interna del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 (13) por THALES.

En la Figura 31, se puede apreciar el circuito de conversión de frecuencia/ voltaje del indicador triple del helicóptero Super Puma

**Figura 31**

*Diagrama Circuito de Conversión de Frecuencia / Voltaje*



Nota. El gráfico representa el circuito de conversión de frecuencia/ voltaje del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 (14) por THALES.

## 2.7 Tareas de mantenimiento ligado al sistema

El sistema de mantenimiento ligado al chequeo y comprobación del correcto funcionamiento del indicador triple se da de acuerdo a una orden de mantenimiento y al manual de mantenimiento de la aeronave emitido por la casa fabricante.

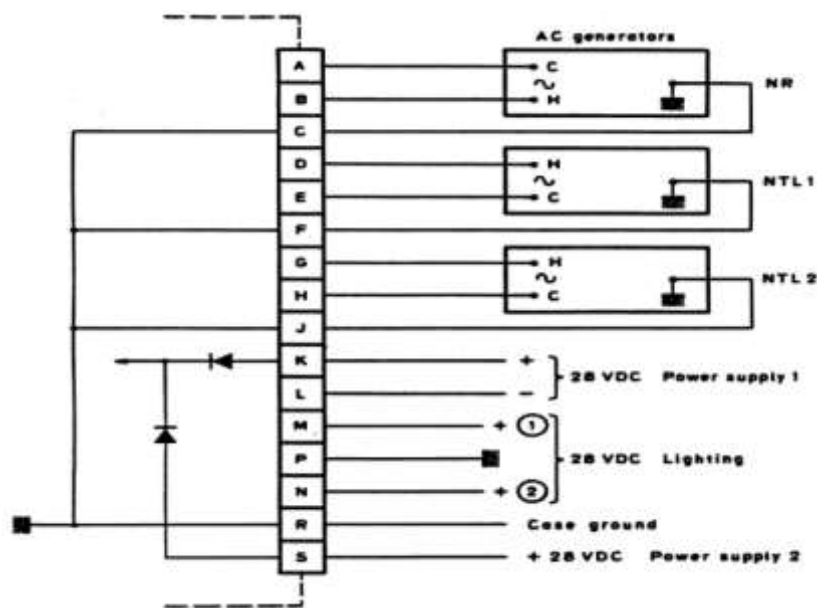
- a. Las condiciones de prueba para realizar el chequeo del indicador del tacómetro deben ser probado bajo las siguientes condiciones:
  - Temperatura de prueba:  $20^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$
  - Posición de prueba: Posición de funcionamiento normal (dial vertical)
  - Conexiones eléctricas.
- b. Para realizar el chequeo del indicador triple se requiere los siguientes equipos.

- Dos fuentes de alimentación de 28 VCC por AIR 2021 / D, para energizar el indicador sistemas.
- Dos fuentes de alimentación de 28 VCC ajustables de 12 a 28 V, para energizar el sistema de iluminación integral.
- Tres generadores de CA, que varían de 0 a 20,000 Hz, voltaje RMS de 200 mv a 3v. La frecuencia debe medirse con medidores digitales de frecuencia que van de 0 a 20,000 Hz para una mayor precisión.

En la Figura 32, se puede apreciar el circuito de prueba del indicador triple del helicóptero Super Puma

**Figura 32**

*Circuito De Prueba*



Nota. El gráfico representa el circuito de prueba del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B. Tomado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 (102) por THALES.

c. Para el procedimiento de prueba del indicador triple se realiza los siguientes pasos:

- Examinar visualmente el indicador en busca de signos de deterioro o dañados.
- Conectar el sistema de iluminación (pines del receptáculo M - P y N - P) a dos fuentes de 28 VCC como se muestra en la Figura (34), y verifique que el dial del indicador triple esté iluminado de manera adecuada y uniforme cuando el voltaje varía entre 16 a 24 voltios.

d. Para las verificaciones eléctricas del indicador triple se realiza las siguientes comprobaciones:

- Resistencia de Aislamiento

Con un comprobador de aislamiento de 45 V CC verificar que el aislamiento de la resistencia entre la caja y los pines del receptáculo (excepto los pines conectados a tierra) no sea inferior a 20 mega ohmios.

- Consumo de corriente

#### Sistemas indicadores

Aplique 28 VCC (fuente de alimentación 1) a los pines K y L del receptáculo y, con los tres generadores de CA, opere cada sistema del indicador en su rango completo. Asegúrese de que el suministro de corriente sea inferior a 330 mA en modo estabilizado y menor que 450 mA en modo de seguimiento.

Repita esta prueba con 28 VCC (fuente de alimentación 2) aplicada a pines del receptáculo S y L. Asegúrese de que la corriente de suministro sea menor a 330 mA en modo estabilizado y menor a 450 mA en modo de seguimiento.



### Sistema de iluminación integral

Aplique 28 VCC a los pines del receptáculo M y P, y luego a N y P, y compruebe que el consumo de corriente en cada caso, sea igual a  $80 \text{ mA} \pm 15 \text{ mA}$ .

En la Tabla 6,7 y 8, se especifica la configuración de prueba y tolerancia graduado en rpm y porcentaje del indicador triple del helicóptero Super Puma

**Tabla 6**

*Configuración de Prueba y Tolerancias, Indicador Graduado en Rpm*

Test	Tablas	Velocidad	Indicador	Frecuencia		Periodo Teórico	Tolerancia ( $\pm$ ) (5)	
				(RPM)	Teórica (Hz)		Indic. RPM	Frecuencia f(Hz)
		Sistema indicador (1)	(2)	(3)	(4)			Perio T (us)
			100	66.67	15,000	3		450
			200	133	7,500	3		110
			240	160	6,250	1		26
	101A	Rotor	265	176.67	5,660	1		21
			300	200	5,000	1		17
			340	226.7	4,412	1		13
Exactitud					61474-134 solo			61474-134 solo



				(4)			
		40	70.67	14,150	1.1	389	
		80	141.34	7,075	1.1	97.5	
		90	159.00	6,289	1.1	77	
	101A	Rotor	100	176.67	5,660	0.3	17
			118	208.47	4,797	0.3	12.5
			128	226.14	4,422	0.3	10.5
Exactitud		40	5,484		1.4	192	
Para.1.C		80	10,968		1.4	192	
(4)		100	13,710		0.6	82	
	101B		128	17,5488	0.6	82	
		Turbinas					
		I y II					
Puntero							
de							
	101C	Rotor	100	176.67	5.660		
alineación		Turbines	100	13,710			
Para.1.C							
(5)							

Nota: Recuperado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 por THALES.

**Tabla 8**

Solo para el Indicador P/N 61474-135-1

Test	Tables	Velocidad			Tolerancia ( $\pm$ ) (5)			
		Sistema indicador (1)	Sistema % (2)	Frecuencia Teórica (Hz) (3)	Periodo Teórico T (us) (4)	Indicador (RPM)	Frecuencia f(Hz)	Periodo T (us)
			40	70.67	14,152	1.1		390
			70	123.66	8,086	1.1		127
			90	159.00	6,289	1.1		28
	101A	Rotor	110	194.33	5,145	0.3		19
			128	226.12	4,422	0.3		14
Exactitud			40	5,520		1.5	208	
Para.1.C (4)			70	9,660		1.5	208	
			100	13,800		0.6	78	
	101B		128	17,664		0.6	78	
		Turbinas I et II						
Puntero de								
alineación	101C	Rotor	100	176.67	5,660			
		Turbinas	100	13,710	72,5			

	Tables	Velocidad			Tolerancia ( $\pm$ ) (5)			
		Sistema indicador	Sistema %	Frecuencia Teórica (Hz)	Periodo Teórico T (us)	Indicador (RPM)	Frecuencia f(Hz)	Periodo T (us)
Test		(1)	(2)	(3)	(4)			

Para.1.C (5)

Nota: Recuperado del Manual de Mantenimiento de Componentes 61474-103 por THALES.

e. Para realizar el chequeo de la banderola del indicador triple se realiza el siguiente procedimiento:

- Conectar el indicador triple al equipo de prueba como se muestra en la Figura 27, aumente la frecuencia de la señal de entrada para obtener que uno de los sistemas entre en su parada de alta escala, sostener el sistema en esta posición y verifique que aparezca la banderola aproximadamente 10 segundos después de esta operación.
- Tan pronto como se haya llevado a cabo esta prueba, reduzca la entrada frecuencia de señal para eliminar la presión de la escala detenida, verifique que la bandera se pierda de vista.
- Repita los pasos anteriores (a) y (b) con los otros dos sistemas indicadores.
- Compruebe también que la banderola aparece cuando se apaga la alimentación interruptora apagado.

f. Para chequear la precisión el indicador triple mantiene conectado al banco de prueba y se realiza los siguientes pasos

- Comience la prueba con el sistema NR (rotor).
- Ajuste el generador de corriente alterna correspondiente para llevar el puntero, hacia cada marca de escala dada en la columna 2 de la Tabla 101A, en cada ajuste, asegúrese de que el valor del período, como se muestra en la frecuencia, no difiere de la correspondiente al valor teórico dado en la columna 4 por más que las tolerancias ( $\Delta T$ ) indicadas en la columna 5 de la tabla.
- Como los punteros I y II no proporcionan una precisión de lectura suficiente, los dos sistemas de velocidad de turbina libre (NTL) deben probarse de la siguiente manera:

Con el puntero NR indicando uno de los valores dados en columna 2 de la Tabla 101B, alinee el puntero 1, exactamente con el puntero del rotor mediante el generador de corriente alterna correspondiente.

Compruebe que la diferencia entre la frecuencia del generador y la frecuencia teórica dada en la columna 3 de la Tabla 101B no supere las tolerancias  $\Delta f$  dadas en la columna 5 de la tabla.

Repita el procedimiento anterior con el puntero II.

Realice las pruebas anteriores de nuevo para las otras tres velocidades que figuran en la columna 2 de la Tabla 101B.

g. Para realizar el chequeo del puntero de alineación el indicador triple permanece conectado y se realiza el siguiente procedimiento:

- Utilizando el generador de CA correspondiente, ajuste el puntero NR a la velocidad dada en la columna 2 de la Tabla 101C, es decir a 265 RPM o 100%.

- Ajustar los dos generadores de corriente alterna del puntero NTL al valor de frecuencia correspondiente a la velocidad anterior, es decir, 13,711.6 Hz para el indicador graduado en RPM o 13,710 Hz para el indicador graduado en porcentaje (%).
- Verifique que los dos punteros NTL se alinean con el puntero de velocidad de Rotor (NR).

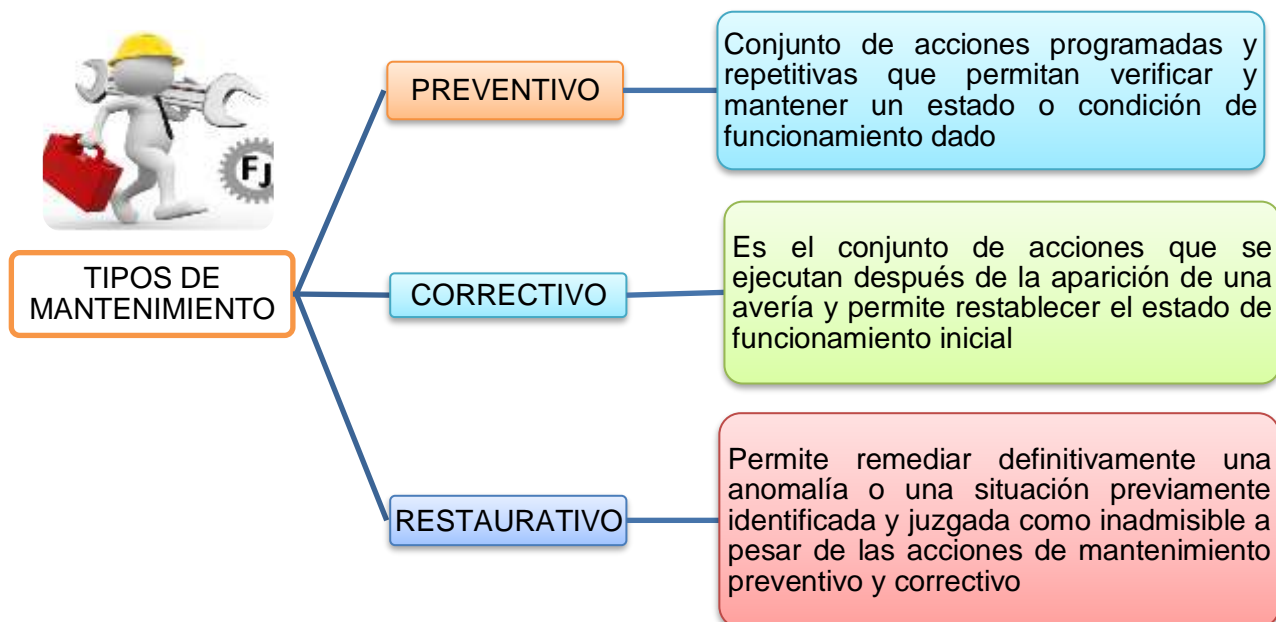
## **2.8 Tipos de Mantenimiento**

### **2.8.1 *Mantenimiento***

Es la actividad técnica que tiene por objetivo la preservación de las aeronaves y sus partes componentes (estructura, sistemas, planta propulsora, accesorios, instrumentos y equipos) para asegurar su estado operativo por el mayor tiempo posible, extendiendo al máximo su vida útil y brindando la máxima seguridad. (Manual de Mantenimiento)

Mediante el mantenimiento, se preverán o disminuirán los desgastes o roturas que puedan sufrir los materiales, realizándose las restauraciones y ejecutándose las modificaciones necesarias de acuerdo a las normas vigentes en los manuales y documentación técnica.

Cada aeronave se somete a un conjunto de revisiones con la periodicidad que recomienda el fabricante y que determina el Manual General Mantenimiento de la Brigada de Aviación del Ejército con la autorización de la autoridad correspondiente.



## 2.9 Equipos.

Conjunto de dispositivos eléctricos y electrónicos que permiten realizar y comprobar circuitos electrónicos para verificar su funcionamiento adecuado.

### 2.9.1 Generador de Señales

Un generador de señales es un dispositivo electrónico fabricado para generar señales eléctricas con características especiales, que son aplicables para analizar y comprobar sistemas electrónicos y poder realizar un análisis total de la respuesta del circuito puesto a prueba.

*Fundamentalmente los generadores de señal se elaboran a partir de un circuito oscilador que tiene la propiedad de producir una determinada forma de onda, cuya frecuencia se regula mediante un mando situado en su panel de control. Los generadores de señal también incorporan un dispositivo de medición de la frecuencia,*



*de tal forma que al manipular el mando de selección se pueda conocer la frecuencia de la señal obtenida en la salida. (Miguel, 2008)*

### **2.9.2 Fuente de Alimentación**

Para que los circuitos, equipos y sistemas funcionen correctamente hay que suministrarles energía eléctrica de tensión o corriente, y frecuencias específicas, y potencia suficiente. Los circuitos electrónicos que procesan o generan señales, deben alimentarse con una tensión continua estable, pues de lo contrario las fluctuaciones de la tensión de alimentación repercuten en mayor o menor grado en las señales de salida de los circuitos. (San Miguel, 2008).

### **2.9.3 Banco de Prueba**

Se puede definir como conjunto funcional de componentes experimentales de proyectos de gran importancia, aportan una forma de verificación precisa, coherente y oportuna de teorías científicas, elementos computacionales y otras nuevas tecnologías o que se adapten al avance de las mismas.

### **2.10 Medidas de seguridad.**

Conjunto de normas preestablecidas para precautelar la seguridad del personal frente a posibles incidentes que ocasionan en accidentes, son de vital importancia para la realización de trabajos en todo ámbito en especial en equipos sensibles a sufrir daños.

#### **2.10.1 En el Taller**

- Utilizar ropa adecuada de trabajo
- Utilizar brazalete antiestático
- Utilización de manuales
- Siempre contar con la supervisión de otra persona

- Respetar las normas de seguridad
- Utilizar equipo adecuado en el mantenimiento de sistemas electrónicos.

### **2.10.2 Banco de Prueba**

- Procedimiento de operación del banco de prueba
- Comprobar la polaridad de la fuente de alimentación
- Aislamiento del cableado

## CAPÍTULO III

### 3 DESARROLLO DEL TEMA

El presente proyecto de titulación tiene como finalidad solventar las necesidades del CEMAE-15 perteneciente a La Brigada de Aviación del Ejército N°15 “PAQUISHA”, al obtener una herramienta para la verificación del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B mediante la utilización de un banco de prueba, el cual servirá para realizar los trabajos de mantenimiento del mencionado indicador de la aeronave.

**TEMA:** IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DEL INDICADOR TRIPLE DE UN HELICÓPTERO SUPER PUMA AS-332B, DE LA BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 15 “PAQUISHA”.

**CAMPO:** Electrónica y Aviónica.

**BENEFICIARIOS:** Personal de técnicos del Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMAE-15.

**UBICACIÓN:** En la provincia de Pichincha, cantón Rumiñahui.

**INSTITUCIÓN EJECUTORA:** Unidad de Gestión de Tecnologías (ESPE\_L)

Una recopilación de información sobre el indicador triple permitió la realización del banco de pruebas, evidenciando las facilidades y complicaciones que representa realizar este tipo de trabajos, además apoyándose en los manuales de circuitos y diagramas eléctricos de la aeronave.

Para la recopilación de información de los datos, se procedió a solicitar la autorización al Supervisor de mantenimiento del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército CEMAE-15. Una vez aprobada la autorización se procedió a la recolección

de los datos técnicos, especificaciones, características de los equipos y herramientas con las que dispone la unidad, la cual carecía de un banco de pruebas para la verificación del indicador triple.

### **3.1 Preliminares**

El Centro de Mantenimiento “CEMAE-15”, perteneciente a La Brigada de Aviación del Ejército 15 BAE “Paquisha” tiene la responsabilidad de mantener en condiciones operativas las Aeronaves de ala rotativa que mantiene a su cargo, mediante el mantenimiento preventivo, correctivo y restaurativo de las mismas, es de vital importancia realizar las inspecciones en tiempos establecidos por el manual de mantenimiento.

Es así que en este capítulo se detallan los procedimientos utilizados en el ensamblaje del banco de pruebas para la verificación del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B, perteneciente a La Brigada de Aviación del Ejército N°15 “PAQUISHA”. Para la implementación se cumplió con los procedimientos establecidos en el manual de Instalación de los equipos a ser utilizados, tomando en cuenta las normas de seguridad como la utilización de equipos de protección personal, manipulación de dispositivos Eléctricos y Electrónicos, seguridad en Talleres y entre otros.

### **3.2 Simulación del circuito**

Para realizar la simulación del banco de pruebas del indicador triple se necesita de la utilización de varios equipos que se mencionan a continuación:

El generador de funciones es un equipo capaz de generar señales variables en el dominio del tiempo para ser aplicadas posteriormente sobre el circuito bajo prueba (Enciclopedia Electrónica, 2015).

Para la realización del banco de pruebas del indicador triple se requiere un generador de señales que genere de 0 a 20 MHz de frecuencia, con un tipo de onda cuadrada y un voltaje  $V_{pp}$  de 4V, según el manual de mantenimiento del indicador triple.

La onda cuadrada es la onda generada por la corriente alterna, una onda cuadrada cambia su valor entre dos valores extremos, sin pasar por los valores intermedios.

## ARDUINO UNO

Tarjeta Arduino es una plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es un dispositivo que conecta el mundo físico con el mundo virtual, o el mundo analógico con el digital. En la tabla 9, se detalla las principales características del Arduino Uno.

**Tabla 9**

*Especificaciones Técnicas de Arduino Uno.*

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RANGO</b>
Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RANGO</b>
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines de E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de E / S digitales PWM	6 6
Pines de entrada analógica	6 6
Corriente CC por pin de E / S	20 mA
Corriente CC para Pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0.5 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 megaciclos
LED_BUILTIN	13
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

Nota: Recuperado de [Arduino.com](http://Arduino.com)

Su tamaño es de 74x53 mm. Se programa mediante una conexión USB que también se usa para alimentar a 5V. Existe la posibilidad de usar la alimentación

externa, que ha de ser de 9V. Posee 14 pines de E/S digital (6 de las cuales pueden ser usadas como PWM) y 6 pines analógicos. Lo cual da la oportunidad de alimentar el circuito con dos voltajes distintos, 5V o bien 3,3V (Noble J., 2009).

Para la lectura de las señales de frecuencia de entrada en el indicador triple se implementó un frecuencímetro digital, utilizando la plataforma de Arduino Uno. La programación se realizó en el software de Arduino en si lo que realiza la programación del Arduino es la lectura en el puerto digital 2 del Arduino; que permite la lectura de los datos en el puerto digital 2. La lectura se basa de acuerdo al tiempo de conteo en alto y en bajo de la señal de frecuencia, esto gracias a las interrupciones que se pueden realizar en este microcontrolador, para el cambio de estado se utilizó dos pulsadores en conexión pull up.

La programación se estructuró por casos, para poder ingresar en un menú y poder realizar varias aplicaciones en el circuito como la medición de frecuencia y lectura de voltaje en el pin analógico A0. La programación del frecuencímetro se detalla en los anexos y la parte física del Arduino se puede apreciar en la Figura 33.

**Figura 33**

*Arduino Uno Parte Física*

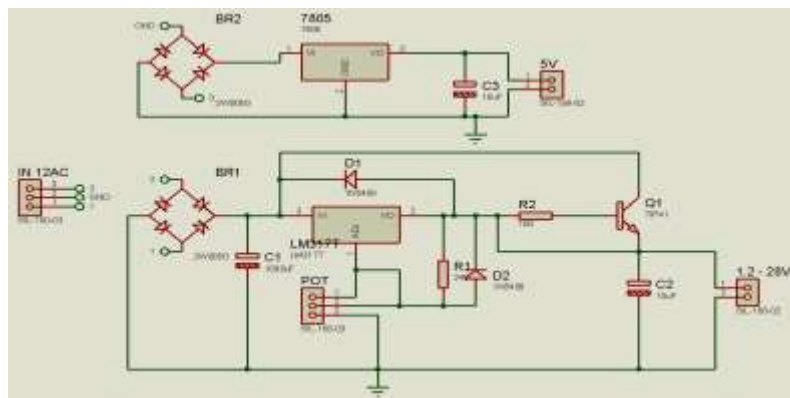


Nota. El gráfico representa la parte física del Arduino uno (Arduino, 2020)

Para realizar la verificación del indicador triple se requiere de una fuente de alimentación de 28VCC, la misma que se implementó de acuerdo al voltaje y corriente de consumo del indicador triple, tanto para el chequeo de luces, banderola y funcionamiento del indicador triple de la aeronave.

**Figura 34**

*Diagrama de Fuente Voltaje Reglable de 1.2 -28vcc*

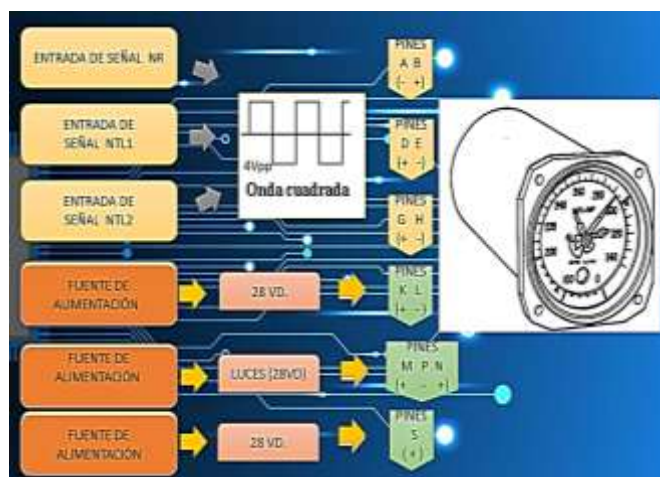




Para realizar la comprobación se elaboró un diagrama funcional que además permitió realizar las conexiones necesarias. En la Figura 35, se detalla los pines de conexión del indicador triple del helicóptero Super Puma AS 332B.

**Figura 35**

*Diagrama de Bloques Funcionamiento Indicador Triple.*



Nota: En la figura se detalla los pines de conexión del indicador triple, de acuerdo a su diagrama de conexión considerando la polaridad para su correcto funcionamiento.

### 3.3 Implementación y Pruebas del Circuito.

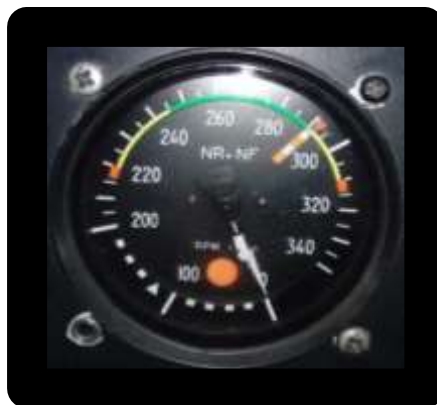
Para realizar las respectivas pruebas del indicador triple es importante conocer los rangos de trabajos basados en un código de colores de acuerdo a su funcionamiento. En la tabla 10, se detalla el rango de operaciones del indicador triple del helicóptero Super Puma.

**Tabla 10**

*Rango de Operación Indicador Triple Rpm-Porcentaje (%).*

SEÑALÉTICA	VELOCIDAD	PORCENTAJE
Triángulo blanco	120 rpm	45%

Trazo rojo	220 rpm	83%
Arco amarillo	220 a 245 rpm	83 – 92.5 %
Arco verde	245 a 290 rpm	92.5a 109.5%
Arco rojo	290 a 310 rpm	109.5 – 117 %
Trazo rojo	310 rpm	117 %
Triángulo rojo (NTL.MAX) prolongado por un trazo rayado rojo y blanco	292 rpm	110 %



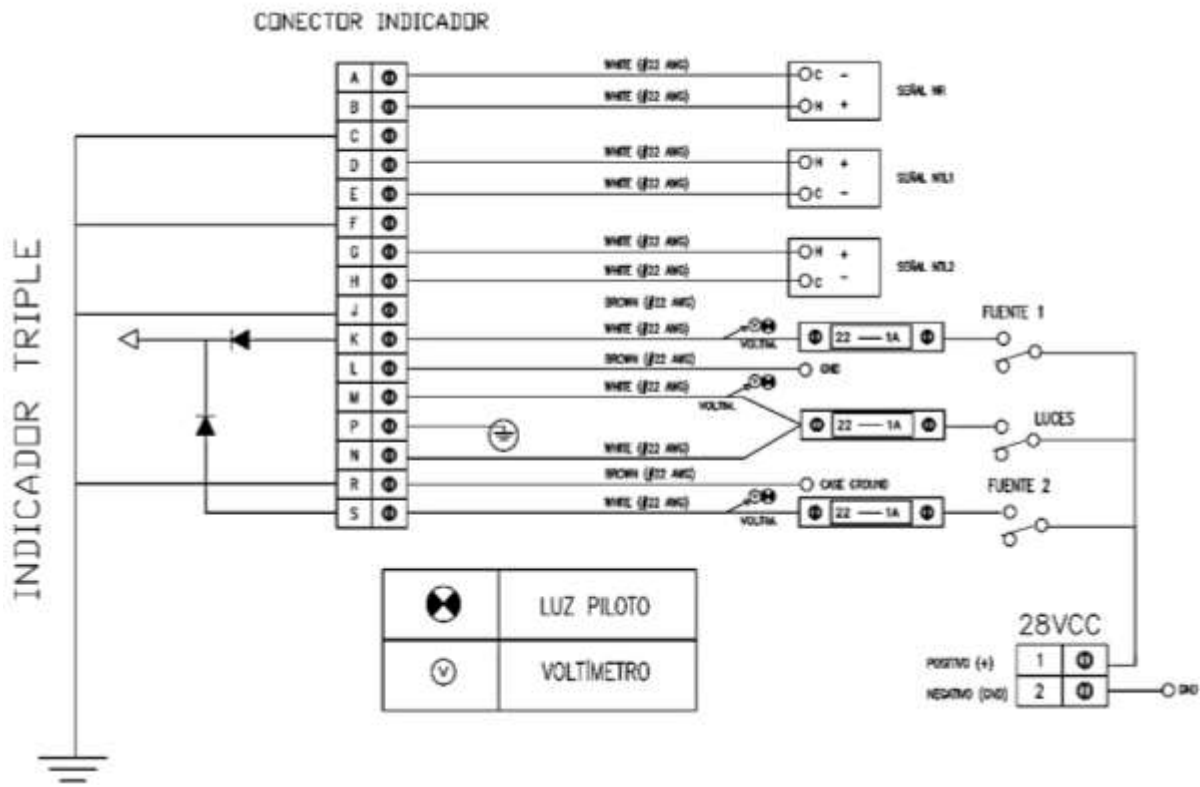
Nota: Recuperado del Manual de vuelo del helicóptero Super Puma (Eurocopter).

### 3.4 Análisis de Ondas

Para la realización del análisis de ondas es necesario la implementación del arnés eléctrico del banco de pruebas, la comprobación del arnés eléctrico se realizó con un test de continuidad verificando que no exista anomalías en el cableado eléctrico antes de su montaje con el indicador triple. En la Figura 36, 37 y 38 se puede apreciar el diagrama de conexión del arnés eléctrico del indicador triple.

#### Figura 36

*Diagrama de Conexión de Arnés Eléctrico del Banco de Pruebas.*



**Figura 37**

*Elaboración del Arnés Eléctrico del Indicador Triple*



**Figura 38**

*Arnés Eléctrico del Indicador Triple*



A continuación, se detallan los equipos y materiales que fueron utilizados en el ensamble del banco de pruebas. En la tabla 11, 12 y 13 se especifican los principales equipos, herramientas y materiales necesarios para la elaboración del banco de pruebas del indicador triple.

**Tabla 11**

*Equipos*

ORD.	DESCRIPCIÓN	N.P	CANTIDAD
1	INDICADOR TACOMÉTRICO	61474-108-2	1
2	GENERADOR DE SEÑALES		1

**Tabla 12**

*Herramientas*

ORD	DESCRIPCIÓN	P/N	CANTIDAD
1	Multímetro	N/A	N/A
2	Cripping tools	M22520/2-01	S25810
3	Pelacables” Wire Strippers”		

		N/A	N/A
4	Estación de suelda		
		N/A	N/A
5	Pistola térmica	HG2310 LCD	N/A

**Tabla 13***Materiales*

	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>N/P</b>	<b>CANTIDAD</b>
	Interruptor de circuito 3A	4001-004-3	1
	Interruptor de circuito 2A	7274-2-2	1
	Interruptor de circuito 5A	7274-2-5	1
	Interruptor de circuito 3A	7274-2-3	1
	Voltímetro digital	S/N	1
	Pulsador	S/N	2
	Interruptor 28V-6 <sup>a</sup>	S/N	1
	Abrazadera	A0021-2	2
	Cable AWG #20	M22759/16-20-9	32.9ft(10m)
	Alambre para soldar 0.03"	SW640-31-0.5	5 metros

DESCRIPCIÓN	N/P	CANTIDAD
Pasta para soldar	N/A	1 unidad
Estilete	N/A	1
Terminales de ojo	MS25036-149	35
Amarres plásticos 3.6x150mm	N/A	100pcs
Transformador de 24VAC	N/A	1
Puente de diodos	N/A	2
Potenciómetro	N/A	2
Capacitores	N/A	4
Tip 42	N/A	1
Diodos	1N5408	2
Resistencias	N/A	3
Arduino uno	N/A	1
LCD 16X2	N/A	1
Lm350K	N/A	1
Disipador de calor	N/A	1

### **3.4.1 Descripción del Banco de Pruebas**

El banco de pruebas para la verificación del indicador tacométrico triple de las señales de NR+NTL1+NTL2 consta de una fuente de alimentación de 28VCD, un voltímetro conectado en paralelo a la entrada de 28vcd para suministrar el voltaje de

acuerdo al manual de mantenimiento, un interruptor principal el cual permite el paso de la corriente a la barra de positivos y negativos energizando el resto del sistema eléctrico, también cuenta con interruptores de circuito de protección de los equipos los mismo que al sobrepasarse la corriente de funcionamiento se activan cortando el paso de la corriente eléctrica, cuenta con una circuito electrónico medidor de frecuencia mediante el cual se puede recopilar la señal del generador de señales para ingresar a un microcontrolador (Arduino), para posterior visualizar en un LCDs de 16x2, cuenta con una perilla selectora de tres posiciones para suministrar la frecuencia correspondiente al indicador triple(NR,NTL1 Y NTL2), cuenta con led indicadores para conocer cuando se encuentran activados los interruptores del panel de control del banco de pruebas.

### **3.5 Implementación de Placa**

En una fuente de alimentación se realizan diferentes cálculos para conocer teóricamente el diseño y las aplicaciones en las cuales se va a emplear la fuente, es así que con la siguiente ecuación (1), se conoce el porcentaje de control de regulación de voltaje que se obtendrá con voltajes en carga y sin carga determinando su factibilidad de uso.

$$\%V. R = (VNL - VFL) / VFL * 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

%V. R: Voltaje de regulación

VNL: Sin carga voltaje

VFL: con carga voltaje

#### **3.5.1 Fórmula del Transformador**

Para determinar el voltaje de salida de un transformador se utiliza la ecuación (2), que determina la relación al voltaje de entrada, (devanado del bobinado primario) y

voltaje de salida (bobinado secundario) y el número de vueltas de cada uno de los devanados. Esta relación, se encuentra diseñada, por defecto según el fabricante y permiten aplicar un voltaje a la entrada del transformador de 110 VAC o 220VAC, según se requiera.

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N2}{N1} \quad (\text{Ecuación 2})$$

V1 y V2 son las tensiones (expresadas en voltios) de entrada y salida respectivamente.

N1 representa la cantidad de espiras del enrollado primario.

N2 representa la cantidad de espiras del enrollado secundario.

### **3.5.2 Puente Rectificadores de Diodos**

Para construir una fuente de alimentación de 12V y 1A en el secundario, se necesita un puente rectificador de 4 diodos que soporte al menos 1 amperio y a la salida entregue 12V. De acuerdo a lo que establecen las normas siempre se debe dejar un margen de al menos un 30%, lo que quiere decir que se requiere un puente de 1,3A y 15,6V. Como estos valores no se encuentran en el mercado, se consideran los valores estandarizados, seleccionando los que se aproximan a su inmediato superior que serían diodos de 1,5A y de 100V.

### **3.5.3 Filtro**

Un filtro constituye la tercera etapa de una fuente de alimentación, cuya función es “alizar” la señal rectificada y eliminar las variaciones por una señal que permanezca constante en el tiempo, para ello utiliza un capacitor, cuya ecuación de carga está dada por la siguiente formula.

$$C = \frac{Q}{V_{max}-V_{min}} = \frac{I_{max}T}{V_{max}-V_{min}} \quad (\text{Ecuación 3})$$



V<sub>max</sub>: Es el valor máximo de la tensión de entrada que equivale al valor de pico del secundario del transformador (V<sub>pp</sub>).

V<sub>min</sub>: Tensión mínima que queremos que tenga la tensión de entrada y que determina el rizado de la fuente.

I<sub>max</sub>: Intensidad máxima en el secundario.

T: Periodo de la señal de la red, para 60Hz y rectificador de onda completa son 8,33ms. En media onda sería 16,66 ms.

C: Capacidad del condensador de filtro en faradios.

$$Fr = \frac{V_{AC}}{2 \cdot \sqrt{2} \cdot V_{DC}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

### 3.5.4 Regulador de Voltaje Ajustable

Para la realización de la fuente de alimentación es necesario un regulador de voltaje acorde a las necesidades de salida que desee el usuario para lo cual se utiliza el regulador LM317, que regula a su salida una fuente variable de 1,25V a 28V continuos. La ecuación que permite determinar el voltaje de salida del regulador se indica en la ecuación:

$$V_o = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_{ajus} R_2 \quad (\text{Ecuación 5})$$

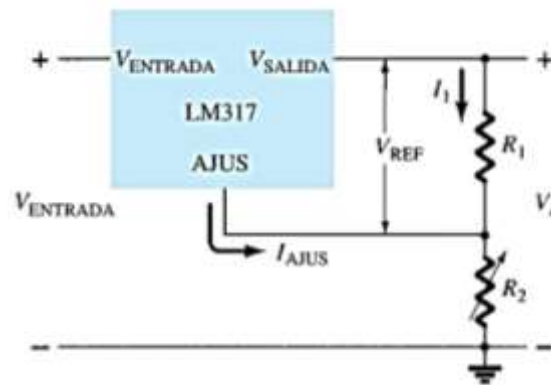
LM317 valores típicos de circuito integrado de:

$$V_{ref} = 1.25V \quad \text{y} \quad I_{ajus} = 100\mu A$$

En la figura 39, se detalla el diagrama de conexión del regulador de voltaje LM317.

**Figura 39**

Conexión de un Regulador de Voltaje Ajustable Lm317



Nota. El gráfico representa el diagrama de conexión del regulador de voltaje ajustable.

Tomado del libro de Boylestad (792) por THALES. (BOILESTAD, 2009)

A continuación, se presentan los cálculos utilizados para para la elaboración de fuente regulada.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_{efic} = 30V$$

$$V_p = V_{efic} \cdot \sqrt{2} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$V_p = 30V \cdot \sqrt{2}$$

$$V_p = 42,42V$$

$$V_{m\acute{a}x} = (42,42 - 1,4) V$$

$$V_{m\acute{a}x} = 41V$$

$$V_{min} = V_{m\acute{a}x} - V_{ppr} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$V_{min}=41 - 4,1V$$

$$V_{min}=36,9V$$

Voltaje de Rizo Pico

$$V_{ppr}=10\%V_{m\acute{a}x} \text{ (Ecuaci3n 8)}$$

$$V_{ppr}=4,1V$$

La diferencia entre tensiones en la entrada y salida debe ser igual a los 3V.

$$V_{out}= V_{in} - 3V \text{ (Ecuaci3n 9)}$$

$$V_{out}= (36,9 - 3) V$$

$$V_{out}=33,9V$$

Capacitor para eliminar el rizado

$$f= (2*f) = 2(60) = 120Hz \text{ (Ecuaci3n 10)}$$

$$C=\frac{10*I}{f*(Vp-1.4)}$$

$$C=\frac{10*(1A)}{120*(Vp-1.4)}$$

$$C=2555,2\mu F$$

Para conocer el voltaje del capacitor

$$V_{cap}= V_p * 2 \text{ (Ecuaci3n 11)}$$

$$V_{cap}= (42,42 * 2) V$$

$$V_{cap}= 84,84V$$

Los materiales electr3nicos para el desarrollo de la fuente alimentaci3n se detallan en la

Tabla 14.

#### **Tabla 14**

*Materiales en la Implementaci3n Fuente de Alimentaci3n.*

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Regulador de 30VAc	1
Puente de Diodos de 3A	1
Diodo 1n5408	2
Capacitor electrolítico 3300uF	1
Capacitor electrolítico 10uF	1
Regulador encapsulado lm317	1
Resistencias (220Ω. 100 Ω, 10kΩ)	1
Potenciómetro de 5KΩ	1

En la hoja de datos del LM317 se recomienda colocar un capacitor de 100nF en la entrada y un capacitor de 1uF a la salida para mejor respuesta transitoria. Así mismo establece un voltaje de referencia  $V_{R1} = 1,25V$  y  $I_{adj} = 50\mu A$ . Con estas especificaciones se procede a determinar el valor de  $R_2$  para un voltaje de salida de 26V.

$$V_{out} = V_{R1} + V_{R2} \text{ (Ecuación 12)}$$

$$R_1 = 240\Omega$$

$$I_{R1} = \frac{1,25V}{240\Omega} = 5mA$$

$$I_{R2} = I_{R1} + I_{adj} \frac{V_{out} - 1,25}{R_2} = \frac{1,25V}{R_1} + I_{adj} \text{ (Ecuación 13)}$$

$$V_{out} = 1,25 * \frac{1}{R_2 + R_1} + I_{adj} * R_2$$

$I_{adj} = 50\mu A$  se desprecia

$$V_{out} = 1,25 * (1 + \frac{R_2}{R_1}) \text{ (Ecuación 14)}$$

$$\frac{R2}{R1} = \left( \frac{V_{out}}{1.25} \right) - 1$$

$$V_{out} = 26V$$

$$R1 = 240\Omega$$

$$R2 = (240) * ((26/1.25) - 1) \text{ (Ecuación 15)}$$

$$R2 = 4.75K\Omega$$

Como no se puede encontrar en el mercado una resistencia con este valor se considera usar un potenciómetro comercial 5K $\Omega$  y fijar en el valor determinado.

Se realizó el diseño de la fuente de voltaje en el software Proteus (PCB), para posterior, realizar la implementación de la misma, una vez realizado el diseño de la misma, se verificó las conexiones de las pistas a fin de evitar errores en la ejecución del circuito de la placa. En la Figura 40 y 41, se puede apreciar el diseño del circuito electrónico de la fuente.

#### **Figura 40**

*Diagrama Fuente Variable PCB*

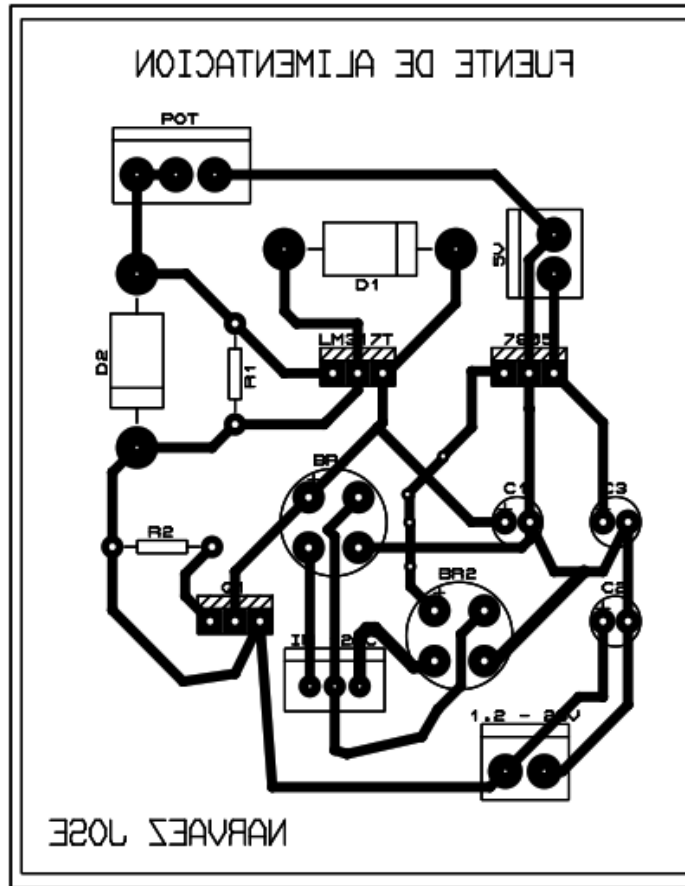


Figura 41

Fuente Variable en 3D



### 3.6 Implementación de Módulo

Los pasos que se siguieron en el ensamblaje del banco de pruebas para la verificación del indicador triple fueron los siguientes:

- Orden de trabajo.
- Revisión de planos.
- Procedimientos de ensamblaje de la estructura del banco de pruebas.
- Revisión de diagramas de conexión.
- Conexión del cableado de los componentes eléctricos.
- Pruebas de funcionamiento

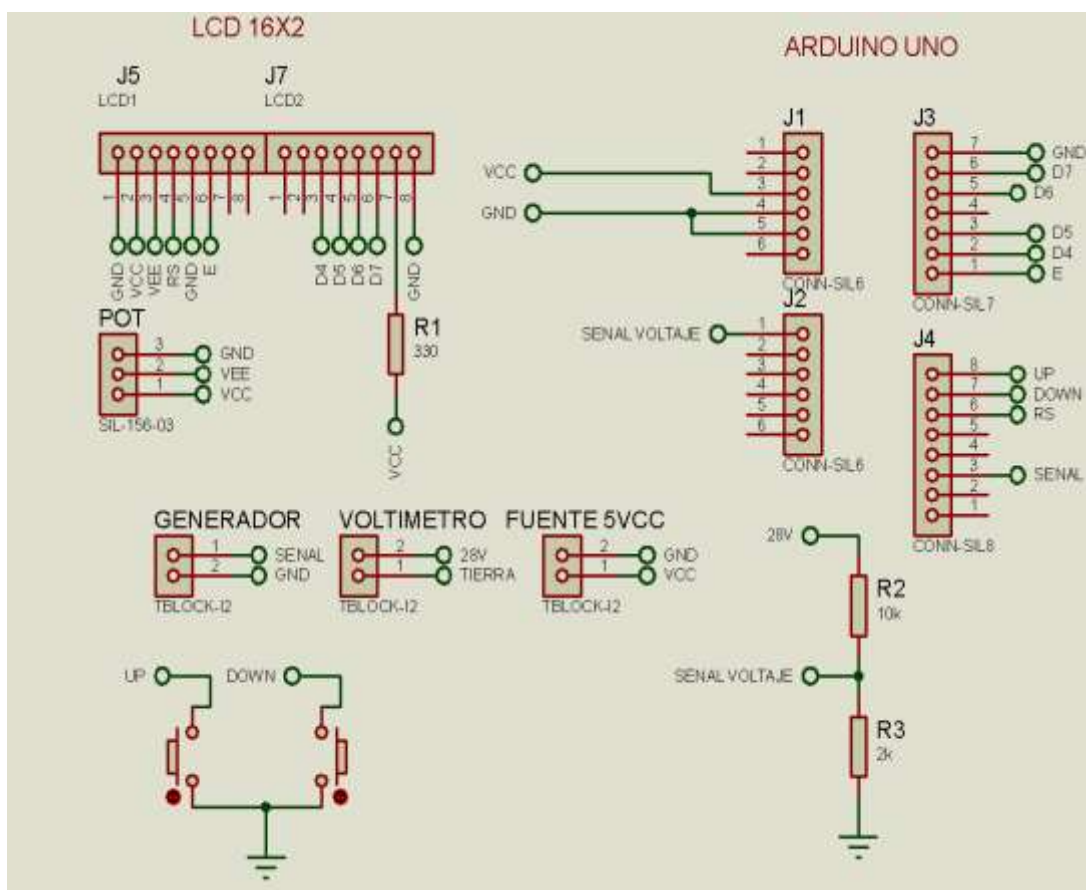
### 3.7 Montaje y Conexión de Todos los Elementos Electrónicos

Una vez que se realizaron las respectivas simulaciones se procede al montaje de los diferentes elementos electrónicos, necesarios para el del banco de pruebas tal cual

como se puede dar a conocer en las Figuras 42, 43 y 44 en las cuales se puede apreciar el circuito y componentes electrónicos necesarios para la implementación del banco de pruebas del indicador triple.

**Figura 42**

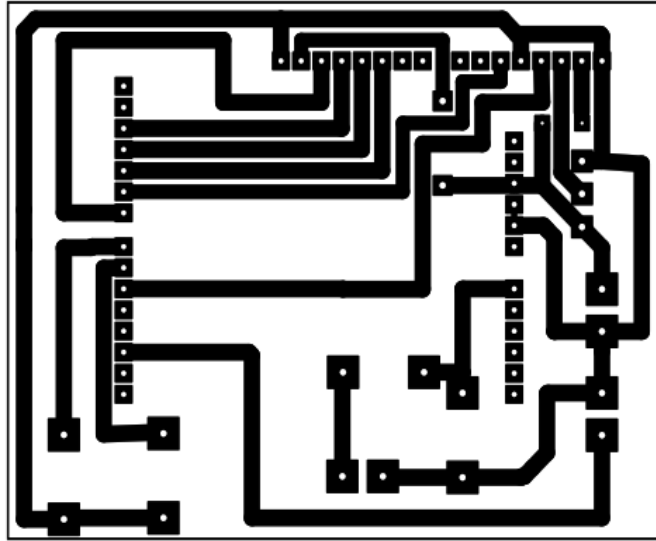
*Diagrama de Bloques del Frecuencímetro y Medidor de Voltaje*



**Figura 43**

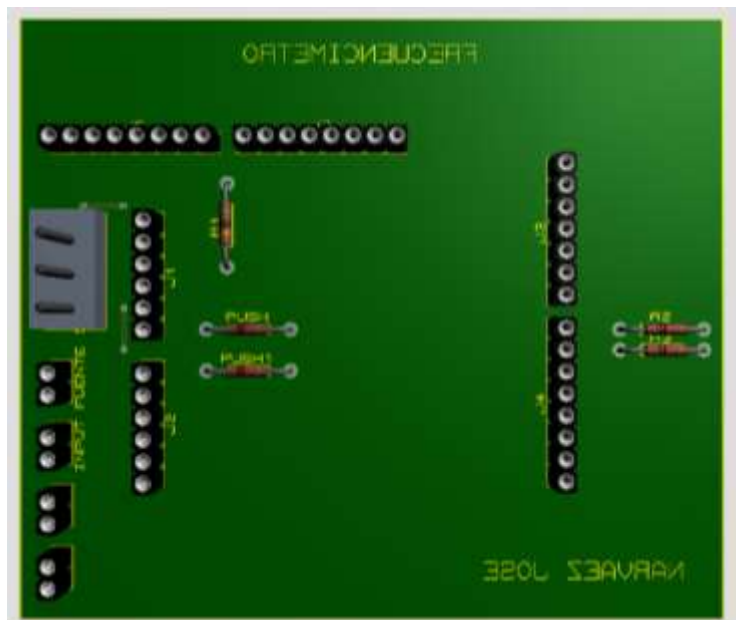
*Diagrama Pcb del Circuito Medidor de Frecuencia.*





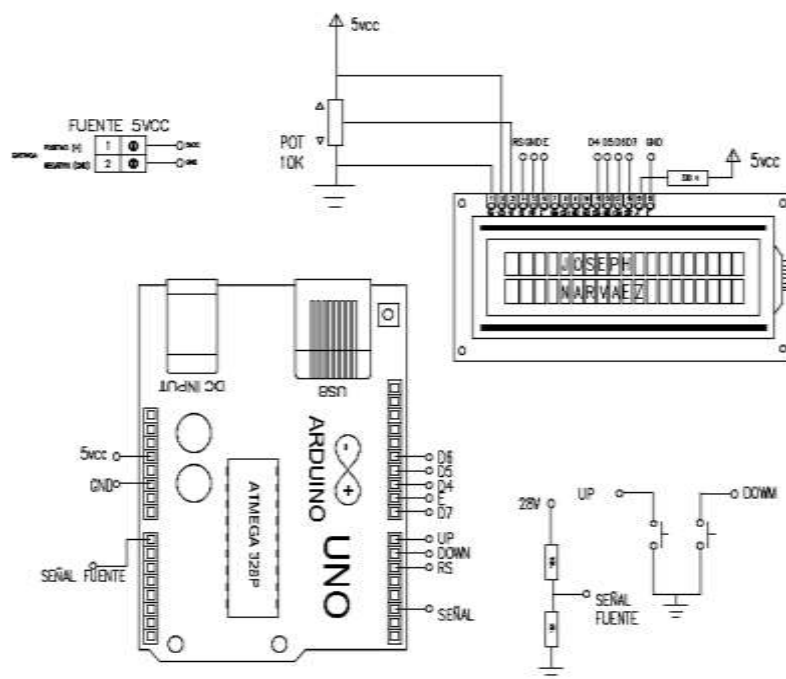
**Figura 44**

*Diagrama 3D del Medidor de Frecuencia*



**Figura 45**

*Diagrama de Conexión del Frecuencímetro y Medidor de Voltaje*



**Figura 46**

*Modelo de Banco de Pruebas del Indicador Triple*



### 3.8 Pruebas para posibles correcciones de fallos

Para verificar el funcionamiento del banco de pruebas, se realizó el chequeo de las conexiones eléctricas en base al manual de mantenimiento del equipo, para lo cual se recibió asesoramiento por parte del personal técnico del centro de mantenimiento de

la Aviación del Ejército, para el chequeo del funcionamiento del indicador triple es necesario una fuente de voltaje directo, arnés eléctrico y un generador de señales. En las Figuras 44, 45 y 46 se puede apreciar la verificación del instrumento acorde al manual de mantenimiento.

### **Figura 47**

*Conexión de Cableado para Chequeo del Instrumento*



Nota: En base al manual de mantenimiento del indicador triple se realizó las conexiones de su fuente de alimentación y entrada de señal del generador de señales acorde al diagrama eléctrico del fabricante.

### **Figura 48**

*Chequeo de NR a su Máxima Frecuencia 226.7 Hz*



Nota: En la imagen se puede identificar el funcionamiento de NR a su frecuencia máxima 226.7 Hz, obteniendo una marcación de 340 Rpm de acuerdo al manual de mantenimiento se encuentra en condiciones adecuadas.

#### **Figura 49**

*Chequeo de NTL1 a su Máxima Frecuencia 17592 Hz*



Nota: En la imagen se puede apreciar que el indicador de NTL1 con una frecuencia de 17592 Hz nos da una marcación de 340 Rpm, verificando en el manual de mantenimiento la marcación está acorde a las limitaciones del fabricante.

### **3.9 Manual de Operación del Banco de Pruebas**

Antes de realizar el chequeo del indicador triple es necesario seguir los siguientes procedimientos de seguridad:

- El banco está diseñado para trabajar con corriente alterna de 110 VAC.

- Antes de conectar el banco de pruebas a 110VAC verifique que todos los selectores del banco estén en OFF.
- Conecte el banco de pruebas a 110VAC y seleccione el switch de encendido del banco de pruebas.
- Se encenderá una luz piloto indicando que el banco se encuentra energizado.
- La pantalla del LCDs de 16x2 se encenderá cuando se energice el banco de pruebas mostrando un mensaje (BANCO DE PRUEBAS INDICADOR TRIPLE).
- Seleccionar el switch de Fuente 1 en la posición ON.
- Con el potenciómetro fijamos la fuente de alimentación en 28VCC ya que el banco de pruebas cuenta con una fuente de voltaje variable interna.
- Conectar el indicador triple en el conector del banco de pruebas.
- Cuando es energizado el indicador triple una banderola de color tomate se oculta indicando que el instrumento está alimentado, cabe recalcar que no se debe exceder de 28Vcc para alimentar del indicador.
- Realizar el test del indicador en el banco de pruebas, dos pulsadores (UP - DOWN) bajo el LCDs de 16x2, permiten ingresar en un menú de opciones para el chequeo del instrumento (NR, NTL, VOLTAJE DE FUENTE).

#### TEST EN NR

- Encender el generador de funciones y realizar las siguientes configuraciones:  
FUNCTION: Cuadrada  
AMPLITUD: 4Vpp  
FRECUENCIA: No mayor a 60Hz
- En el banco de pruebas se encuentra un selector de tres posiciones (NR, NTL1 y NTL2), seleccionar la posición **NR** antes de conectar el generador de señales.

- Conectar la salida del generador a la entrada del banco de pruebas (**ENTRADA GENERADOR DE SEÑALES**) respetando la polaridad.
- Seleccionar en el LCDs el menú NR.
- La aguja de NR con una frecuencia  $\leq 60\text{Hz}$  ya se ha desplazado de la posición 0 Rpm, verificar que el indicador esté recibiendo la señal del generador de señales.
- Se procede a realizar el chequeo de NR de acuerdo a la **Tabla 6**, no se debe exceder de la frecuencia máxima para el test de NR (Frecuencia máxima 226.7Hz)

#### TEST EN NTL1

- Encender el generador de funciones y realizar las siguientes configuraciones:  
FUNCTION: Cuadrada  
AMPLITUD: 4Vpp  
FRECUENCIA: No mayor a 1KHz
- En el banco de pruebas se encuentra un selector de tres posiciones (NR, NTL1 y NTL2), seleccionar la posición **NTL1** antes de conectar el generador de señales.
- Conectar la salida del generador a la entrada del banco de pruebas (**ENTRADA GENERADOR DE SEÑALES**) respetando la polaridad.
- Seleccionar en el LCDs el menú NTL
- La aguja de NTL1 con una frecuencia  $\leq 1\text{KHz}$  ya se ha desplazado de la posición 0 Rpm, verificar que el indicador está recibiendo la señal del generador de señales.

- Se procede a realizar el chequeo de NR de acuerdo a la **Tabla 6**, no se debe exceder de la frecuencia máxima para el test de NTL1 (Frecuencia máxima 17,592.3 Hz)

### TEST EN NTL2

- Encender el generador de funciones y realizar las siguientes configuraciones:  
FUNCTION: Cuadrada  
AMPLITUD: 4Vpp  
FRECUENCIA: No mayor a 1KHz
- En el banco de pruebas se encuentra un selector de tres posiciones (NR, NTL1 y NTL2), seleccionar la posición **NTL2** antes de conectar el generador de señales.
- Conectar la salida del generador a la entrada del banco de pruebas (**ENTRADA GENERADOR DE SEÑALES**) respetando la polaridad.
- Seleccionamos en el LCDs el menú NTL
- La aguja de NTL2 con una frecuencia  $\leq$ KHz ya se ha desplazado de la posición 0 Rpm, verificar que el indicador está recibiendo la señal del generador de señales.
- Se procede a realizar el chequeo de NR de acuerdo a la **Tabla 6**, no se debe exceder de la frecuencia máxima para el test de NTL2 (Frecuencia máxima 17,592.3 Hz).

### TEST FUENTE DE VOLTAJE

- Seleccionar el menú en el LCDs **FUENTE DE VOLTAJE** se puede visualizar el voltaje de la fuente de alimentación del indicador triple.

**TEST DE LUCES**

- El banco de pruebas cuenta con dos selectores de luces, seleccionar el selector de **LUCES 1** en ON y verificar la iluminación del indicador, este indicador cuenta con una fuente de emergencia en caso de fallo de la Fuente 1 seleccionar el switch de **LUCES 2** en ON y verificar la iluminación del instrumento.

**TEST FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA**

- El banco de pruebas cuenta con un switch de **FUENTE 2** para simular la alimentación del indicador triple en caso de emergencia.



## CAPÍTULO IV

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- El Banco de prueba realizado cubre una de las necesidades existentes en el taller de Aviónica del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército CEMAE-15, el cual servirá para la verificación del indicador triple de NR, NTL1 Y NTL2.
- Mediante la investigación realizada y según los criterios de ponderación se pudo determinar que el banco de pruebas ensamblado en esta monografía fue el más óptimo en relación a otros bancos.
- Con el trabajo realizado en el indicador triple perteneciente al helicóptero Super Puma As 332B, se determinó que el banco de pruebas se encuentra en perfectas condiciones y está en capacidad de verificar el indicador triple de una forma óptima y adecuada a los criterios de los manuales de mantenimiento del indicador.

#### 4.2 Recomendaciones

- No se debe sobrepasar las frecuencias máximas en NR, NTL1 Y NTL2 en vista que pueden causar daños en los circuitos internos del instrumento, por cuestiones de seguridad antes de suministrar la frecuencia es necesario verificar en la tabla de test del indicador triple para minimizar posibles errores.
- Al momento de operar el banco de pruebas se debe tener en cuenta el voltaje de entrada de alimentación, no debe sobrepasar 28VCD ya que es el voltaje al cual trabaja el indicador según el manual de mantenimiento del fabricante.
- Para mantener el banco de pruebas en perfectas condiciones se debe revisar el manual de operación del mismo para precautelar su efectividad y nivel de operatividad.

### 4.3 Abreviaturas

- AUX: Auxiliar.
- AWG: American Wire Gauge (Calibres de Alambres Estadounidense)
- A: Amperios
- BAE: Brigada de Aviación del Ejército.
- B.T.P: Caja de Transmisión Principal
- B.T.A: Caja de Transmisión Trasera
- B.T.I.: Caja de transmisión intermedia
- C.A: Corriente Alterna
- C.C: Corriente Continua
- CEMAE: Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército.
- ETAE: Escuela Técnica de Aviación del Ejército.
- Hz: Hertz
- LCD: Pantalla de cristal líquido.
- TSO: Orden Técnica Estándar.
- mA: Miliamperios
- MIL-C-675A: Especificaciones Militares: Revestimiento de Elementos Ópticos de Vidrio (Anti reflexión).
- NR: revoluciones de rotor
- NTL1: Velocidad de Turbina Libre 1
- NTL2: Velocidad de Turbina Libre 2
- RPM: Revoluciones por minutos
- RMS: Valor Cuadrático Medio
- RMI: Indicador Radio Magnético
- T: Periodo

- Tr/min: (tour par minute en Frances) Revoluciones por minuto
- VCC: Voltaje de Corriente Continua
- VAC: Voltaje de Corriente Alterna
- VOR: Very Onmidirectional Range
- VNE: Velocidad a no exceder

#### 4.4 Glosario

##### A

- **Aeronave:** Es toda máquina que puede desplazarse en la atmosfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.
- **Arduino:** Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.
- **Aeronaves de ala fija:** Aseguran la sustentación por acción dinámica del aire sobre unos planos fijos.
- **Aeronaves de ala rotatoria:** Que disponen de palas giratorias que actúan como alas proporcionando la sustentación.

##### B

- **Banco de pruebas:** una plataforma para la experimentación de proyectos de gran desarrollo, brindan una forma de comprobación rigurosa, transparente y repetible de

teorías científicas, elementos computacionales y otras nuevas tecnologías o que se adapten al avance de las mismas.

## E

- **Ensamblar:** Se aplica a piezas o componentes de una estructura que se van encajando unas con otras, teniendo una de ellas una parte saliente que se introduce en la otra que posee una hendidura.
- **EEPROM:** Es un segmento de memoria separado, que no pertenece a la memoria de programa (ROM), tampoco a la memoria de datos (RAM).

## H

- **Helicóptero:** Que sostiene por una hélice de gran diámetro, que actúa como una ala y se acciona por un motor.

## I

- **Infraestructura:** Se denomina así aquella realización humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería Civil, Urbanista que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades.

## L

- **Longitud:** Dimensión de una línea o de un cuerpo considerando su extensión en línea recta.

## M

- **Mantenimiento:** Todas las acciones que tienen como objetivo preservar un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida.

- **Misión:** Trabajo, función o encargo que una persona debe cumplir.

**O**

- **Operatividad:** Capacidad para funcionar o estar en activo.

**T**

- **Tripulación:** Conjunto de personas que se encargan de conducir o manejar un barco, un avión o una nave espacial.

**V**

- **Voltímetro:** Es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boilestad, R. (2009). *Electrónica Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. España: Pearson Education.
- EUROCOPTER. (2013). *Manual de Instrucción Super Puma AS-332B*. Francia.
- EUROCOPTER. (2013). *Manual de Mantenimiento Super Puma AS-332B*. Francia.
- Guerrero, A. (2016). *Implementación de un Banco de Comprobación mediante las unidades de Potencia en Tierra para los Arrancadores-Generadores de los Aviones pertenecientes al Grupo Aéreo 44 "Pastaza". (Tesis de Tecnología). Unidad de Gestión de Tecnologías-Espe, Latacunga.*
- NOBLE, J. (2012). *PROGRAMMING INTERACTIVITY A Designer's Guide to Processing, Arduino, and openFrameworks*. O'REILLY.
- San Miguel. (2008). *Electrónica General*. España: Paraninfo.
- Villalba Yerovi, J. (1986). *La aviación del Ejército y su participación en la seguridad y desarrollo nacional. Trabajo de Investigación Individual del XIII Curso Superior de Seguridad Nacional y Desarrollo*. IAEN, Quito. Recuperado el 12 de junio de 2020, de *Repositorio Digital IAEN*. Obtenido de <http://repositorio.iaen.edu.ec/handle/24000/4312>

# **ANEXOS**