



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN
AUTOMATIZADO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA TARJETA DE
CONTROL DEL MÓDULO AMPLIFICADOR DE POTENCIA DEL
RADAR LTR 20 PERTENECIENTE AL SISTEMA DE DEFENSA AÉREA DE
LA FAE.”

AUTORES: CUENCA RENTERÍA, DIEGO ANDRÉS
PACHACAMA ESPINOSA, ALEX RAMIRO

DIRECTOR: ING. ORTIZ TULCÁN, HUGO RAMIRO

SANGOLQUÍ
2020



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA TARJETA DE CONTROL DEL MÓDULO AMPLIFICADOR DE POTENCIA DEL RADAR LTR 20 PERTENECIENTE AL SISTEMA DE DEFENSA AÉREA DE LA FAE.", fue realizado por los señores *Cuenca Rentería, Diego Andrés y Pachacama Espinosa, Alex Ramiro* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente

Sangolquí, 10 de enero del 2020

Firma.

Ing. Hugo Ramiro Ortiz Tulcán

CC: 1707721591



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, *Cuenca Rentería, Diego Andrés y Pachacama Espinosa, Alex Ramiro* declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA TARJETA DE CONTROL DEL MÓDULO AMPLIFICADOR DE POTENCIA DEL RADAR LTR 20 PERTENECIENTE AL SISTEMA DE DEFENSA AÉREA DE LA FAE.", es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 10 de enero del 2020

Firma:

Cuenca Rentería Diego Andres

CC: 1105013427

Pachacama Espinosa Alex Ramiro

CC: 1717836405



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Cuenca Rentería, Diego Andrés y Pachacama Espinosa, Alex Ramiro, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA TARJETA DE CONTROL DEL MÓDULO AMPLIFICADOR DE POTENCIA DEL RADAR LTR 20 PERTENECIENTE AL SISTEMA DE DEFENSA AÉREA DE LA FAE."; en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 10 de enero del 2020

Firma:

Cuenca Rentería Diego Andres

CC: 1105013427

Pachacama Espinosa Alex Ramiro

CC: 1717836405

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
CAPÍTULO I	13
GENERALIDADES	13
1.1 Antecedentes.....	13
1.2 Justificación e Importancia.....	15
1.3 Alcance.....	16
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo General.....	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Actividades de Mantenimiento que realiza el EMDA	21
2.1.1 Diagnósis.....	23
2.1.2 Proceso de Mantenimiento EMDA.....	24
2.2 Gestión de Mantenimiento.....	24
2.2.1 Tipos de Mantenimiento	26
2.2.2 Talento Humano.....	27

	6
2.2.3 Seguridad	27
2.2.4 Indicadores.....	28
2.2.4.1 Indicadores de Funcionalidad del equipo	28
2.2.4.2 Indicadores de costos	29
2.2.4.3 Indicadores para evaluar el área de mantenimiento.....	30
2.3 Amplificadores de Potencia	31
2.3.1 Radar LTR 20	31
2.3.2. Módulo Amplificador de Potencia (PA).....	32
2.4 Tarjeta de Control	35
2.5 Tarjeta de Radio Frecuencia.	36
2.6 Tarjeta de Adquisición de Datos.....	37
2.6.1 Dispositivo de Adquisición de Datos (DAQ)	39
2.6.1.1 Línea de Entrada y acondicionamiento.....	39
2.6.1.2 Convertidor Analógico Digital (ADC)	40
2.6.1.3 Bus de Comunicación	40
2.6.2 Computador (Software)	40
2.6.3. Dispositivos de Adquisición de Datos National Instrument (NI DAQ)	41
2.6.3.1 NI myDAQ.....	41
2.6.3.2 NI myRIO	42

	7
2.6.3.3 NI USB-6008	43
2.7 Software	43
2.7.1 LabVIEW	44
2.7.1.1 Ventajas.....	44
2.7.1.2 Instrumentos Virtuales (VIs).....	45
2.7.2 Microsoft Word.....	47
2.7.2.1 Definición	47
2.7.2.2 Características Generales	47
2.7.3 Microsoft Access	47
2.7.3.1 Características Generales	48
CAPÍTULO III.....	49
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	49
3.1 Requerimientos del usuario.....	49
3.2 Diseño.	53
3.2.1 Esquema General Sistema Diagnosis.....	53
3.2.2 Selección Hardware de Adquisición de datos.....	55
3.2.3 Esquema general de conexión.....	56
3.2.4 Diseño de la Interface Humano Máquina.	57
3.2.4.1 Arquitectura	59

	8
3.2.4.2 Distribución de la pantalla	59
3.2.4.3 Uso del color y texto	60
3.3 Desarrollo.....	61
3.3.1 Adquisición de datos mediante Labview	61
3.3.2 Seguridad de ingreso.....	63
3.3.3 Reinicio de variables.....	65
3.3.4 Desarrollo de la Diagnosis	66
3.3.4.1 Adquisición de datos.....	67
3.3.4.2 Base de datos.....	71
3.3.4.3 Generación de reportes	73
3.3.4.4 Gestión de inventarios.....	75
3.3.4.5 Manual de usuario.....	77
CAPÍTULO IV.....	78
PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
4.1 Cálculo de la muestra EMDA	78
4.2 Indicadores propuestos para el EMDA	79
4.2.1 Tiempo promedio de diagnosis.....	80
4.2.1.1 Análisis sin el sistema de Gestión automatizado	80
4.2.1.2 Análisis con el sistema de Gestión automatizado	82

	9
4.2.2 Promedio de reporte de fallas	84
4.2.3 Cantidad de intervención de diagnosis	85
4.2.4 Utilización del equipo	87
CAPÍTULO V	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1 Conclusiones	90
5.2 Recomendaciones	92
Bibliografía	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Puntos de prueba.....	50
Tabla 2 Resultados medición de tiempo de trabajo	54
Tabla 3 Tabla comparativa NI myDAQ – NI my RIO – NI USB-6008	55
Tabla 4 Precisión DMM.....	56
Tabla 5 Estructura flat Sequence	63
Tabla 6 Lógica usuario - contraseña	65
Tabla 7 Indicadores de Gestión propuestos	79
Tabla 8 Resultados medición de tiempo de trabajo sin el sistema de gestión automatizado.....	80
Tabla 9 Resultados medición de tiempo de trabajo en minutos.....	81
Tabla 10 Datos estadísticos Técnicos EMDA sin sistema de gestión automatizada	81
Tabla 11 Resultados medición de tiempo de trabajo con el sistema de gestión automatizado.....	82
Tabla 12 Resultados medición de tiempo de trabajo con el sistema de gestión automatizado.....	82
Tabla 13 Datos estadísticos Técnicos EMDA con sistema de gestión automatizada	83
Tabla 14 Porcentaje de mejora de tiempo en la diagnosis de la tarjeta de control	83
Tabla 15 Porcentaje de aumento de detección de fallas de la tarjeta de control.....	84
Tabla 16 Corrección de fallas Módulos Amplificador de Potencia	85
Tabla 17 Intervenciones de diagnosis en proceso de mantenimiento	86
Tabla 18 Tiempo de mejora en el proceso de diagnosis	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema general del sistema de gestion automatizado.....	17
Figura 2 Centro de Mantenimiento de la Defensa Aérea.....	21
Figura 3 Proceso de Mantenimiento EMDA	25
Figura 4 Módulos de transmisión	33
Figura 5 Señales de TX a 4 filas	34
Figura 6 Amplificador de Potencia.....	34
Figura 7 Tarjeta de control.....	35
Figura 8 Tarjeta de Radio Frecuencia.....	38
Figura 9 Sistema de adquisición de datos	39
Figura 10 Ejemplo de un panel frontal	45
Figura 11 Ejemplo de un Diagrama en Bloques	46
Figura 12 Tarjeta de Control del Módulo PA	50
Figura 13 Esquema general Sistema de Diagnostico	54
Figura 14 Plano de conexión del Sistema de Diagnostico	58
Figura 15 Arquitectura.....	59
Figura 16 Distribución de la pantalla.....	60
Figura 17 Funciones DaqMX (National Instrument, 2019).....	61
Figura 18 DAQ ASSIST (National Instrument, 2019)	62
Figura 19 Programa Secuencial.	63
Figura 20 Promp User configuración. (National Instrument, 2019).....	64
Figura 21 Promp User.....	64

	12
Figura 22 Invoke Node	66
Figura 23 Esquema del sistema gestión automatizado para el mantenimiento.....	67
Figura 24 Adquisición de datos.	68
Figura 25 Alarma	69
Figura 26 Mensaje de Alarma.....	69
Figura 27 Ventana de errores	70
Figura 28 Nuevas fallas encontradas	70
Figura 29 Generación de reportes	72
Figura 30 Bloque NI_Database_Api.lib.	72
Figura 31 Reporte en Microsoft Word.....	74
Figura 32 Interface	75
Figura 33 Variables de inventario.....	75
Figura 34 Interface del inventario.....	76

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.

La Fuerza Aérea Ecuatoriana dispone de un sistema de Defensa Aérea conformado por aviones supersónicos, subsónicos, rescate, entre otros, y adicionalmente un sistema de vigilancia alerta y control del espacio aéreo conformado por Centros de Mando y Control, Artillería Anti aérea y Sensores radáricos ubicados en puntos estratégicos, que son los ojos del Ecuador ante cualquier posible amenaza en todo el espacio aéreo.

Para cumplir con la misión encomendada por la Fuerza Aérea Ecuatoriana estos radares se deben mantener operativos las 24 horas del día los siete días de la semana, lo que provoca el desgaste de los componentes electrónicos que conforman el radar, estos equipos son enviados al Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA) que tiene como misión: “Planificar, controlar y ejecutar en forma permanente las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de radares de vigilancia, vehículos y sistemas de A.A.A. en apoyo al cumplimiento de la misión de la Defensa Aérea.” (Comando de Educación y Doctrina, 2013)

El Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA) se encuentra ubicado en la Base Aérea Cotopaxi (BACO), acantonado en la Ciudad de Latacunga desde el año de 1981. Este escuadrón tiene como tarea fundamental brindar el mantenimiento a los diferentes componentes radáricos con la finalidad de mantener operativos los radares y así aportar al cumplimiento de la misión de las Fuerzas Armadas de acuerdo al art. 158 de la Constitución Política de la República

del Ecuador la cual textualmente dice: “Las Fuerzas Armadas tiene como misión fundamental la defensa de la soberanía y la integridad territorial”. (Asamblea Constituyente, 2008)

El Escuadrón del Mantenimiento de la Defensa Aérea actualmente realiza tareas de mantenimiento en las diferentes áreas las cuales son:

ESCUADRILLA DE DEFENSA ANTIAÉREA

Ejecuta actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de defensa antiaérea dando soporte técnico a las Bases Operativas y Centros de Operaciones Sectoriales, ejecuta actividades de reparación de los vehículos tácticos y mecánica en general

ESCUADRILLA DE RADARES

Ejecuta actividades de mantenimiento de los componentes de los sistemas radáricos; dando soporte técnico a los Centros de Operaciones Sectoriales, en apoyo al cumplimiento de la misión de la Defensa Aérea.

ESCUADRILLA ELECTRÓNICA

Repara módulos y tarjetas electrónicas de tecnología analógica, digital y generadores pertenecientes a los sistemas radáricos que conforman la Defensa Aérea

Dentro de la Escuadrilla Electrónica se realiza mantenimiento de manera repetitiva al módulo amplificador de potencia el cual es un componente fundamental del Sistema Radárico LTR 20 conformado por 2 tarjetas: 1. Tarjeta de Control, y 2. Tarjeta de Radio Frecuencia (RF).

Según datos estadísticos otorgados por el Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA) se puede observar que existe un alto índice de fallas en la tarjeta de control, de las cuales

existe un porcentaje que pueden ser reparadas calibrando de manera precisa los diferentes puntos de prueba de la tarjeta de control.

En la actualidad el proceso de diagnóstico de la tarjeta de control del radar LTR 20 se lo realiza utilizando osciloscopios análogos, multímetros, manuales impresos, bitácoras donde se encuentran anotados los parámetros del correcto funcionamiento, fuentes de alimentación lo que hace que la diagnosis se demore y sea poco confiable, lo que provoca un retardo considerable en el mantenimiento de las tarjetas de control lo que provoca una pérdida económica considerable para la institución.

1.2 Justificación e Importancia.

La Fuerza Aérea Ecuatoriana posee un Sistema de Defensa Aérea el cual brinda Vigilancia, Alerta y Control del Espacio Aéreo de manera permanente lo cual permitió que en el conflicto del Cenepa se pudiera dirigir a fuerzas propias e interceptar a las aeronaves enemigas de manera eficaz permitiendo derribarlas en combate aéreo.

“En marzo del 2008 el territorio ecuatoriano fue bombardeado en un sector conocido como Angostura ubicado en la Provincia de Sucumbíos por parte de nuestro vecino país Colombia causando la muerte de 22 guerrilleros en la operación conocida como “Operación Fenix” conformada por varias plataformas aéreas que no pudieron ser detectados por el Sistema de Defensa Aérea, es ahí del por qué es importante mantener operativos los sistemas radáricos las 24 horas del día de manera permanente ya que en cualquier momentos nuestro espacio aéreo puede ser violado”. (Buelvas, 2011)

El nivel de mantenimiento que se realiza en las estaciones radáricas es de nivel organizacional, es decir inspecciones menores y mantenimiento preventivo, en caso de que sea una falla mayor los componentes son trasladados al Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea en donde se realizan mantenimientos de nivel depósito es decir pruebas de funcionamiento, calibración, cambio de componentes electrónicos y corrección de fallas.

Entre las tarjetas electrónicas que más se reportan con fallas según datos otorgados por el EMDA se encuentra la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del Radar LTR 20 y la manera actual de corregir estas fallas en la tarjeta son utilizando varios equipos lo que hace que se demore un tiempo considerable.

El sistema de gestión automatizado a desarrollarse en este proyecto permitirá corregir de forma óptima las fallas encontradas en los puntos de prueba de la tarjeta de control, además de gestionar de manera óptima el proceso de mantenimiento preventivo, brindando un importante aporte a las operaciones de vigilancia, alerta y control que realiza la defensa aérea.

1.3 Alcance.

El presente proyecto de titulación pretende apoyar las operaciones de vigilancia alerta y control del espacio aéreo manteniendo en funcionamiento la mayor cantidad de tarjetas de control para así disponer del mayor de módulos amplificadores de potencia (PA) operativos, además de proporcionar una vital herramienta para el manejo de repuestos, generación de reportes y bases de datos que ayuden a mantener un historial de reparaciones de las tarjetas de control y así poder archivar la documentación.

En busca de este cometido se diseñó un sistema de gestión automatizado para el mantenimiento de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia cuyo esquema se muestra en la figura 1.

El sistema de gestión automatizado para el mantenimiento de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del Radar LTR 20 estará conformado por:

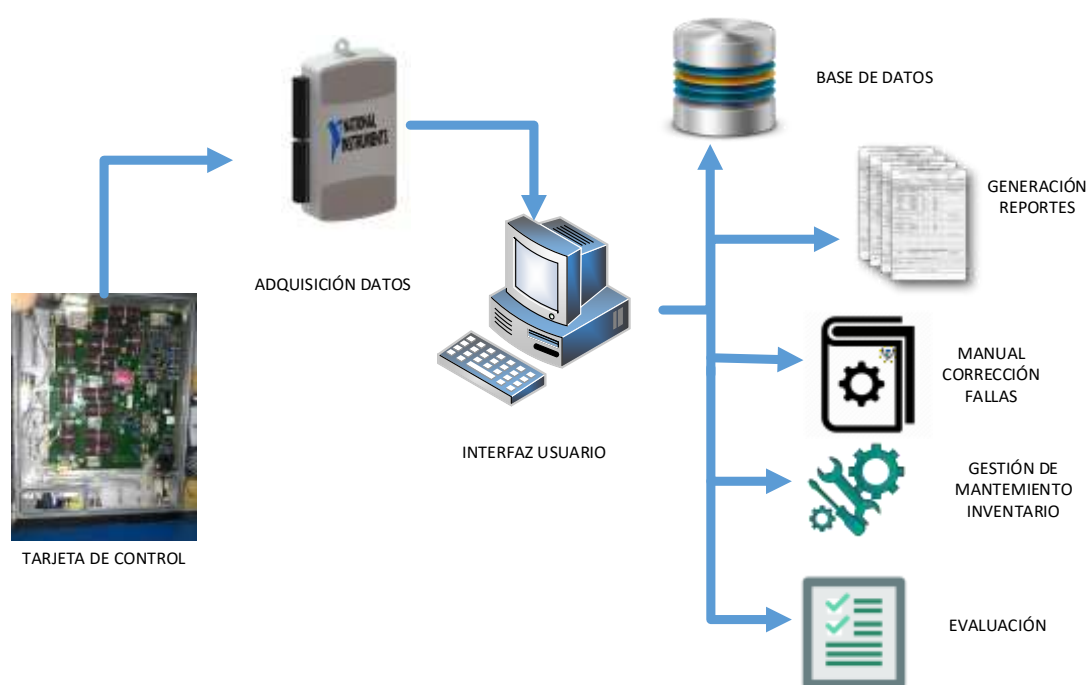


Figura 1 Sistema general del sistema de gestión automatizado

La tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del radar LTR 20 con 31 puntos de prueba o Test Point (TP) distribuidas en 3 partes denominadas chasis para una mejor visualización por parte del operario.

Un módulo de adquisición de datos implementado mediante una tarjeta NI myDAQ que constará de entradas y salidas analógicas y digitales que permitirán amplificar, adquirir y procesar las diferentes variables físicas de los 31 puntos de prueba de la tarjeta de control en la cual se medirá Voltaje para su adecuada diagnosis.

La interfaz de usuario desarrollado en Labview permitirá visualizar en tiempo real las variables físicas como el voltaje y poder calibrar de acuerdo a los parámetros de funcionamiento normal colocados en la parte superior y así identificar cual componente no funciona adecuadamente, así mismo establecer una alarma automática que permita al usuario no salir de los rangos de seguridad y proteger la tarjeta de control, para poder visualizar de manera más exacta se separa en 3 pantallas (chasis). Además, para restringir el acceso al sistema se colocará una clave de acceso conocido solo por los operadores. Identificar los puntos de prueba de manera gráfica para que el usuario pueda ubicarse más rápidamente en donde están los TP's y calibrarlos de manera correcta y ordenada.

Una vez calibrada la tarjeta en sus diferentes puntos de prueba generará un reporte de manera automática presentado en un documento en Microsoft Word enlazado directamente con Labview en donde se encuentra: 1. El grado y nombre del usuario, 2. Hora y fecha que se desarrolla la diagnosis, 3. Número de serie de la tarjeta, 4. La procedencia de la tarjeta 5. La diagnosis presentada por el usuario, 6. Si se pudo corregir la falla existente, 7. Los trabajos realizados por el usuario, 8. La orden de trabajo con la cual se autoriza la diagnosis, y 9. Una tabla con todos los puntos de prueba calibrados.

De manera conjunta con la generación de reportes se generará una base de datos en Software Microsoft Access con la información más relevante del reporte y así tener registros de los trabajos

realizados para que con mencionada información los operarios tengan una idea de cómo corregir las fallas si ocurriera nuevamente en un futuro, es decir el almacenamiento de estos datos permitirá llevar un registro ordenado y estructurado sobre el proceso de diagnóstico ayudando al operario a llevar un control minucioso de las tarjetas diagnosticadas con posibles soluciones de reparación con la finalidad de tener claro los procedimientos en caso de que otras tarjetas tengan el mismo inconveniente.

El manual de corrección de fallas proveerá al operario información necesaria sobre las posibles fallas y soluciones para corregir las mismas o por lo menos dar una idea de que trabajo se podría realizar en cada uno de los puntos de prueba de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del sistema radárico LTR-20, facilitando la diagnosis.

El inventario desarrollado en Labview permitirá al operario llevar una planificación de las partes y repuestos necesarios para el mantenimiento alertando de manera automática el momento en el cual se requiera adquirir capacitores, fusibles u otros repuestos necesarios para corregir las fallas encontradas durante la diagnosis, lo que permite llevar un stock de repuestos y sustituir el componente defectuoso de manera rápida.

Al desarrollar este sistema lo que se busca es mejorar el proceso de mantenimiento actual y así mismo nos ayuda a evaluar el desempeño de los operarios ya que nos permite identificar cual operario corrige mayor cantidad de tarjeta de control en un periodo de tiempo determinado, ya sea por experiencia o conocimiento y pueda compartir sus conocimientos con el resto de operarios.

Considerando las bondades que provee el sistema de gestión automatizado se podría escalar con la tarjeta de Radio Frecuencia del módulo amplificador de Potencia (PA) del radar LTR 20 ya

que de esa manera se puede detectar las fallas considerando los parámetros de funcionamiento normal de mencionada tarjeta y que en conjunto con la tarjeta de control forman el módulo amplificador de potencia. El sistema de gestión automatizado puede considerarse muy flexible de acuerdo a las necesidades que requieran los operadores se puede aumentar o disminuir las mediciones de las variables que mencionados operadores requieran.

1.4 Objetivos.

1.4.1 Objetivo General.

Desarrollar un sistema de gestión automatizado para el mantenimiento de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del radar LTR 20 en el Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea de la Fuerza Aérea Ecuatoriana.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Disminuir el tiempo en el diagnóstico de fallas de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia mediante el diseño de un sistema versátil.
- Facilitar las actividades de diagnóstico a través del diseño de una interfaz amigable al usuario que permita comparar los parámetros entre una tarjeta de control que funciona correctamente y una que posea algún tipo de falla.
- Mejorar al menos un 30% el acierto de fallas encontradas durante la diagnosis de la tarjeta de control en un tiempo determinado
- Evaluar el desempeño de cada uno de los operarios mediante un registro del número de tarjetas diagnosticadas con falla y el número de tarjetas reparadas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Actividades de Mantenimiento que realiza el EMDA

“El Centro de Mantenimiento de la Defensa Aérea CEMDA fue creado el 03 de agosto de 1998, como centro de apoyo para las operaciones de la Defensa Aérea con los Centros de Operaciones Sectoriales, CODAAS, Batería OSA-AKM y con el Centro de Entrenamiento Escuela de Artillería Antiaérea Conjunta (CEEAAC). Su misión es: “Planificar, controlar y ejecutar en forma permanente las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de: radares de vigilancia, vehículos y sistemas de armas de la A.A.A, en apoyo al cumplimiento de la misión de la Defensa Aérea”. (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)

La Tarea fundamental del CEMDA es proveer soporte Logístico a los entes operativos de similar jerarquía, en la operación de los CENTROS DE OPERACIONES SECTORIALES (COS-1 y COS-2),

Las Instalaciones del CEMDA se encuentran dentro de la BASE AEREA COTOPAXI ubicada en la ciudad de Latacunga.



Figura 2 Centro de Mantenimiento de la Defensa Aérea

Fuente: (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)

El CEMDA se mantuvo en funcionamiento hasta el 05 de agosto del 2008, para luego pasar a ser parte del GRUPO LOGÍSTICO DE LA BACO, como ESCUADRÓN DE MANTENIMIENTO DE LA DEFENSA AEREA (EMDA)

Entre las actividades relevantes realizadas por el EMDA se encuentran:

- “Realizar Inspecciones Mayores, Reparaciones Estructurales, Tratamiento anticorrosivo, pintura exterior, reparación de tarjetas electrónicas de los diferentes radares AR-15M, AR-3D, TPS/70 y 36-D6”; (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)
- “Mantenimiento correctivo de II y III escalón, Inspección, reparación, calibración e instalación de TWT, magnetrones de alta potencia, Clystron en los componentes mayores de transmisión y recepción de los radares de búsqueda, seguimiento del blanco, seguimiento del misil, guiado del misil de los vehículos de combate 9A33BM3”. (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)
- “Modernización, desarrollo e integración de sistemas de equipamiento electrónico de los vehículos de combate relacionados con la verificación de objetivos, sistema de comunicaciones de comando y de inteligencia de radares, aumento de la distancia de detección, seguimiento y enganche de objetivos, digitalización del sistema de selección de objetivos móviles, visor tele óptico, etc.” (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)
- “Mantenimiento correctivo de los vehículos de recarga, de mantenimiento, de repuestos, de comando PU12, de alineamiento, simulador y generadores PES-100 pertenecientes al sistema OSA AKM.” (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)
- “Mantenimiento I y II escalón de cañones y generadores del sistema de AAA de 37mm.” (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2013)

- Mantenimiento de misiles 9M33M3, Iгла, HN-5A y Munición de 37 y 23mm.
- Mantenimiento de vehículos tácticos Chinos, Rusos y Americanos
- Capacitación de personal para el mantenimiento del material de la Defensa Aérea.
- Mantenimiento de tercer escalón de los sistemas, subsistemas y componentes del Radar LTR 20 y TPS 70 y de la Artillería Antiaérea.

2.1.1 Diagnósis

Los Módulos Amplificadores de Potencia (PA) son parte fundamental del sistema Radar LTR-20 que normalmente sufren diferentes averías (reportajes) por su uso constante, una vez que se encuentran con alguna falla son enviados al Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA), este Escuadrón recibe los módulos en donde verifican la descripción general, el número de parte (P/N), número de serie (S/N), la procedencia y la condición en la cual se encuentra el módulo PA.

Ya ingresado se analiza las condiciones de acuerdo a la tarjeta de aceptación o servible en donde se indica cual es la falla que está presentando el módulo PA y se procede a abrir el módulo para diagnosticar la Tarjeta de Control y la Tarjeta de Radio Frecuencia de manera conjunta, primero de manera visual en donde se puede observar posibles cortocircuitos, o elementos fundidos, después se realiza la diagnósis en la tarjeta de control midiendo el voltaje en 31 puntos de prueba con un multímetro y anotando los valores obtenidos en cada uno en una bitácora, una vez obtenidos los parámetros de funcionamiento de la tarjeta de control se procede a calibrar si fuera el caso o a cambiar de elemento de acuerdo a valor que presente cada punto de prueba, es decir si en un punto de prueba (TP) determinado mide valores de voltaje fuera de los rangos de funcionamiento normal establecidos anteriormente, se puede determinar que existe una falla en algún elemento que se

relacione al TP, procediendo a calibrar en primera instancia y si persiste la falla cambiar el elemento, y así con cada punto de prueba.

Para determinar que elemento se puede cambiar los técnicos verifican los manuales de mantenimiento de cada tarjeta en donde especifica cuales trabajos podrían realizar para solventar la falla con una orden de trabajo, sin embargo no siempre existen en los manuales los posibles trabajos que los técnicos deben realizar para corregir un reportaje, por lo que cada trabajo ejecutado se registra en una bitácora en donde se colocan todos los trabajos realizados y si la falla fue solventada o no.

El momento de calibrar los valores de voltaje en cada punto de prueba se debe tener en cuenta los límites de funcionamiento normal sobre todo en algunos puntos que al momento de sobrepasar estos límites pueden dañar la tarjeta de control.

2.1.2 Proceso de Mantenimiento EMDA

Para tener una idea más clara del proceso de mantenimiento de la tarjeta de control se puede representar por medio de un diagrama de flujo como se presenta en la figura 3:

2.2 Gestión de Mantenimiento

Lo que este proyecto busca es desarrollar e implementar un sistema de gestión de mantenimiento, para poder administrar de manera correcta los requerimientos y prioridades de la función de mantenimiento, para lograr los objetivos organizacionales planteados a través de la mejora continua de los procesos y así alcanzar la excelencia operativa en el mantenimiento.

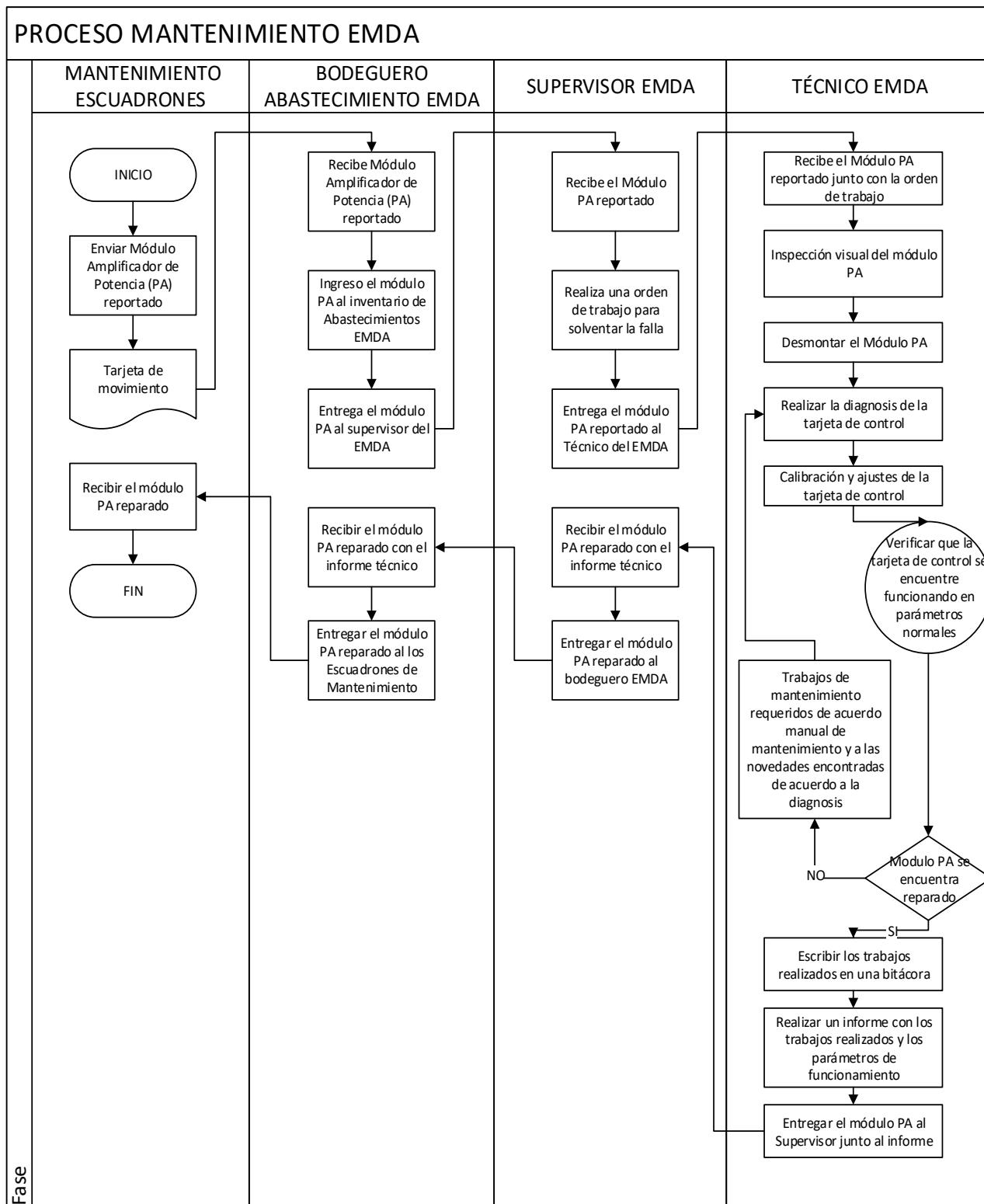


Figura 3 Proceso de Mantenimiento EMDA

La gestión de mantenimiento se produce mediante la interacción de varios elementos los cuales son:

- Tipos de mantenimientos
- Talento Humano
- Seguridad
- Reportes e Indicadores
- Inventarios

2.2.1 Tipos de Mantenimiento

Existen varios tipos de mantenimiento en una organización de acuerdo a los objetivos, necesidades, requerimientos institucionales, entre los más importantes se tiene:

Mantenimiento Preventivo

“El mantenimiento preventivo es una serie de tareas planificadas previamente que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales.” (Duffuaa, 2000)

Mantenimiento Correctivo

“Es el mantenimiento efectuado a un ítem, cuando la falla o avería ya se ha producido, restituyéndolo a condición admisible de utilización.” (Industrial, 2013)

Existen 3 tipos de mantenimiento correctivo:

- Mantenimiento Correctivo Inmediato.- “Es aquel que se realiza inmediatamente al percibir una avería con los medios disponibles.” (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2016)

- **Mantenimiento Correctivo Diferido.**- Es el mantenimiento que se desarrolla posterior al recibir los medios requeridos para solventar una avería o falla.
- **Mantenimiento Programado.**- Es el que se realiza por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, calendario entre otros.

Mantenimiento Predictivo

“El mantenimiento predictivo es el que se basa en la determinación del estado de los sistemas de defensa en operación, antes de que fallen.” (Fuerza Aérea Ecuatoriana, 2016)

2.2.2 Talento Humano

Se refiere al personal especializado y capacitado que actúe de manera apropiada frente a una falla o avería, dando el soporte técnico correspondiente en el menor tiempo posible para evitar una pérdida de recursos.

Dependencia Jerárquica

El departamento de mantenimiento normalmente se encuentra subordinado a una dirección, o a su vez forman parte de la producción de una organización, lo cual es lo más recomendable ya que existe una comunicación directa entre el personal de producción con el personal de mantenimiento.

2.2.3 Seguridad

La seguridad industrial es la encargada de velar por el bienestar del personal y la infraestructura mediante leyes y reglamentos, protegiendo de riesgos laborales ya sean: físicos, biológicos, ergonómicos, y mecánicos.

2.2.4 Indicadores

Los indicadores son parámetros numéricos que nos pueden ayudar a visualizar como se encuentra un proceso de mantenimiento y así brindar mejoras continuas aplicando métodos y técnicas específicas. “Los indicadores de gestión son la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso cuya magnitud al ser comparada con un patrón de referencia puede mostrar desviaciones positivas o negativas y sobre ellas se puede tomar acciones correctivas o preventivas según la situación” (Jamamillo, 1995) Entre los indicadores se puede mencionar:

2.2.4.1 Indicadores de Funcionalidad del equipo

Estos indicadores sirven para evaluar el desempeño de los equipos de la organización.

- **Disponibilidad:** “Se define como la probabilidad de que el componente o sistema se encuentra listo para operar de manera normal en el momento requerido” (Tamayo, 2013)
- **Utilización del equipo:** Define el tiempo de utilización del sistema respecto al tiempo que demora el trabajo total de la organización.
- **Reparaciones requeridas:** Es la relación que existe entre el número de reparaciones de un mismo tipo en un equipo determinado, en un intervalo de tiempo específico.
- **Downtime:** “Es la razón entre las horas de trabajo que se debe realizar en un período de tiempo determinado.” (Marquez, 2010)
- **Horas totales de mantenimiento por equipo:** “Muestra las horas que se encuentra en mantenimiento sin hacer diferencia en el mantenimiento que se encuentre.” (Espinosa, 2000)

2.2.4.2 Indicadores de costos

Los indicadores de costo son útiles para evaluar el desempeño de la sección basándose en los costos de producción de la organización

- **Costos del mantenimiento:** Es la relación entre los costos de mantenimiento y los costos de adquisición. El costo de mantenimiento debe estar entre e. 1.75% y 5% del costo de adquisición del equipo. Además e puede calcular el costo por hora de servicio.
- **Costos totales:** Es la sumatoria total de los costos del servicio en relación con el número de pruebas realizadas.
- **Costo de mantenimiento/ total de equipos:** Es la razón entre el costo total en mantenimiento sobre el total de equipos.
- **Costos de adquisición del equipo:** Es el valor total de compra del equipo.
- **Gasto por mantenimiento correctivo:** Gasto total por mantenimiento de un equipo.
- **Costo promedio de las órdenes de trabajo:** Se refiere al costo promedio por mantenimiento al ejecutarse una orden de trabajo.
- **Porcentaje de gastos:** Se refiere a la porción porcentual del mantenimiento en relación al costo de la organización.
- **Porcentaje de costos de materiales y/o repuestos:** Es el porcentaje el presupuesto que se utiliza en mantenimiento de los equipos en relación al presupuesto total.
- **Costo de mantenimiento vs reposición:** permite determinar la efectividad del mantenimiento en razón a la reposición del equipo.

- ***Índice económico de personal de mantenimiento:*** es la razón entre la asignación presupuestaria de pagos de sueldos del personal de mantenimiento y la asignación presupuestaria de todo el personal.
- ***Índice costo de mantenimiento por día-equipos:*** Es el costo del mantenimiento de cada equipo disponible en la organización.
- ***Índice de Mantenimiento:*** Busca determinar el porcentaje de mantenimientos realizados por personal propio de la organización.

2.2.4.3 Indicadores para evaluar el área de mantenimiento

Estos indicadores permiten conocer fortalezas y debilidades en la planeación estratégica del área de mantenimiento

- ***Eficiencia en la utilización del fondo de tiempo:*** Se refiere a la eficiencia de la utilización del fondo de tiempo que es la sumatoria de los tiempos que cada uno de los técnicos utilizan en el mantenimiento preventivo y correctivo.
- ***Tiempo promedio de la diagnosis:*** Es el tiempo promedio que se tarda la ejecución de la diagnosis como parte del mantenimiento correctivo por parte de los técnicos de mantenimiento.
- ***Tiempo promedio de cambio de estado:*** Es el tiempo total que transcurre desde la detección de la falla hasta la reparación y entrega final del equipo.
- ***Tiempo de respuesta:*** Es el tiempo que transcurre desde la detección de la falla hasta que empieza a realizar los trabajos de mantenimiento.
- ***Equipos mantenimiento:*** Es el número total de equipos que han recibido mantenimiento en un período de tiempo.

- ***Horas de mantenimiento por orden de trabajo:*** Es el tiempo transcurrido en las actividades de mantenimiento registradas en las órdenes de trabajo.
- ***Cantidades de intervenciones de diagnosis:*** Es el número de intervenciones de diagnosis en las labores de mantenimiento en un período de tiempo determinado.
- ***Tasa de fallas en comparación con las horas de mantenimiento:*** Número de fallas encontradas en un intervalo de tiempo.
- ***Cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo:*** “Se refiere al porcentaje de cumplimiento de las inspecciones planificadas y plan de mantenimiento preventivo.” (Yodaira, 2013)
- ***Promedio de reporte de fallas:*** Permite detectar el número promedio de fallas en un período de tiempo dado.
- ***Mantenimiento correctivo:*** Se refiere al porcentaje de tiempo de horas que se dedican al mantenimiento correctivo con respecto a las horas de mantenimiento.
- ***Mantenimiento Preventivo:*** Es el tiempo promedio que se dedica al mantenimiento preventivo con respecto a las horas totales de mantenimiento.
- ***Indicadores de frecuencia de fallas:*** Es un indicador que determina el número de fallas encontradas en un equipo en un período de tiempo, que se repiten constantemente. (Barrientos, 2008)

2.3 Amplificadores de Potencia

2.3.1 Radar LTR 20

El radar LTR 20 adquirido por la Fuerza Aérea pertenece al Sistema de Defensa Aérea protege el espacio aéreo las 24 horas del día, es de “fabricación española de última generación,

tridimensional, de estado sólido, que opera en la banda L (rango de radiofrecuencia de las microondas IEEE US que usa las frecuencias de 1,5 a 2,9 GHz.), con arquitectura distribuida y redundancia en elementos críticos”. (Indra, 2014)

“Los sensores radar LANZA se encuentra compuesto por varios componentes entre los cuales tenemos el array de antena, la espina, los amplificadores de potencia, las fuentes de alimentación de transmisor, los receptores entre otros., y puede configurarse como: Sistemas LTR (Long Range Tactical), Tácticos de largo alcance desplegables de alto rendimiento, apto para detectar aeronaves ilícitas con una cobertura teórica de 210 NM.” (Indra, 2014)

El sistema radar combina el principio de funcionamiento radar con las últimas tecnologías de array plano, amplificadores de sellado sólido y procesado de señal para lograr una mejor detección. La antena de array plano se encuentra compuesta por elementos lineales horizontales de corte preciso apilados verticalmente, cada uno con su propio receptor alimentados por módulos transmisores de estado sólido distribuidos, controlados por fase. La posición de los pinceles y sus características están controladas por software que maximizan el tiempo en el target permitiendo la detección.

2.3.2. Módulo Amplificador de Potencia (PA)

“Dentro de la arquitectura del radar primario se encuentra el Grupo de Antena Activa (AGG) el cual es el responsable de transmitir y recibir las señales radar, su función principal es servir de transición al medio ya sea en transmisión: Amplificar la señal transmitida; o Recepción: 1. Filtrado y amplificación de la señal recibida, 2. Canales suma y diferencia (elevación y azimut)”. (Indra, 2017)

“El Grupo Amplificador de Potencia (PAG) es el conjunto de elementos que forman la última etapa de amplificación de la señal transmitida. Consta de:

- 4 módulos de transmisión TX (TXM), cada uno con:
 - o Amplificadores de potencia (PA)
 - o 1 tarjeta de control
- 4 fuentes de alimentación de los TX (TXPS), cada una asociada a un TXM” (Indra, 2017)



Figura 4 Módulos de transmisión

Fuente: (Indra, 2017)

El módulo de transmisión proporciona señales de TX a 4 filas.

La distribución de amplitud en transmisión es uniforme (todas las filas tienen la misma amplificación). Pero la recepción la distribución no es uniforme debido a los atenuadores variables de las filas.

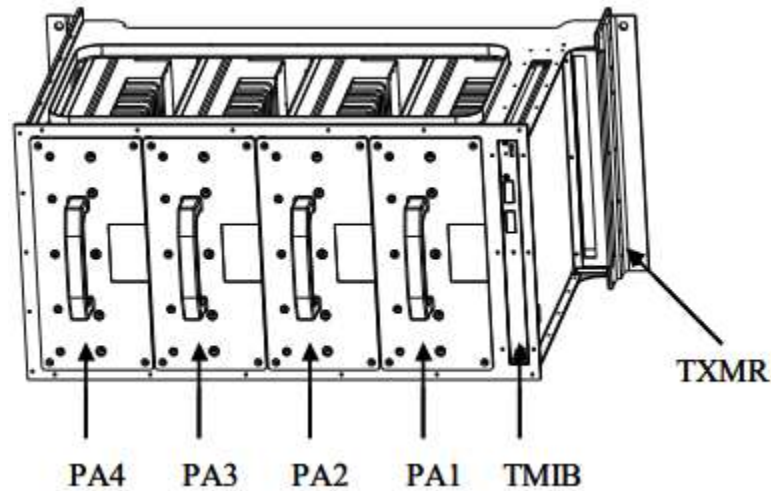


Figura 5 Señales de TX a 4 filas

Fuente: (Indra, 2017)

“El Amplificador de Potencia PA de clase C, necesita una entrada nominal de 2.5 W., en modo normal proporciona una salida de 1000W., incluye un circuito de Control Automático de Ganancia (GAC) que permite mantener un nivel de salida constante.” (Indra, 2017)



Figura 6 Amplificador de Potencia

“El amplificador de potencia es el que se encarga de realizar la última amplificación de la señal del Radio Frecuencia antes de enviarlas a las filas. El amplificador admite señales de RF de entradas pulsadas en el rango de frecuencias de 1215 a 1400 MHz, con un nivel de potencia de

entrada 2 a 3 W y las amplifica a un nivel de salida ajustable en fabrica de 1 KW en modo normal o a unos 550 W en modo Drive.” (Indra, 2014)

El equipo dispone de protección frente al sobrecalentamiento que, en caso de alcanzarse una temperatura excesiva, provoca a inhibición del amplificador y activa una señal BITE que alerta al sistema. Una vez que la temperatura desciende a un valor seguro, automáticamente la potencia de salida del amplificador vuelve a su valor nominal y el BITE se desactiva. Así mismo el amplificador incorpora un desfasador variable que permite ajustar en fábrica la fase de inserción del mismo a la de una referencia.

2.4 Tarjeta de Control

El módulo amplificador de potencia se conforma por varios componentes entre los más importantes se tiene la tarjeta de control compuesta por varios elementos electrónicos como se presentan a continuación:



Figura 7 Tarjeta de control

Tomando en cuenta la *Figura 7* se puede encontrar varios elementos electrónicos de manera general como son:

- Capacitores.
- Resistencias de valores fijos
- Potenciómetros de precisión
- Convertidores DC/DC
- Entre otros elementos electrónicos.

Dentro de lo cual se puede observar que posee varios puntos de prueba que sirven para identificar las fallas que se encuentran dentro de la tarjeta de control que está asociada con la tarjeta de Radio Frecuencia (RF) y que conforman el Módulo Amplificador de Potencia (PA). Las posibles Fallas que se pueden encontrar son:

- Alto consumo de corriente del Amplificador de Potencia, tanto en reposo como operando dentro de los márgenes establecidos por el fabricante.
- La potencia máxima a la salida se encuentra fuera del umbral definido.
- Fallo de potencia de entrada cuando se encuentra demasiado baja.
- El desfase del Amplificador de Potencia dentro del rango de potencia de operación se encuentra fuera de los límites especificados.

2.5 Tarjeta de Radio Frecuencia.

Uno de los elementos indispensables en el Módulo Amplificador de Potencia es la tarjeta de Radio Frecuencia (RF), incluye la última etapa de amplificación de la señal Transmitida, la cual se presenta a continuación:

Tomando en cuenta la *Figura 8* se puede encontrar varios elementos electrónicos de manera general como son:

- Capacitores
- Transistores Q2, Q3, Q4
- Resistencias de valores fijos
- Entre otros elementos electrónicos.

2.6 Tarjeta de Adquisición de Datos

Con la finalidad de adquirir los datos que varían en el transcurso del tiempo, y así poder visualizar, procesar y automatizar se necesita convertir las señales analógicas en digitales y presentar en una Interfaz Humano Máquina por medio de Labview. Los dispositivos de adquisición de datos realizan la conversión análoga - digital para cubrir con esta tarea.

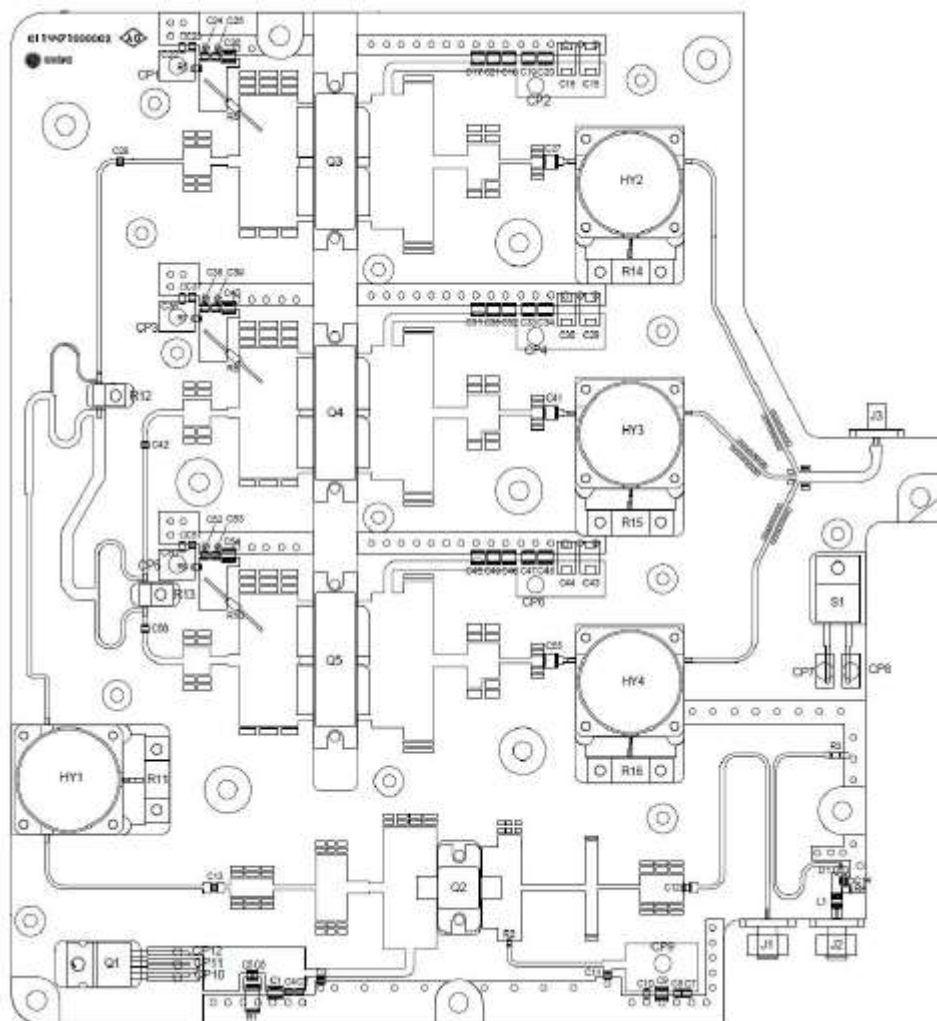


Figura 8 Tarjeta de Radio Frecuencia

“Adquisición de datos es el proceso de medir con una PC un fenómeno eléctrico o físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido.” (National Instrument, 2019)

“Un sistema de adquisición de datos está conformado por sensores, dispositivo de adquisición de datos (hardware) para el acondicionamiento de la señal (convertir la señal analógica en digital) y una computadora (software controlador y aplicación) para el desarrollo de la programación e interfaz humano máquina (HMI) como se muestra a continuación”: (National Instrument, 2019)



Figura 9 Sistema de adquisición de datos

Fuente: (National Instrument, 2019)

2.6.1 Dispositivo de Adquisición de Datos (DAQ)

Un dispositivo de Adquisición de Datos es un equipo (Hardware) que sirve para enlazar un Computador (PC) con una señal física, y su función principal es digitalizar las señales análogas provenientes del mundo exterior, ya sea voltaje, corriente, temperatura, presión, fuerza, etc., con la finalidad de que una PC pueda interpretar las señales. “Un dispositivo de adquisición de datos (DAQ) está conformado por:

- Línea de Entrada Análoga y Acondicionamiento de señal en caso de ser necesario
- Convertidor Análogo-Digital (ADC)
- Un bus de comunicación.” (National Instrument, 2019)

2.6.1.1 Línea de Entrada y acondicionamiento.

Las señales físicas debido a sus características propias pueden ser variables y ruidosas por lo que se recomienda no medir directamente, y en caso de ser necesario colocar en la línea de entrada un circuito de acondicionamiento de tal manera que la señal sea apropiada para el input al Convertidor Análogo Digital (ADC), los circuitos que normalmente se usan son atenuación, amplificación de la señal, filtros, entre otros.”

2.6.1.2 Convertidor Analógico Digital (ADC)

Para que las computadoras puedan entender las señales analógicas recibidas por los sensores deben ser convertidas en señales digitales que es la función que cumple el ADC que es un circuito que muestrea una señal analógica en un instante de tiempo, es decir “las señales analógicas varían continuamente en el tiempo y un ADC realiza muestras periódicas de la señal a una razón predefinida.”. (National Instrument, 2019). Esta señal digital es enviada a una computadora a través de un bus de datos, donde la señal original es reconstruida.

2.6.1.3 Bus de Comunicación

Los dispositivos de adquisición de datos se comunican con una computadora a través de un puerto, es decir sirve como el enlace de comunicación entre el dispositivo y la Computadora donde envían y reciben datos medidos por los sensores e instrucciones. “Entre los buses de comunicación más usados están la USB, PCI, Ethernet e inclusive protocolo 802.11 Wi-Fi para comunicación inalámbrica, cada tipo de buses ofrece diferentes características de acuerdo a las aplicaciones que se deseen realizar.” (National Instrument, 2019)

2.6.2 Computador (Software)

Un computador con el software adecuado para la programación controla la operación de la Tarjeta de adquisición de datos es decir define la aplicación que se desea obtener y es usada para procesar, almacenar y visualizar los datos obtenidos. De acuerdo a la aplicación se utilizan varios tipos de servidores, ya sea una PC de escritorio dentro de un laboratorio, una laptop para poder desplazarse en varios lugares o una PC industrial para sistemas de producción industrial.

Considerando el proyecto a desarrollarse se observó varias alternativas para la Adquisición de Datos entre las cuales se encontró una serie de opciones entre la cual se encuentra la National Instrument DAQ que brinda las siguientes ventajas:

- “Evita pérdida de datos con herramientas ilimitadas.
- Cumple con los requerimientos específicos de su aplicación.
- Permite adquirir, procesar, presentar los datos adquiridos.
- Evita pérdida de datos con la selección más amplia de Hardware DAQ con diseños analógicos de alta precisión y acondicionamiento de señales integrado.
- Soporte mundial de National Instrument, incluyendo comunidades y recursos on line.”

(National Instrument, 2019)

2.6.3. Dispositivos de Adquisición de Datos National Instrument (NI DAQ)

Dentro de las opciones de National Instrument como dispositivos para adquisición de datos se tiene:

2.6.3.1 NI myDAQ

Es una tarjeta de adquisición de datos portátil económica que utiliza como software Labview que permite medir las señales analógicas, permite adquirir analizar y procesar las señales adquiridas en cualquier instante de tiempo y lugar de acuerdo a las necesidades y requerimientos del usuario.

Descripción General del Hardware

“NI MyDAQ está conformada por:

- Entradas y salidas analógicas (AIO)

- Entradas y salidas digitales (DIO)
- Entradas y salidas de audio.
- Fuentes de alimentación.
- Multímetro Digital (DMM)
- Funciones en un compacto USB.” (Castillo, 2011)

El hardware presentado por Texas Instruments está conformado por varios subsistemas, componentes y circuitos electrónicos que permiten la adquisición, procesamiento y presentación de los datos obtenidos en tiempo real, como se muestra en el *Anexo A*

2.6.3.2 NI myRIO

Es una herramienta “elaborada para implementar múltiples conceptos de diseño con un dispositivo de Entradas y Salidas reconfigurables, incluye 10 entradas analógicas, 6 salidas analógicas, 40 líneas de E/S digitales, conexión WiFi, LEDs, un push-button, un acelerómetro interno, un FPGA Xilinx y un procesador dual-core ARM Cortex-A9.” (National Instrument Corporation, 2014) Se puede programar el myRIO-1900 con LabVIEW o C. Esta versión habilitada por WiFi permite una integración rápida y fácil en aplicaciones remotas y embebidas. Con estos dispositivos internos, acceso a software y una biblioteca con recursos y tutoriales.

En el *Anexo B* se puede observar el Hardware del dispositivo NI myRIO-1900, como son las entradas analógicas (AI), Salidas Analógicas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), audio, y Comunicación USB y Wireless 802.11 b,g,n.

2.6.3.3 NI USB-6008

National Instrument USB-6008 es un dispositivo de funcionalidad básica para generar aplicaciones como adquisición de datos simples, medidas experimentales y portátiles. Tiene una cubierta mecánica energizada por bus agilitando la portabilidad. Es compatible con una variedad extensa de sensores y señales en el terminal de tornillo. “Posee un controlador NI-DAQmx simplifica la configuración, adquisición y procesamiento de datos.” (Instrument, User guide NI USB-6008, 2015)

Las características técnicas se puede observar en el *Anexo C*

En resumen la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6008 posee 8 entradas analógicas de 12 bits a 10 kS/s a una velocidad de muestreo de 10 KHz, memoria interna de 512 bits, escalas en el modo de entrada diferencial: $\pm 20V$, $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 4V$, $\pm 2.5V$, $\pm 2V$, $\pm 1.5V$, $\pm 1V$, y 2 salidas analógicas de 12 bits a 150 S/s, es un hardware muy potente si se usa a la par con el Software LabVIEW, funciona como un acondicionador de señal, con una serie de conversores análogos-digitales (ADC), y digitales-análogos (DAC), controlados por un microcontrolador de baja potencia, por comunicación USB.

2.7 Software

Dentro de los programas necesarios para diseñar e implementar el Sistema de Gestión Automatizada debemos considerar LabVIEW para poder desarrollar la Interfaz Humano Máquina (HMI), el cual es compatible con la Tarjeta de adquisición de datos (NI myDAQ) compatible con Microsoft Word para de esa manera generar los reportes de la diagnosis con todos los valores

medidos en los diferentes puntos de prueba manera automática y que se almacenen en una base de datos desarrollada en Microsoft Access.

2.7.1 LabVIEW

“Es un software de programación en bloques de manera gráfica o lenguaje G conectados por cables para la adquisición y presentación de datos, procesamiento, control de acuerdo a los requerimientos del usuario para el desarrollo de aplicaciones conformado por varias librerías como control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serial.” (Instrument, Tutorial de Labview, 2014)

2.7.1.1 Ventajas

- “Programación visual, sencilla y fácil de aprender.
- Flexibilidad tanto en Hardware como en software, actualizaciones y modificaciones.
- Permite soluciones completas a problemas complejos
- Genera sistemas de adquisición, procesamiento y análisis de datos.
- Posee un compilador gráfico para optimizar la velocidad de procesamiento.
- Se puede incorporar aplicaciones en varios lenguajes de programación.
- Proporciona herramientas que ayudan a mejorar y actualizar programas.” (Instrument, Tutorial de Labview, 2014)

2.7.1.2 Instrumentos Virtuales (VIs)

Son programas desarrollados en LabVIEW con instrumentos virtuales que actúan como instrumentos reales, creados por programación convencional (conformado por parte interactiva y código fuente, es decir por un panel frontal y un diagrama de bloques).

- *Panel Frontal*

Es la Interfaz Humano Máquina (HMI) que interactúa con el usuario, recopila datos e información del usuario y representa las salidas del programa. Esta interfaz está formada por una serie de pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc., que representan elementos electrónicos reales, cada uno de estos elementos se definen como control (introducir una medida) o indicador (mostrar resultados), como ejemplo se tiene la Figura 10



Figura 10 Ejemplo de un panel frontal

- *Diagrama de bloques*

El diagrama de bloques es la programación de los Instrumentos Virtuales (VI) ya sea para adquirir, procesar, controlar datos los cuales serán presentados en la interfaz, en lenguaje G incluyendo funciones y estructuras.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales. El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

Las estructuras, similares a las declaraciones causales y a los bucles en lenguajes convencionales, ejecutan el código que contienen de forma condicional o repetitiva (bucle for, while, case,...). “Los cables son las trayectorias que siguen los datos desde su origen hasta su destino, ya sea una función, una estructura, un terminal, etc. Cada cable tiene un color o un estilo diferente, lo que diferencia unos tipos de datos de otros.” (Instrument, Tutorial de Labview, 2014) así como se presenta a continuación en la figura 11.

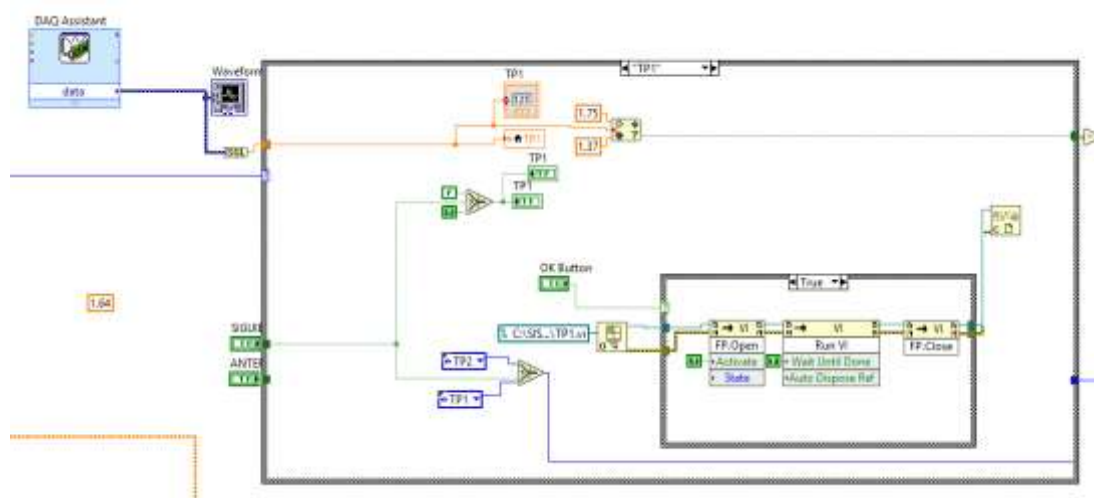


Figura 11 Ejemplo de un Diagrama en Bloques

- *Paletas*

Las paletas de LabVIEW son herramientas que ayudan a crear el diagrama de bloques y el panel frontal como se presenta en el Anexo D

2.7.2 Microsoft Word

Es un software de procesamiento y tratamiento de textos muy comunes en la mayoría de computadoras, posee características potentes como modelado de texto, plantillas, sinónimos.

2.7.2.1 Definición

El programa Microsoft WORD es un procesador de textos en español, desarrollado específicamente para ser ejecutado bajo Microsoft Windows, se define como “un procesador de texto, es un programa que nos permite escribir, y luego realizar todas las modificaciones necesarias para poderlo imprimir.” (Word M. , 2010)

2.7.2.2 Características Generales

- Permite realizar textos en formatos estándar, crear gráficos y dibujos de alta calidad.
- Ayuda a incorporar y vincular elementos de otras aplicaciones como LabVIEW.
- Imprimir documentos e imágenes en diferentes tamaños y formatos.

2.7.3 Microsoft Access

“Microsoft Access es un software de gestión de base de datos de nivel de entrada. La base de datos de MS Access no sólo es económica, sino también una poderosa base de datos para proyectos a pequeña escala.” (Tecnologías Información, 2017)

2.7.3.1 Características Generales

- Los usuarios pueden crear tablas, consultas, formularios e informes y conectarlos con macros.
- Opción de importar y exportar los datos a muchos formatos incluyendo Excel, Outlook, ASCII, dBase, Paradox, FoxPro, SQL Server, Oracle, ODBC, etc.
- También está el formato de base de datos Jet (MDB o ACCDB en Access 2007), que puede contener la aplicación y los datos en un archivo. Esto hace muy conveniente para distribuir la aplicación completa a otro usuario, que puede ejecutarla en entornos desconectados.
- Microsoft Access ofrece consultas parametrizadas. Estas consultas y tablas Access se pueden referenciar desde otros programas como VB6 y .NET a través de DAO o ADO.
- Las ediciones de escritorio de Microsoft SQL Server se pueden utilizar con Access como alternativa al motor de base de datos de Jet.
- “Microsoft Access es una base de datos basada en un servidor de archivos. A diferencia de los sistemas de administración de bases de datos relacionales cliente-servidor.
- Microsoft Access no implementa desencadenadores de base de datos, procedimientos almacenados o registro de transacciones.” (Tecnologías Información, 2017)

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Requerimientos del usuario.

La tarjeta de control del módulo amplificador de potencia es fabricada con diferentes elementos los cuales son susceptibles a fallas ya sea por el uso prolongado 24 horas/7 días o por fallas en los mismos, por lo tanto, estas tarjetas de control se someten a mantenimiento con gran frecuencia para corrección de sus posibles fallas.

Para desarrollar la diagnosis de la tarjeta de control los técnicos miden el voltaje en los diferentes puntos de prueba con un multímetro, posteriormente son registrados de manera escrita en un papel, para seguidamente digitalizarlos en una computadora mediante Microsoft Word en el cual además se anotan los trabajos realizados de acuerdo a las fallas encontradas.

La tarjeta de control se muestra en la figura 12, cuenta con 31 puntos de prueba que fueron obtenidos experimentalmente a lo largo de los años por los técnicos del EMDA, los mismos que se muestran en la tabla 1, aquí se especifica el rango de funcionamiento adecuado de cada punto de prueba y además, si existe o no una alarma en dicho punto, estas alarmas están especificadas por ser puntos críticos en la tarjeta de control, estos puntos críticos son los encargados de regular el voltaje de disparo de los MOSFET cuya función es de controlar la tarjeta de radiofrecuencia.

Estos puntos de prueba fueron obtenidos al realizar la medición de forma manual a una tarjeta de control nueva, la misma que permitió obtener una base de los posibles valores de voltaje de los puntos de prueba para un correcto funcionamiento de las tarjetas de control, además

permiten calibrar las tarjetas que están en proceso de mantenimiento o descartar las tarjetas dañadas al comparar los valores obtenidos con los valores de voltaje medidos en la tarjeta en proceso de diagnóstico.



Figura 12 Tarjeta de Control del Módulo PA

Tabla 1
Puntos de prueba

ORD	PUNTO DE PRUEBA	RANGO (voltios)	ALARMA
1	CP1	1.4-1.7 VDC	NO
2	CP2	50 VDC	NO
3	CP3	1.4-1.7 VDC	NO
4	CP4	50 VDV	SI
5	CP5	1.4-1.7 VDC	NO

6	CP6	50 VDC	NO
7	CP7	50 VDC	SI
8	CP8	50 VDC	SI
9	CP9	1.4-1.7 VDC	SI
10	CP10	32.07 VDC	NO
11	CP11	50 VDC	NO
12	CP12	27 VDC	NO
13	TP1	1.4-1.7 VDC	SI
14	TP2	1.4-1.7 VDC	SI
15	TP3	1.4-1.7 VDC	SI
16	TP4	1.4-1.7 VDC	SI
17	TP5	1.4-1.7 VDC	NO
18	TP6	0 VDC	NO
19	TP7	14.8-15.2 VDC	SI
20	TP8	4-4.5 VDC	SI
21	TP9	3.45 VDC	NO
22	TP10	0.063 VDC	NO
23	TP11	4-5 VDC	SI
24	TP12	4-5 VDC	SI
25	TP13	1.4-1.7 VDC	SI
26	TP14	4-5 VDC	SI
27	TP15	4-5.5 VDC	SI

28	MTP16	31.87-32.27 VDC	NO
29	MTP17	0 VDC	NO
30	MTP18	0 VDC	NO
31	MTP19	0 VDC	NO

Esta información deberá ser almacenada tanto de forma física como digital mediante una base de datos en Microsoft Access, de igual manera se requiere llevar un control de inventario para evitar pérdidas de tiempo innecesarias al salir a realizar la compra de materiales en el momento en que se está realizando el proceso de diagnóstico de una tarjeta de control.

A continuación, se muestra un listado de los requerimientos de los técnicos del EMDA.

- Una interface versátil.
- Un sistema robusto.
- Un sistema fácil de utilizar.
- El sistema sea confiable.
- Un sistema seguro, con usuario y contraseña.
- Informar de manera gráfica el lugar correcto de cada punto de prueba.
- Establecer los rangos correctos de funcionamiento de los 31 puntos de prueba
- Crear una alarma en los puntos de prueba críticos encargados de controlar la tarjeta de radio frecuencia.
- Generar un reporte impreso en el cual conste el valor de los 31 puntos de prueba, además de información de la tarjeta y del técnico encargado del mantenimiento

como: Número de serie de la tarjeta, procedencia de la misma, trabajos realizados, fallas encontradas entre otros.

- Almacenar de forma digital la información más relevante sobre el proceso de diagnóstico de cada tarjeta, se almacenará la misma información generada en el reporte impreso.
- Gestionar el inventario para evitar que el escuadrón de mantenimiento de la defensa aérea se quede sin repuestos o tarjetas de control nuevas.
- Crear una alarma de número de repuestos mínimo en el inventario para alertar al usuario y evitar quedarse sin repuestos.
- Que el sistema permita enriquecerse de información sobre cada tarjeta analizada. Generando así una base de datos con las fallas encontradas y las posibles soluciones a las mismas.
- Para la adquisición de datos se requiere una resolución de 0.01V para valores menores a 35V con una tolerancia del 10%, y una resolución de 0.1V para valores mayores a 35V con una tolerancia del 5%.

3.2 Diseño.

3.2.1 Esquema General Sistema Diagnosis

Debido a que el proceso de diagnóstico realizado por los miembros del Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea es manual, los tiempos que conlleva realizar este proceso es demasiado alto como se muestra en la tabla 2, aquí se expresa el tiempo llevado en analizar 4

tarjetas de control diferentes por cada uno de los miembros del Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea.

Tabla 2

Resultados medición de tiempo de trabajo

	Técnicos	1	2	3	4
Pruebas sin el sistema de diagnos	Técnico 1	1h 35' 42''	1h 30' 36''	1h 42' 48''	1h 33' 52''
	Técnico 2	1h 12' 35''	1h 20' 33''	1h 10' 25''	1h 09' 14''
	Técnico 3	1h 17' 34''	1h 21' 16''	1h 26' 19''	1h 16' 34''
	Técnico 4	1h 25' 15''	1h 18' 47''	1h 22' 36''	1h 14' 24''
	Técnico 5	1h 19' 24''	1h 24' 57''	1h 31' 54''	1h 29' 18''

Con el fin de reducir el tiempo empleado en realizar el proceso de diagnóstico de una tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del radar LTR-20 se diseñó un sistema de gestión automatizado para la diagnosis de dichas tarjetas, el mismo que permite adquirir los valores de cada uno de los 31 puntos de prueba de la tarjeta de control, los cuales se mostrarán en una Interfaz Hombre Máquina para su fácil interpretación como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 13.

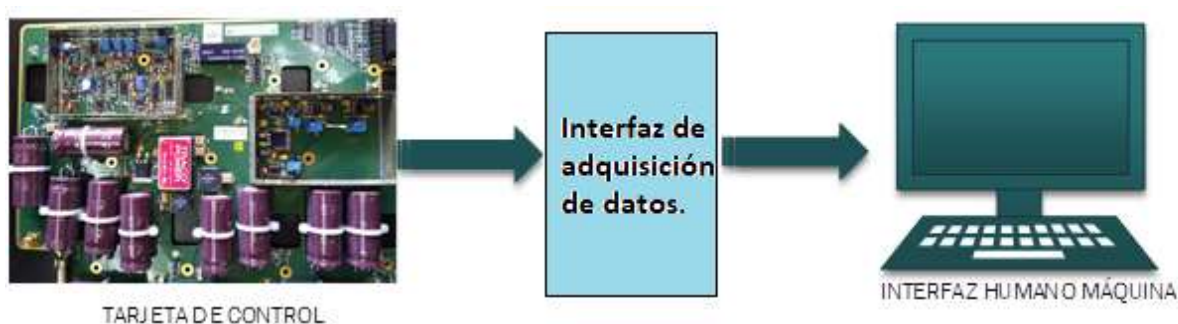


Figura 13 Esquema general Sistema de Diagnostico

3.2.2 Selección Hardware de Adquisición de datos

Con la finalidad de determinar el dispositivo de adquisición de datos acorde a los requerimientos del Escuadrón de Mantenimiento de Defensa Aérea, los cuales son medir el voltaje en los diferentes puntos de prueba (Varían de 0.063 VDC a 50 VDC), se procede a realizar la elección de la tarjeta de adquisición de datos adecuada para lo cual se toma en cuenta la tabla 3, en la cual se muestran diferentes tarjetas que cumplen con los requerimientos básicos además de algunas de sus características más importantes.

Tabla 3

Tabla comparativa NI myDAQ – NI myRIO – NI USB-6008

Requerimientos	NI myDAQ	NI myRIO	NI USB-6008
EMDA			
Diseño Interfaz Humano Máquina	Compatibilidad LabVIEW	Compatibilidad LabVIEW	Compatibilidad LabVIEW
Entradas Analógicas	Voltaje AC/DC -15V a 15V	± 10V	Diferencial ± 20V
Resolución	ADC 16 Bits	ADC 12 bits	ADC 12 bits diferencial
Tasa de muestreo (Sample rate)	200 kS/s	500 kS/s	10 kS/s
Impedancia de entrada	10 MΩ	> 500 kΩ	----
DMM	SI	NO	NO
Tasa de muestreo DMM	2kS/s	---	---
Entrada voltaje DC DMM (0.063 VDC a 50V)	Voltaje AC/DC 0 a 60V	---	---
Base de datos	Compatibilidad Access	Compatibilidad Access	Compatibilidad Access
Generación de Reporte	Compatibilidad Word	Compatibilidad Word	Compatibilidad Word
Precio Comercial Ebay	\$150	\$572	\$230

Considerando la tabla 3 se puede observar que la mejor opción es la tarjeta de adquisición de datos NI myDAQ sobre todo porque posee un multímetro digital (DMM) con compatibilidad con LabVIEW, Microsoft Word y Access que cumple con los requerimientos del Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea, además por su bajo costo comparando con las otras tarjeta de adquisición de datos, cumpliendo con los requerimientos de precisión, resolución y tolerancia como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4
Precisión DMM

DMM NI myDAQ			
Función	Rango	Resolución	Exactitud – Tolerancia
			\pm ([% de lectura]+offset)
Voltaje DC	200.0 mV	0.1 mV	0.5% + 0.2 mV
	2.000 V	0.001 V	0.5% + 2 mV
	40.00V	0.01V	0.5% + 20 mV
	60.0V	0.1V	0.5% + 200 mV

3.2.3 Esquema general de conexión.

El plano de conexión del sistema de diagnóstico se muestra en la figura 14, en el plano de conexión se muestra cómo se debe conectar la tarjeta de adquisición de datos MyDaq mediante el DMM (Multímetro Digital) hacia cada uno de los puntos de prueba de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia (PA), permitiendo la lectura de los valores de voltaje y visualizarlos mediante Labview.

3.2.4 Diseño de la Interface Humano Máquina.

Para el diseño de la interface se tomó como base norma ISA 101 la cual permite realizar una interface amigable y de fácil acceso hacia el usuario mediante una serie de varios indicadores.

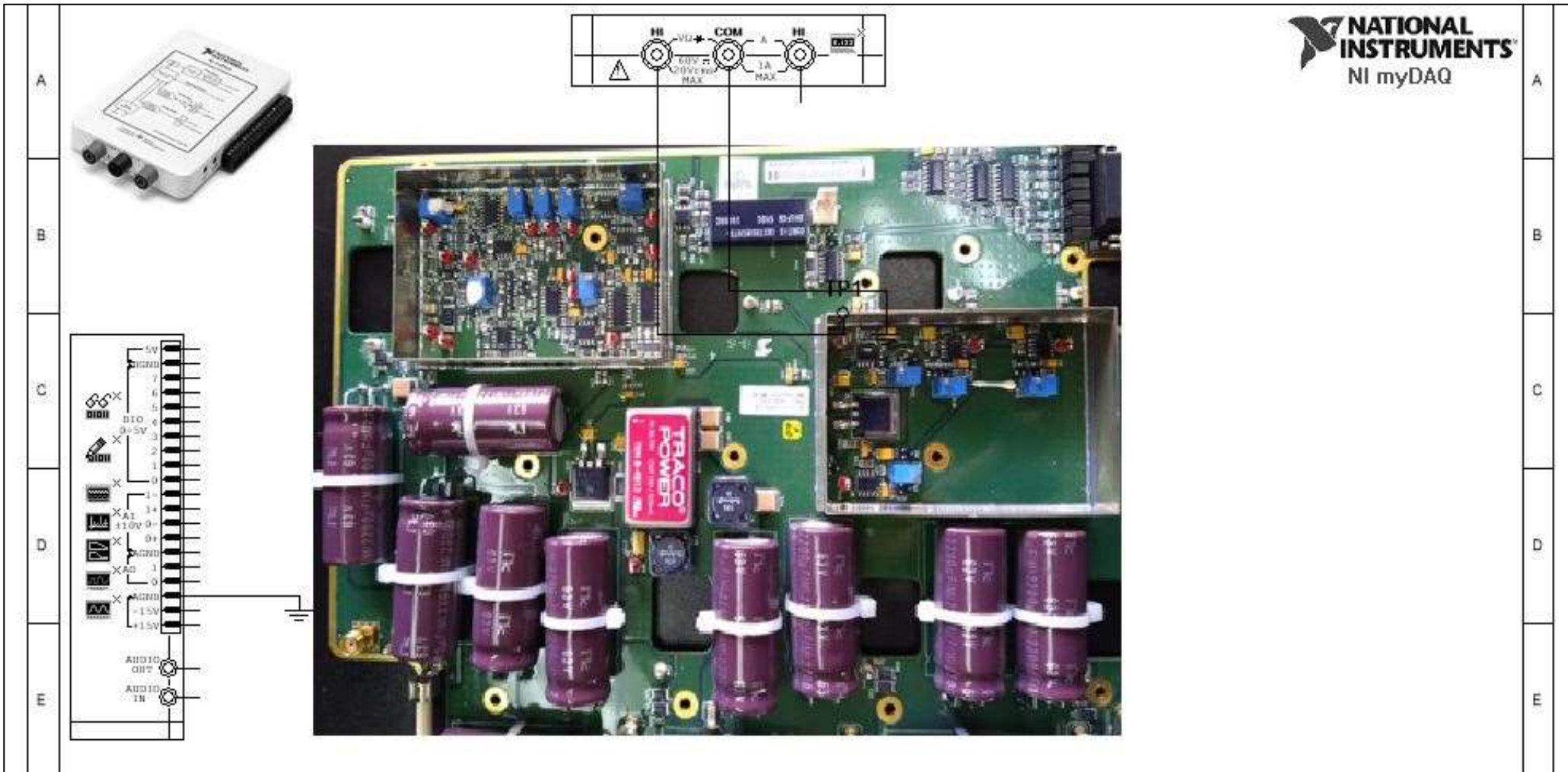


Figura 14 Plano de conexión del Sistema de Diagnostico

3.2.4.1 Arquitectura

La arquitectura es la encargada de generar un mapa en el cual se realiza la interconexión de las diferentes ventanas que se utilizan en un proceso. Esto permite analizar el número de pantallas secundarias y el proceso de navegación entre ellas.

El sistema de diagnóstico cuenta con el siguiente mapa de relación de pantallas como se muestra en la figura 15

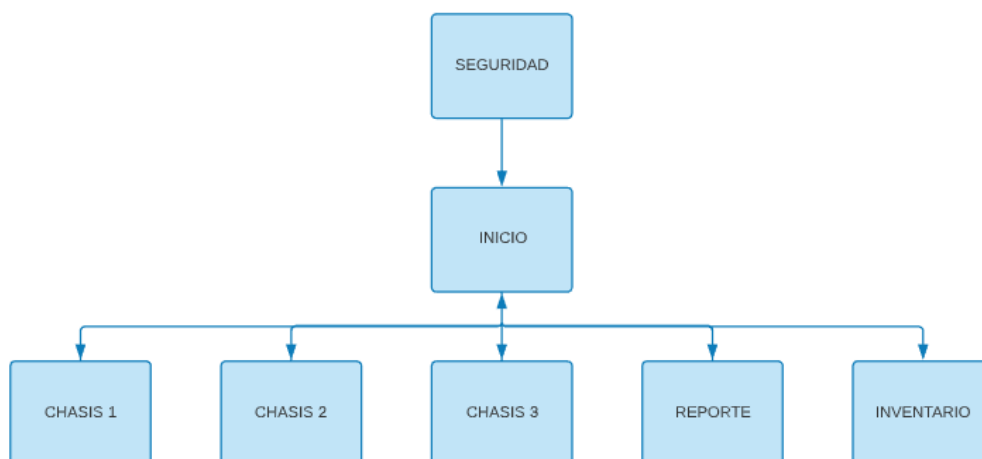


Figura 15 Arquitectura

3.2.4.2 Distribución de la pantalla

Para realizar una interfaz amigable al usuario es necesario primero generar una plantilla inicial la cual servirá de base para el diseño de cada una de las pantallas. Para construir esta plantilla se pueden seguir algunos indicadores:

- “Considerar que, según el Diagrama de Gutenberg, el Movimiento del ojo va de arriba a abajo y de izquierda a derecha, describiendo el movimiento de una “Z”.” (Yachau, 2014)
- Tomar en cuenta que la información más importante debe ir en la parte superior.
- El lugar de mayor visibilidad es el centro de la pantalla.
- El lugar adecuado para imágenes o gráficos es a la izquierda de la pantalla.

Para nuestro sistema de gestión de mantenimiento se realizó la siguiente distribución de la pantalla como se muestra en la figura 16

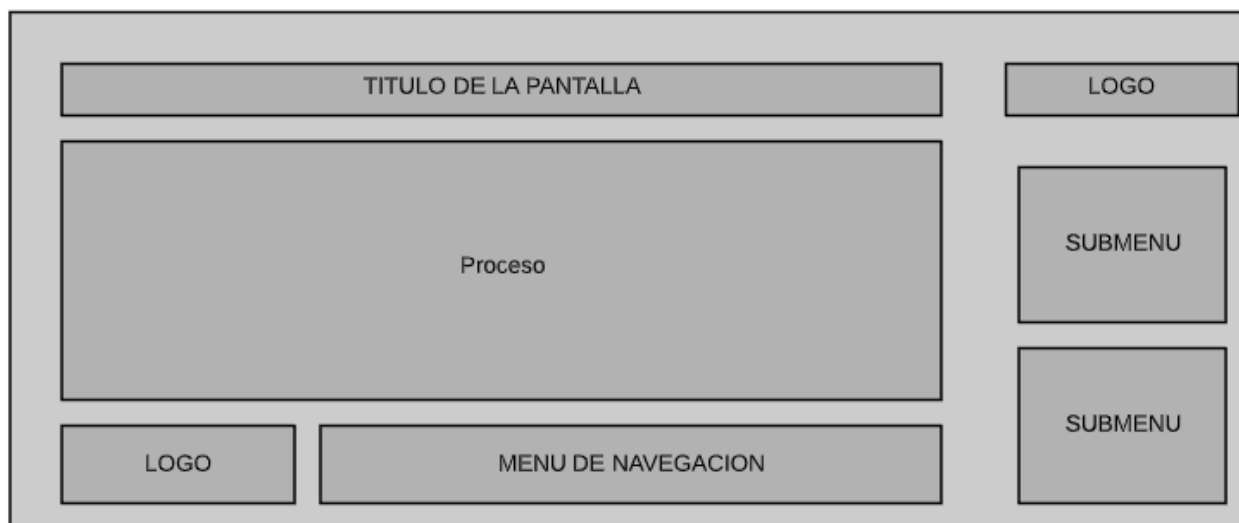


Figura 16 Distribución de la pantalla

3.2.4.3 Uso del color y texto

El uso del color es uno de los factores más representativos en el diseño de las interfaces hombre-máquina, un uso adecuado de este permite una interfaz llamativa fácil de interpretar. Se deben tomar varios puntos en el uso del color:

- Color del texto en general.
- Color del fondo de la pantalla.
- Color de variables de proceso.

“La información del proceso es presentada al usuario por medio de varios elementos de los cuales el comúnmente más usado es el texto. Es importante regular el uso de este elemento para informar eficazmente al operador respecto al estado del proceso, por lo que se debe establecer un estándar que rija su utilización. Las características del texto que se deben definir para este fin son las siguientes: el uso de fuentes, el tamaño del texto, la alineación, el espaciamiento, los acrónimos y las abreviaturas.” (Yachau, 2014)

3.3 Desarrollo.

3.3.1 Adquisición de datos mediante Labview

Labview para enlazarse con la tarjeta de adquisición de datos MyDaq necesita utilizar la librería DaqMX la cual permite utilizar todas diferentes funciones disponibles en la tarjeta de adquisición de datos MyDaq, estas funciones se muestran en la figura 17.

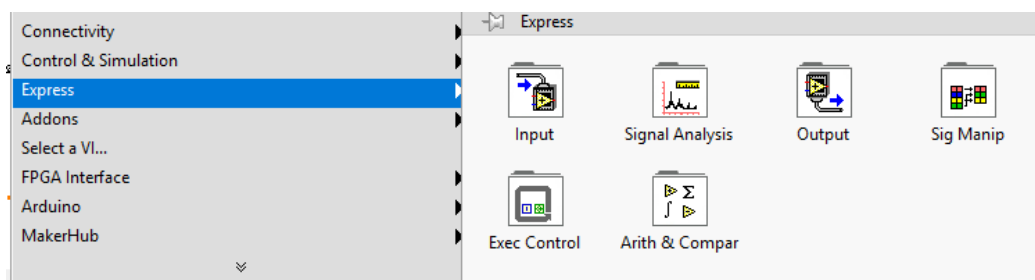


Figura 17 Funciones DaqMX (National Instrument, 2019)

Esta librería puede ser descargada de internet e instalada manualmente o mediante el complemento NI Package Manager incluido en Labview

El bloque encargado de la comunicación y adquisición de datos es DAQ ASSIST el mismo que permite seleccionar el tipo de entrada o salida ya sea analógica o digital, así como también permite seleccionar el tipo de señal a medir como temperatura, voltaje, frecuencia, corriente, resistencia entre otras como se muestra en la figura 18.

Para nuestro caso se seleccionó el tipo de entrada como Voltaje, posteriormente se tomó como entrada el DMM (multímetro) el cual viene incorporado en la tarjeta MyDaq. El DMM permite medir voltajes de hasta 60 vdc, lo cual no se puede realizar mediante las entradas analógicas las mismas cuyo rango de funcionamiento es de -10 VDC a 10 VDC.

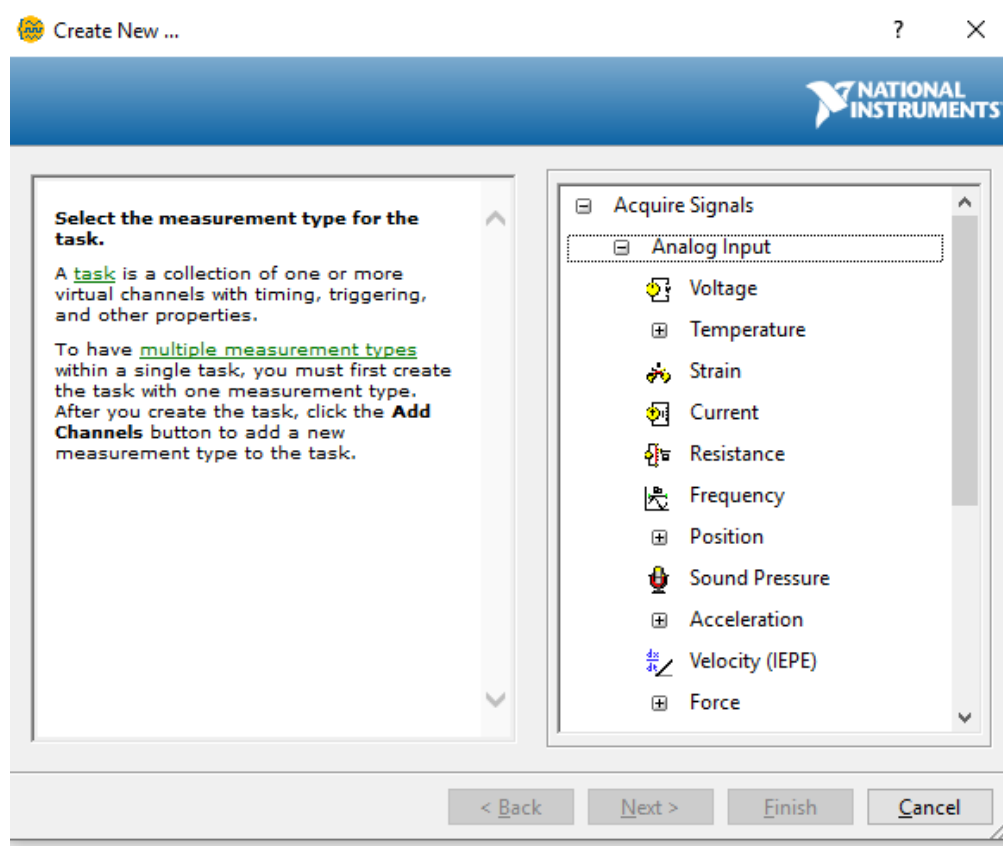


Figura 18 DAQ ASSIST (National Instrument, 2019)

3.3.2 Seguridad de ingreso

Para implementar un nivel de seguridad se utilizó un método de acceso mediante usuario y contraseña los mismos que solo son de conocimiento de los miembros del EMDA.

Como primer paso en el desarrollo se realizó un proceso secuencial en el cual al inicio se ingrese a un proceso de seguridad y seguidamente al desarrollo del diagnóstico.

La estructura “Flat Sequence” permite programar un proceso secuencial, en nuestro caso utilizamos una estructura de 4 frames secuenciales descrito en la tabla 5 y figura 19

Tabla 5

Estructura flat Sequence

FRAME	DESCRIPCION
1	SEGURIDAD
2	REINICIO DE VARIABLES
3	LECTURA DE DATOS DE INVENTARIO
4	DESARROLLO DE LA DIAGNOSIS

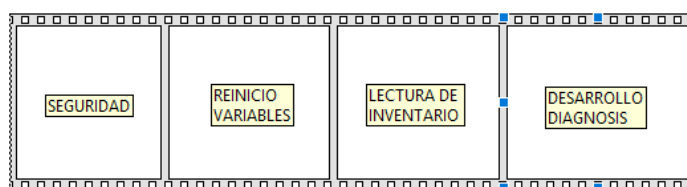


Figura 19 Programa Secuencial.

Cada frame se explica detalladamente en su respectivo bloque, ahora nos centramos en el primer frame encargado de la seguridad.

Para este propósito se utilizó un bloque de programación llamado “PROMP USER” el cual permite desplegar una ventana en la cual se ingresa la información deseada en este caso el nombre de usuario y contraseña como se muestra en la figura 20 y 21.

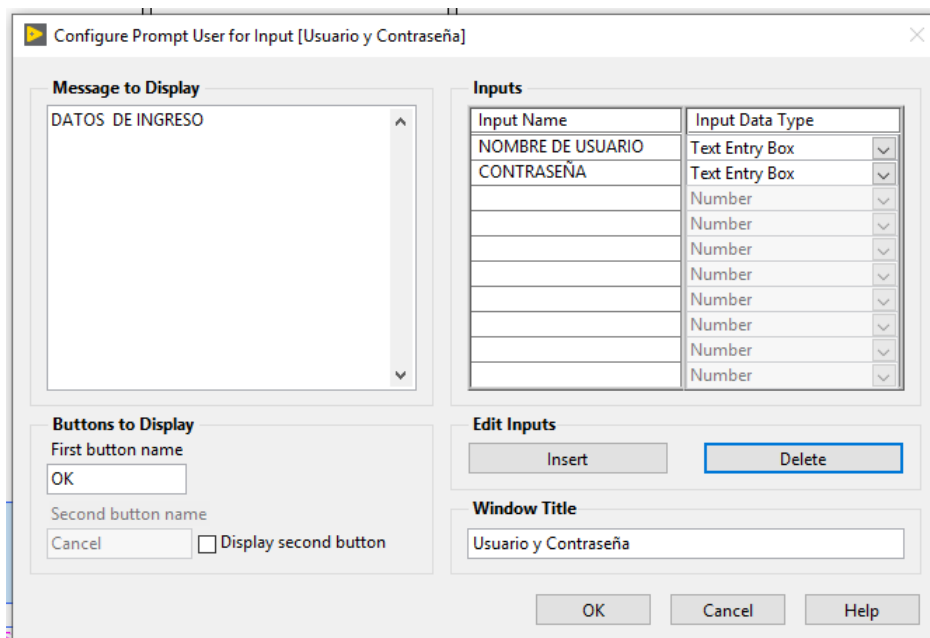


Figura 20 Promp User configuración. (National Instrument, 2019)

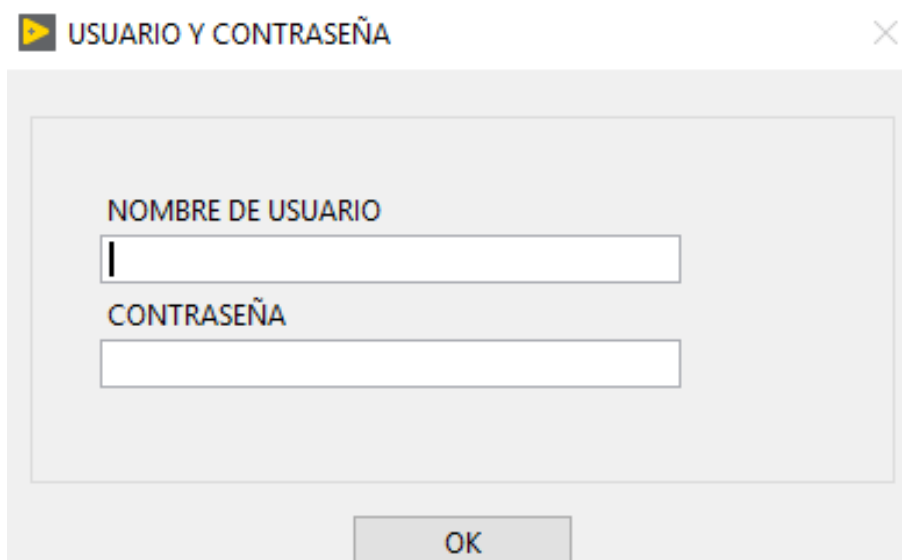


Figura 21 Promp User

Prompt User permite obtener un código binario dependiendo de las opciones ingresadas ya sea usuario correcto (1) o incorrecto (0) así mismo como la contraseña obteniéndose una tabla de verdad (tabla 6) que permite mostrar un mensaje con su respectivo aviso estos datos obtenidos se almacenan en un array para su uso posterior.

Tabla 6

Lógica usuario - contraseña

USUARIO	CONTRASEÑA	AVISO
0	0	Usuario y contraseña incorrectos
0	1	Usuario incorrecto
1	0	Contraseña incorrecta
1	1	Usuario y contraseña correctos

Para poder desplegar los avisos correspondientes se utilizó una estructura “CASE STRUCTURE” la cual permite trabajar mediante casos (0,1,2,3, etc.) facilitando el trabajo de selección de opciones según los datos ingresados por el usuario, cabe recalcar que este “Case Structure se encuentra en el frame 4”.

3.3.3 Reinicio de variables.

Como en todo programa se utiliza tanto variables locales como globales la cuales almacenan datos para su posterior procesamiento por lo tanto es necesario reinicializar el valor de cada una de ella para evitar el solapamiento y pérdida de información, este reinicio o encendido de las variables se realizó en el frame 2 como muestra la figura 19.

Para realizar este proceso de encendido o reinicio de variables se utiliza un “Invoke Node” el cual llama a un método o referencia, en la cual se configura el reinicio a los valores por defecto como se muestra en la figura 22.

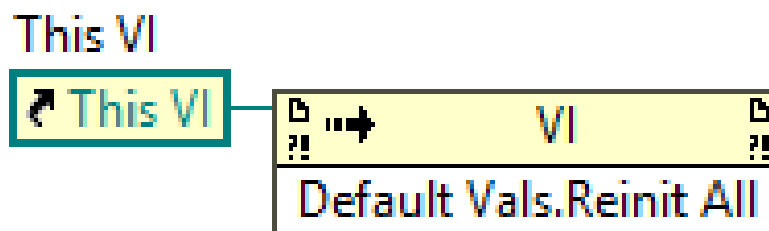


Figura 22 Invoke Node

Invoke Node tiene un parámetro de entrada o referencia en el que se relaciona el VI sobre el que se va a realizar la acción, además se puede configurar diferentes acciones, en este caso se seleccionó la acción “DEFAULT VALS REINIT ALL” que permite reinicializar todos los valores a sus valores por defecto.

3.3.4 Desarrollo de la Diagnósis

El desarrollo de la diagnóstico se da en el frame 3 en el cual se realiza la adquisición de datos, el almacenamiento en una base de datos externa, la generación de un reporte con la información más relevante del proceso de diagnóstico además de la lectura y escritura de un inventario con los elementos disponibles en el Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA).

Para facilitar la comprensión del programa realizado se analizará el desarrollo por bloques funcionales como se muestra en la figura 23.

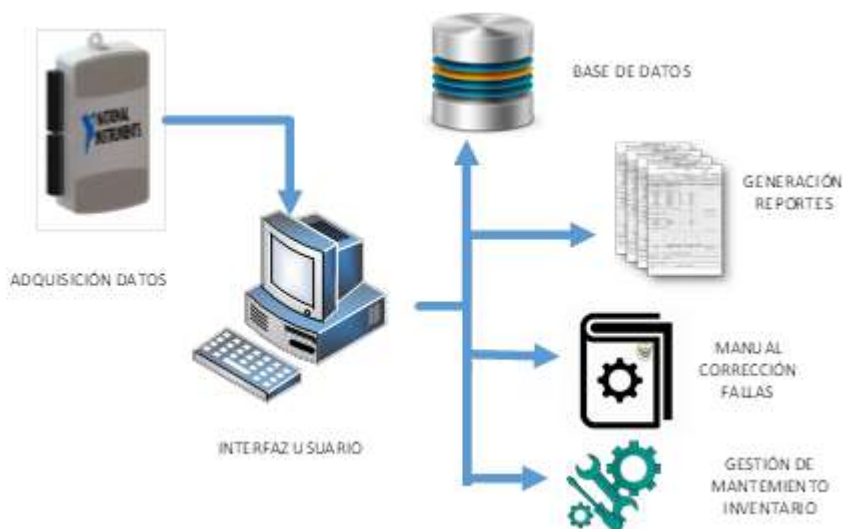


Figura 23 Esquema del sistema gestión automatizado para el mantenimiento.

3.3.4.1 Adquisición de datos.

Para poder obtener la información de los 31 puntos de prueba de las tarjetas de control del módulo amplificador de potencia se utilizó la tarjeta de adquisición de datos MyDag, la misma que permite obtener datos ya sea de voltaje, corriente, temperatura, torque entre otros valores a partir de sus entradas analógicas, además que permite realizar un escalamiento de los valores permitiendo leer datos entre 0 VDC y 60 VDC en nuestro caso, abarcando todo el rango requerido por los usuarios en las tarjetas de control del módulo amplificador de potencia. Más información sobre esta tarjeta se encuentra en el capítulo 2.

En Labview para poder obtener los valores en voltaje de los diferentes puntos de prueba se utiliza el DAQ Assistant anteriormente mencionado el mismo que a su salida nos da el valor de voltaje como un número real. Este valor es mostrado en la interface y además es almacenado en variables locales para su posterior uso como se muestra en la figura 24.

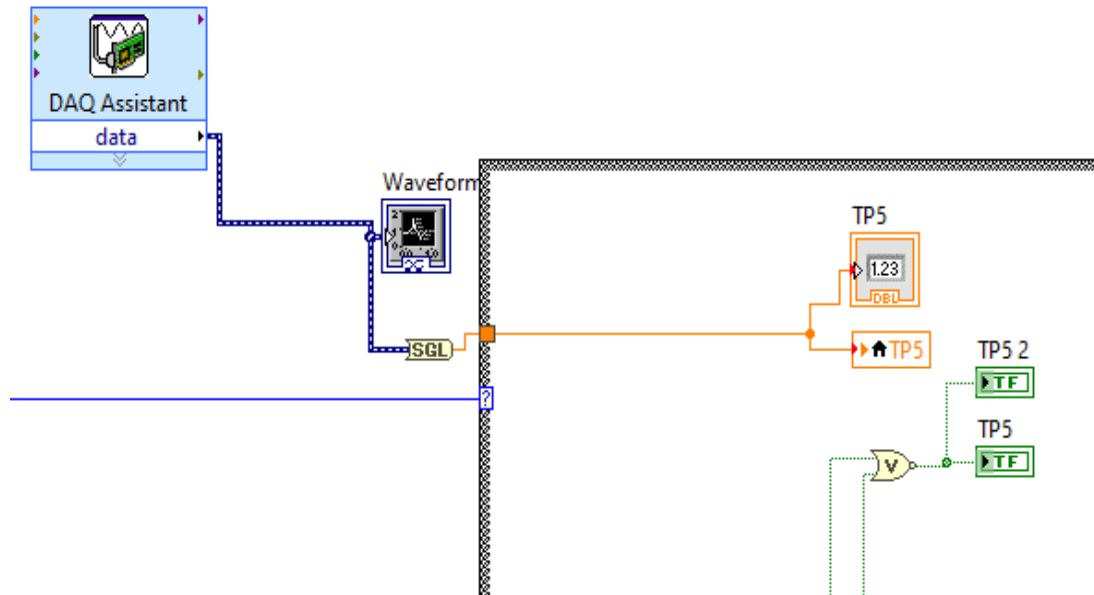


Figura 24 Adquisición de datos.

En la figura 24 se muestra un ejemplo de la adquisición de datos de un punto de prueba en el cual se muestra el DAQ Assistant el cual se encarga de transformar la variable voltaje a un número real y posteriormente se muestra en pantalla mediante el indicador numérico TP5 seguidamente se almacena en una variable local del mismo nombre.

Un requerimiento adicional del usuario es que en ciertos puntos de prueba críticos se cree una alarma e indicador que el voltaje medido esta fuera de rango que se muestran en la tabla 5, además de poder desplegar una pantalla con los posibles errores encontrados en cada punto de prueba y que la venta de errores pueda ser modificada por el operador permitiendo agregar nuevos errores encontrados con lo cual la aplicación pueda enriquecerse con cada tarjeta diagnosticada defectuosa.

Para poder crear las alarmas en los diferentes puntos de prueba se procedió a realizar una comparación entre el valor medido y el rango de voltajes establecidos por cada punto de prueba, como se muestra en la figura 25.



Figura 25 Alarma

En la figura 25 se muestra un ejemplo de la alarma del punto de prueba TP1, en el cual el valor obtenido mediante el DAC Assistant luego de ser mostrado en pantalla y almacenado, pasa a un bloque comparador mostrado en el círculo rojo el cual tiene 3 entradas la primera el límite superior, la segunda el valor a comparar y la tercera el límite inferior. Cuya salida es un valor booleano (0,1), la misma que activa un mensaje de diálogo que se muestra en el círculo azul, este mensaje se muestra en la figura 26

Además, se creó una ventana de errores que permite mostrar los errores que pueden causar que el voltaje medido en cada punto de prueba este fuera de los límites establecidos

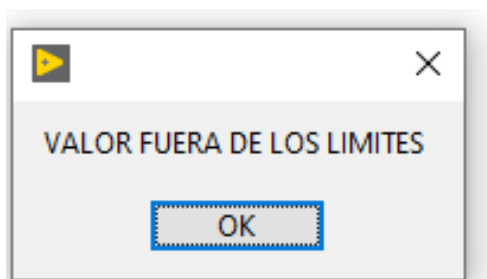


Figura 26 Mensaje de Alarma

además se puede modificar y realimentar la ventana de errores permitiendo a nuevos operarios saber sobre las posibles y nuevas fallas que pueden suceder en cada una de las tarjetas de control del módulo amplificador de potencia como se muestra en la figura 27.

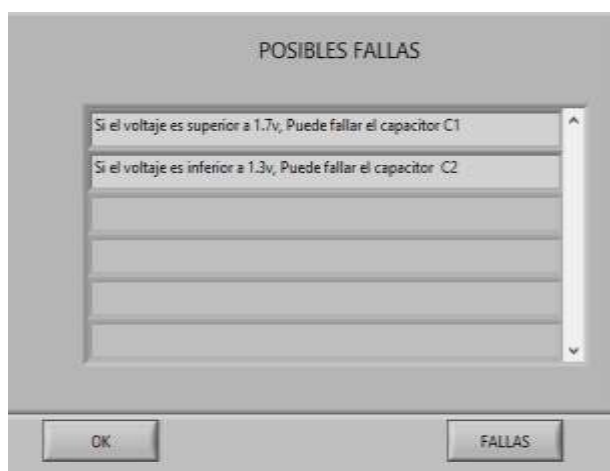


Figura 27 Ventana de errores

Se incluyó el botón FALLAS como se muestra en la figura 27, el mismo que despliega una ventana que permite aumentar las supuestas fallas encontradas en los diferentes puntos de prueba como se muestra en la figura 28.

Estas fallas se almacenan en un archivo .txt el mismo que se encuentra en una carpeta en el disco local C, donde se almacenan los errores de cada punto de prueba.



Figura 28 Nuevas fallas encontradas

3.3.4.2 Base de datos

Labview es un software que permite trabajar enlazado con diferentes sistemas, softwares e incluso hardware, por lo cual fue una gran herramienta para el desarrollo de una base de datos que permita almacenar la información más relevante del proceso de diagnóstico de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia, entre la cual se almacena el voltaje de todos los puntos de prueba además de la información básica del operador y la procedencia de la tarjeta.

Para lograr este cometido se procedió a realizar un enlace entre Labview y el software Microsoft Access el cual permite realizar bases de datos permitiendo almacenar cualquier tipo de información.

A continuación, se lista la información que se almacena en la base de datos en Access.

Datos a almacenar en la base de datos.

1. Nombre del operador.
2. Número de serie de la tarjeta.
3. Procedencia de la tarjeta.
4. Se pudo solventar la falla.
5. Fecha.
6. Hora.
7. Todos los puntos de prueba.

Esta información se almacena en variables locales, posteriormente se crea una matriz de datos que permite llevarla al bloque de base de datos y almacenarla en Microsoft Access, la información es ingresada por el operador en la pestaña REPORTES ya que es la misma

información que se genera en los reportes al darle clic en IMPRIMIR como e muestra en la figura 29.

Los valores de los puntos de prueba son almacenados de forma automática.



Figura 29 Generación de reportes

Para lograr almacenar los datos de los puntos de prueba como la información ingresada por el operador es necesario utilizar un bloque llamado NI_Database_Api.lib este bloque se lo encuentra en la librería de base de datos que se puede instalar mediante el NI PACKAGE MANAGER, a este bloque ingresan en una matriz la información a almacenar y en un vector columna los títulos de la información ingresada mediante la matriz como se muestra en la figura 30.

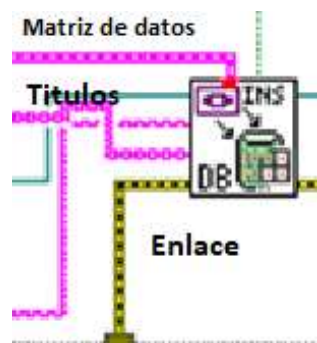


Figura 30 Bloque NI_Database_Api.lib.

3.3.4.3 Generación de reportes

La creación o generación de reportes es una herramienta útil para el proceso de mantenimiento del Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA) que permite sustituir o complementar la bitácora escrita llevada por los miembros de este escuadrón.

El sistema de gestión de mantenimiento de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del radar LTR20 permite generar un reporte escrito mediante el software Microsoft Word, en el cual se muestra la información más relevante del proceso de mantenimiento entre los cuales está: el valor de cada uno de los puntos de prueba, además la información correspondiente de cada tarjeta como número de serie, lugar de origen, nombre del operador, fallas detectadas y las posibles soluciones.

Este reporte puede ser impreso o almacenado para tenerlo como evidencia del proceso de mantenimiento de dicha tarjeta.

Para la generación de este reporte la información ingresada por el operador y la de los puntos de prueba es almacenada en una matriz de datos la cual es enviada a Microsoft Word mediante un enlace generado automáticamente por Labview.

En la figura 31 se muestra la información generada en el reporte, la misma que es almacenada en la base de datos.

En la figura 32 se muestra la interface del Sistema de Gestión Automatizado, en la cual se muestra los espacios necesarios para ingresar la información antes mencionada.

Posterior al ingreso de dicha información es necesario realizar clic en el botón imprimir con lo cual se genera de forma automática el reporte en Microsoft Word además de almacenar la información en la base de datos.




ESCUADRÓN DE MANTENIMIENTO DE LA DEFENSA AÉREA
GENERACIÓN DE REPORTES

Operador: Sergio Tirado Fecha: 03/07/2019

Hora: 12:53 p. m.

Número de Serie Tarjeta de Control: EGEEGEG

Procedencia: Escuadrón Lumbahuí

Descripción de la falla:
Se detectaron fallas en los capacitores de entrada además de una reducción en los voltajes del transistor en el punto PT9

Se pudo corregir la falla existente: SI

Trabajos realizados: Reemplazo del capacitor dañado.

MEDIDAS DE VOLTAJE EN LOS DIFERENTES PUNTO DE PRUEBA

Punto de Prueba	VOLTIOS
TP1	1.432
TP2	1.409
TP3	1.568
TP4	1.432
CP9	1.432
CP6	1.409

Figura 31 Reporte en Microsoft Word



Figura 32 Interface

3.3.4.4 Gestión de inventarios

El manejo de inventarios en cualquier estación de mantenimiento es esencial para el control tanto de piezas como de herramientas, por lo cual el sistema de diagnóstico permite llevar un mejor control de todo lo relacionado al inventario del Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA).

Para lograr este objetivo se utiliza el frame 3 detallado en la tabla 6 en el cual se realiza la lectura y inicialización de todas las variables necesarias para el manejo del inventario.

Estas variables son leídas desde una hoja de Microsoft Excel en la cual se encuentran detallados todos los elementos que se encuentran en el EMDA, incluido elementos de reparación como tarjetas de repuesto como se muestra en la figura 33.

CAPACITORES	39
RESISTENCIAS	49
FUSIBLES	50
MOSFET	49
TARJETAS	50

Figura 33 Variables de inventario

En la figura 33 se muestran las variables iniciales, las mismas que pueden ser modificadas ya sea desde la herramienta de mantenimiento o desde su respectiva hoja de Microsoft Excel.

Una vez modificado un valor de estas variables el sistema de diagnóstico actualizara sus valores de forma automática.

La interface del sistema de mantenimiento figura 34, permite seleccionar el número de elementos a utilizar además muestra el número de elementos que se encuentran en Stock.

Si el número de elementos en Stock es inferior a 10 elementos en algún tipo de repuesto el sistema lanza una pantalla de alerta con el fin de evitar que el Escuadrón de Mantenimiento se quede sin elementos para el mantenimiento de las tarjetas de control del módulo amplificador del radar LTR20.



Figura 34 Interface del inventario

3.3.4.5 Manual de usuario

Para realizar un uso correcto de la aplicación se adjunta el manual de usuario como se presenta en el Anexo F

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Cálculo de la muestra EMDA

Con la finalidad de poder determinar el porcentaje de optimización de tiempo en el desarrollo de la diagnosis de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia, se realizaron varias pruebas con la finalidad de comparar la diagnosis con el sistema de gestión automatizada y sin el sistema de gestión automatizada de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia.

Para lo cual consideró una población de 5 personas que son el número de usuarios que trabajan directamente en el mantenimiento de la tarjeta de control.

Conociendo los siguientes datos:

- Población $N=5$
- Valor de la tabla de distribución normal estándar correspondiente a un Nivel de confianza del 95% $\Rightarrow Z=1.96$
- Probabilidad de tener factor de riesgo $p=80\%$
- Probabilidad de no tener factor de riesgo $q=1-p = 20\%$
- Error máximo permisible $E=8\%$
- Varianza de la población $\sigma^2=p \times q = 0.16$

Aplicando la fórmula (1) de tamaño de muestra:

$$n_{opt} = \frac{Z^2 \times N \times \sigma^2}{Z^2 \times \sigma^2 + N \times E^2} \quad (1)$$

$$n_{opt} = \frac{1.96^2 \times 5 \times 0.16}{1.96^2 \times 0.16 + 5 \times 0.08^2} = 4.75 \sim 5$$

Como podemos observar en este caso debido a que la población es muy pequeña la muestra es la misma que son las 5 personas que trabajan en el Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA).

Se tiene así el número de personas con la cuales vamos a realizar pruebas sin el sistema de gestión automatizado y con el sistema de gestión automatizado para el mantenimiento de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia del radar LTR 20 de la Defensa Aérea.

4.2 Indicadores propuestos para el EMDA

Una vez determinado el tamaño de la muestra, el proceso de mantenimiento del EMDA de las tarjetas de control, y el sistema de diagnóstico como parte de este proceso, se debe considerar una serie de indicadores que identifiquen la importancia del sistema de gestión automatizado para el mantenimiento de la tarjeta de control, buscando medir los diferentes objetivos planteados utilizando para ellos varias pruebas, que permiten cuantificar los resultados obtenidos, los cuales son:

Tabla 7
Indicadores de Gestión propuestos

INDICADOR

DEFINICIÓN

Tiempo promedio de diagnosis	Tiempo promedio que se tarda la ejecución de la diagnosis como parte del mantenimiento correctivo realizado por los técnicos de mantenimiento del EMDA.
Promedio de reporte de fallas:	Permite detectar el número promedio de fallas en un período de tiempo dado.
Cantidades de intervenciones de diagnosis	Es el número de intervenciones de diagnosis en las labores de mantenimiento correctivo en un período de tiempo determinado.
Utilización del equipo	Define el tiempo de utilización del sistema respecto al tiempo que demora el mantenimiento del equipo

4.2.1 Tiempo promedio de diagnosis.

4.2.1.1 Análisis sin el sistema de Gestión automatizado

Para obtener información del tiempo que se demoran en hacer la diagnosis sin el sistema de gestión automatizada se considera la población completa ya que una muestra no es necesario por el número de técnicos que trabajan en el EMDA que son 5 personas. Además, se observa que con 4 mediciones de tiempo existe un 95% de confiabilidad en diferentes días, registrado de la siguiente manera:

Tabla 8

Resultados medición de tiempo de trabajo sin el sistema de gestión automatizado

	Técnicos	1	2	3	4
Pruebas sin el sistema de diagnosis	Técnico 1	1h 35' 42''	1h 30' 36''	1h 42' 48''	1h 33' 52''
	Técnico 2	1h 12' 35''	1h 20' 33''	1h 10' 25''	1h 09' 14''
	Técnico 3	1h 17' 34''	1h 21' 16''	1h 26' 19''	1h 16' 34''
	Técnico 4	1h 25' 15''	1h 18' 47''	1h 22' 36''	1h 14' 24''
	Técnico 5	1h 19' 24''	1h 24' 57''	1h 31' 54''	1h 29' 18''

Aplicando la conversión a minutos se tiene los datos mostrados en la tabla 9:

Tabla 9
Resultados medición de tiempo de trabajo en minutos

	Técnicos	1	2	3	4
Pruebas sin el sistema de diagnosis	Técnico 1	95.7'	90.6'	102.8'	93.86'
	Técnico 2	72.58'	80.55'	70.42'	69.23'
	Técnico 3	77.56'	81.26'	86.32'	76.56'
	Técnico 4	85.25'	78.78'	82.6'	74.4'
	Técnico 5	79.4'	84.95'	91.9'	89.3'

Una vez tomado los tiempos se puede sacar varias medidas estadísticas las cuales se presentan en el Anexo E, para después realizar una comparación con los tiempos tomados utilizando el sistema de diagnosis.

Estos elementos estadísticos facilitan comparar los tiempos con y sin el sistema de diagnóstico por cada técnico, como se presenta a continuación:

Tabla 10
Datos estadísticos Técnicos EMDA sin sistema de gestión automatizada

<i>Datos estadísticos</i>	<i>Subs. Rengifo</i> <i>Gerson</i>	<i>Sgop. Tirado</i> <i>Sergio</i>	<i>Sgop. Flores</i> <i>Juan</i>	<i>Sgop. Chanatasig</i> <i>William</i>	<i>Sldo. Chinchuña</i> <i>Jefferson</i>
Media	95.74	73.20	80.43	80.26	86.39
Mediana	94.78	71.50	79.41	80.69	87.13
Desviación estándar	5.16	5.10	4.42	4.72	5.47
Varianza de la muestra	26.60	25.97	19.53	22.30	29.92
Rango	12.20	11.32	9.76	10.85	12.50
Mínimo	90.60	69.23	76.56	74.40	79.40
Máximo	102.80	80.55	86.32	85.25	91.90
Suma	382.96	292.78	321.70	321.03	345.55
Nivel de confianza (95%)	8.21	8.11	7.03	7.51	8.70

Una vez obtenido los datos estadísticos de cada uno de los técnicos se puede analizar lo siguiente:

Comparando las medias de todos los técnicos se puede evidenciar que el Técnico 2 es el más eficiente con una media de 73.2' minutos, y una mediana de 71.5' minutos para realizar la diagnosis de la tarjeta de control sin el sistema de gestión automatizada.

Esta eficiencia se debe a que este técnico tiene mayor experiencia en este tipo de trabajos, además que dentro de sus estudios superiores posee una Ingeniería en Electrónica e Instrumentación.

4.2.1.2 Análisis con el sistema de Gestión automatizado

Una vez ya realizado el análisis de la tarjeta de control sin el sistema de gestión automatizada se procede a realizar pruebas en las cuales se utilice el sistema de gestión automatizado en la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia (PA) del radar LTR-20, tomando los tiempos de cada Técnico del EMDA, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 11

Resultados medición de tiempo de trabajo con el sistema de gestión automatizado

	Técnicos	1	2	3	4
Pruebas sin el sistema de diagnosis	Técnico 1	56' 15''	1h 02' 18''	1h 03' 43''	58' 16''
	Técnico 2	43' 52''	45' 47''	41' 12''	44' 39''
	Técnico 3	47' 23''	49' 54''	48' 27''	49' 44''
	Técnico 4	53' 17''	52' 33''	54' 51''	50' 58''
	Técnico 5	52' 36''	49' 42''	53' 18''	52' 41''

Aplicando la conversión a minutos se tiene la siguiente tabla:

Tabla 12

Resultados medición de tiempo de trabajo con el sistema de gestión automatizado

	Técnicos	1	2	3	4
Pruebas con el sistema de diagnosis	Técnico 1	56.25'	62.30'	63.72'	58.27'
	Técnico 2	43.87'	45.78'	41.20'	44.65'
	Técnico 3	47.38'	49.90'	48.45'	49.73'
	Técnico 4	53.28'	52.55'	54.85'	50.97'
	Técnico 5	52.60'	49.70'	53.30'	52.68'

Una vez medido los tiempos de cada técnico utilizando el sistema de gestión automatizada se puede obtener una tabla con los datos estadísticos que nos permitirá verificar la versatilidad del sistema y evaluar el desempeño de manera individual como se presenta a continuación:

Una vez realizado el análisis estadístico se puede observar que todos los Técnicos del EMDA mejoraron el tiempo de diagnóstico en la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia, para obtener un valor cuantitativo se procede a comparar la media del tiempo que cada técnico demora sin usar y usando el sistema de gestión automatizado para la diagnosis.

Tabla 13
Datos estadísticos Técnicos EMDA con sistema de gestión automatizada

<i>Datos estadísticos</i>	<i>Técnico 1</i>	<i>Técnico 2</i>	<i>Técnico 3</i>	<i>Técnico 4</i>	<i>Técnico 5</i>
Media	60.14	43.88	48.87	52.91	52.0
Mediana	60.29	44.26	49.09	52.92	52.6
Desviación estándar	3.47	1.95	1.18	1.61	1.6
Varianza de la muestra	12.04	3.80	1.40	2.60	2.5
Rango	7.47	4.58	2.52	3.88	3.6
Mínimo	56.25	41.20	47.38	50.97	49.7
Máximo	63.72	45.78	49.90	54.85	53.3
Suma	240.54	175.50	195.46	211.65	208.2
Nivel de confianza (95%)	5.52	3.10	1.88	2.56	2.5

Tabla 14
Porcentaje de mejora de tiempo en la diagnosis de la tarjeta de control

<i>MEDICIÓN TIEMPO</i>				
<i>Técnicos</i>	<i>SIN SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADA (minutos)</i>	<i>CON SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADA (minutos)</i>	<i>Diferencia (minutos)</i>	<i>% MEJORA</i>
Técnico 1	95.74	60.14	35.60	37.18%
Técnico 2	73.2	43.88	29.32	40.05%
Técnico 3	80.43	48.87	31.56	39.24%
Técnico 4	80.26	52.91	27.35	34.08%
Técnico 5	86.39	52	34.39	39.81%
PROMEDIO	83.20	51.56	31.64	38.07%

Según el análisis estadístico se puede evidenciar que existe una mejora promedio de **38.07%** en el tiempo que cada técnico se demora al realizar la diagnosis con el sistema de gestión automatizada, lo que demuestra una reducción significativa en la diagnosis, así mismo cabe resaltar que después

de cada trabajo de mantenimiento se realiza la diagnosis para verificar que la tarjeta se encuentra dentro de los parámetros de funcionamiento normal.

4.2.2 Promedio de reporte de fallas

Con la finalidad de analizar el acierto de fallas encontradas durante la diagnosis de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia se procedió a verificar cuántas posibles fallas se detectan tanto de la manera tradicional es decir sin el sistema de gestión automatizado como con el sistema de gestión automatizada. Para lo cual se obtuvo los resultados mostrados en la tabla 15:

Tabla 15

Porcentaje de aumento de detección de fallas de la tarjeta de control

TÉCNICOS EMDA	NÚMERO DE FALLAS ENCONTRADAS		% PROCENTAJE DE AUMENTO DE DETECCIÓN DE FALLAS
	SIN SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADO (EA)	CON SISTEMA DE GESTIÓN AUTOMATIZADO (EA)	
Técnico 1	4	5	25.00%
Técnico 2	5	7	40.00%
Técnico 3	3	4	33.33%
Técnico 4	4	5	25.00%
Técnico 5	3	4	33.33%
		PROMEDIO	31.33%

Entre las fallas encontradas SIN el Sistema de Gestión Automatizada tenemos las siguientes:

1. Fallas en los fusibles 250 VDC 5 A.
2. Voltajes inadecuados en los capacitores.
3. Voltajes de disparo de los MOSFET inadecuados o fuera de rango

Así mismo las fallas encontradas CON el Sistema de Gestión Automatizada son las siguientes:

1. Fallas en los fusibles 250 VDC 5 A.

2. Voltajes inadecuados en los capacitores.
3. Voltajes de disparo de los MOSFET inadecuados o fuera de rango.
4. Valores de voltaje fuera de los rangos de funcionamiento normal en los diferentes puntos de prueba (TP) de la tarjeta de control.

Tomando en cuenta los resultados de la Tabla anterior podemos observar que existe una mejora en la detección de fallas de un **31.33%** en promedio.

4.2.3 Cantidad de intervención de diagnosis

Así mismo se realiza un análisis del número de Módulos Amplificador de Potencia (PA) reparados en el Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA), los cuales se muestran en la tabla 16:

Tabla 16

Corrección de fallas Módulos Amplificador de Potencia
Tarjeta de Control

Número de tarjetas	02
Trabajos realizados	Ajustes de parámetros de calibración por varias ocasiones antes y después de cada trabajo realizado en la tarjeta hasta que los parámetros se encuentren dentro de sus parámetros de funcionamiento normal
	Cambio de fusibles
	Cambio de Capacitores
Tarjetas de Potencia	
Número de tarjetas	04
Trabajos realizados	Ajuste de calibración de la tarjeta de control ya que ambas tarjetas funcionan en conjunto
	Cambio MOSFET
	Cambio resistencias
	Cambio SCR

Como se puede evidenciar en la tabla de corrección de fallas existen varios cambios de elementos tanto en la tarjeta de control como en la tarjeta de potencia que conforman el Módulo Amplificador de Potencia, así mismo el tiempo que se demoran los técnicos en los trabajos de cambio de elementos son amplios debido a la falta de repuestos, y las limitantes por cuestión garantía que son variables independientes.

La variable dependiente en la cual se encuentra enfocado este proyecto es la diagnosis de la tarjeta de control, y las veces que se usa la diagnosis durante el proceso de mantenimiento, para lo cual considerando los datos anteriores se puede obtener que por cada trabajo de mantenimiento ya sea este cambio, reparación o calibración de un elemento electrónico, una vez finalizado este trabajo se procede a verificar los parámetros de funcionamiento normal por lo menos en una ocasión, que se realiza mediante la diagnosis de la tarjeta de control. Por lo cual en el proceso de corrección de fallas de la tarjeta de control y la tarjeta de potencia del módulo PA se tiene los siguientes resultados:

Tabla 17
Intervenciones de diagnosis en proceso de mantenimiento

Tarjeta de Control	
Descripción del trabajo de mantenimiento	Cantidad de diagnosis realizadas
Ajustes de parámetros de calibración por varias ocasiones antes y después de cada trabajo realizado en la tarjeta hasta que los parámetros se encuentren dentro de sus parámetros de funcionamiento normal	14

Cambio de fusibles	4
Cambio de Capacitores	7
Tarjeta de Potencia (RF)	
Cambio MOSFET	7
Cambio resistencias	8
Cambio SCR	6
TOTAL DIAGNÓISIS REALIZADAS	46

De los resultados obtenidos se puede indicar que durante el proceso de mantenimiento del módulo amplificador de potencia (PA) conformado por la tarjeta de control y la tarjeta de potencia (RF), se realizaron un total de 46 diagnósis, lo que significa que el sistema de gestión automatizada es utilizado por varias ocasiones, durante un proceso de mantenimiento.

4.2.4 Utilización del equipo

Para determinar el tiempo de diagnóstico total, respecto al tiempo que demora el proceso de mantenimiento, se analiza el tiempo promedio de mejora con el sistema de gestión automatizada que son 31.64 minutos en cada diagnóstico con respecto a la diagnóstico sin el sistema de gestión automatizada, y considerando el número total de diagnósis que son 46 en este proceso de mantenimiento, se tiene un total de 1455,44 minutos que son 24 horas 15 minutos y 26.4 segundos durante este proceso de mantenimiento, es decir 3,011 días laborables

Para poder calcular el tiempo de proceso de mantenimiento total, el cual incluye los trabajos de mantenimiento correctivo realizados en el módulo amplificador de potencia (PA), se debe

considerar varios aspectos, como son falta de repuestos, y las limitantes por cuestión garantía las cuales no permiten realizar trabajos no autorizados por la empresa fabricante.

Durante este proceso de mantenimiento que demoró aproximadamente 50 días laborables se encontró varias fallas de las cuales se solicitaron elementos electrónicos que no se tenía en stock por lo que se tuvo un retraso de aproximadamente 8 días laborables sumando el tiempo de adquirir todos los repuestos; así mismo para recibir la autorización por parte de la empresa fabricante para realizar varios trabajos en diferentes etapas se tuvo un retraso de 18 días laborables, ya que por cada trabajo se requiere una autorización; además se debe tomar en cuenta 3 días laborables que por cuestiones propias del ámbito militar los técnicos no se encontraron en labores de mantenimiento.

Considerando que de los 50 días laborables que se utilizó para corregir las fallas del módulo amplificador de potencia (PA), 29 días laborables no se realizaron trabajos de mantenimiento correctivo, se tiene aproximadamente 21 días laborables que se realizaron trabajos de mantenimiento.

En resumen el tiempo de mantenimiento correctivo del módulo amplificador de potencia se detalla a continuación:

Tabla 18

Tiempo de mejora en el proceso de diagnosis

Tiempo proceso de mantenimiento (días)	Tiempo independientes (días)	Variables	Tiempo trabajos de mantenimiento (días)	Tiempo diagnosis (días)
50	29		21	3,011

Para poder obtener la relación entre el tiempo de diagnóstico con el tiempo de mantenimiento se obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{\textit{Tiempo de mejora en la diagnosis}}{\textit{Tiempo de trabajos de mantenimiento}} \times 100 \quad (2)$$

Reemplazando los valores de la Ecuación (2), se tiene el siguiente resultado:

$$\frac{3.011 \textit{ días}}{21 \textit{ días}} \times 100 = 14.33\%$$

Lo que significa que hubo una mejora en el tiempo de diagnóstico utilizando el sistema de gestión automatizada de 3,011 días con respecto a la diagnosis sin el sistema de gestión automatizada, lo cual representa un **14.33%** en relación al trabajo de mantenimiento correctivo del módulo amplificador de potencia (PA), considerando un proceso de mantenimiento en un módulo PA, cabe recalcar que la cantidad de diagnosis realizadas durante el mantenimiento, varía de acuerdo a las fallas encontradas en la tarjeta de control y la tarjeta de potencia (RF).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La implementación del Sistema de Gestión Automatizado para el mantenimiento de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia (PA) perteneciente al radar LTR 20 de la Defensa Aérea disminuyó el tiempo de diagnóstico en un promedio de 31.64 minutos lo que significa que hubo una mejora de 38.07% comparando con el tiempo de diagnóstico sin el sistema de gestión automatizado.

Mediante el uso de la Norma ISA 101 (guía GEDIS) se pudo diseñar e implementar una Interfaz Humano Máquina (HMI) amigable al usuario que cumpla todos los requisitos establecidos por el Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA) permitiéndoles facilitar las actividades de diagnóstico de las tarjetas de control del módulo amplificador de potencia (PA).

Durante la ejecución de la diagnosis de la tarjeta de control del módulo amplificador de potencia (PA) utilizando el Sistema de Gestión Automatizado se mejoró en un 31.33% el número de fallas detectadas por parte de los Técnicos del Escuadrón de Mantenimiento de la Defensa Aérea (EMDA).

En el proceso de mantenimiento correctivo del módulo amplificador de potencia (PA) se realizaron 46 diagnosis, con la finalidad de verificar que la tarjeta de control y la tarjeta de radio frecuencia (RF) se encuentran dentro de los parámetros de funcionamiento normal, antes y después

de cada trabajo realizado o cambio de elemento. Lo cual conlleva un proceso de mantenimiento largo y tedioso para los operarios, el mismo que se facilitó y se redujo el tiempo de mantenimiento.

Al utilizar el sistema de gestión automatizada en la tarjeta de control del módulo PA se evidenció una mejora del proceso de mantenimiento correctivo de 14.33% considerando exclusivamente el tiempo en el cual se realizaron trabajos de mantenimiento y tiempo total de diagnosis realizadas durante mencionado proceso.

Por último, tomando en cuenta la media del tiempo de diagnosis de la tarjeta de control por cada técnico y el número de fallas encontradas en la misma, se pudo evaluar el desempeño en el proceso de diagnóstico obteniendo una mejora del 40.05% en el tiempo de diagnosis y un 40% en el acierto en la detección de fallas por parte del técnico 2.

5.2 Recomendaciones

Aumentar la velocidad de captura en la toma de datos es importante ya que al hacer esto se puede reducir aún más el tiempo de diagnóstico de la tarjeta de control, para lo cual, se puede adquirir una tarjeta de adquisición de datos con mayor velocidad de muestreo.

Considerando las bondades del sistema de gestión automatizado se puede tomar como base para proyectos futuros similares, ya que permite medir varios parámetros físicos como resistencia, potencia, torque, corriente, frecuencia, entre otras, de acuerdo a las necesidades del usuario.

El sistema de gestión automatizada es muy flexible para medir variables físicas de acuerdo a las necesidades y requerimientos de los usuarios, además de almacenar la información de acuerdo a los trabajos realizados y presentar automáticamente en un informe escrito estándar.

En Fuerzas Armadas la mayoría de componentes electrónicos son de tecnología analógica y la forma de medir las variables físicas es por medio de varios instrumentos electrónicos, por lo que se recomienda automatizar estos procesos de calibración y mantenimiento, adaptando el sistema de gestión automatizada a cada realidad aprovechando su escalabilidad.

Gracias a su versatilidad este proyecto puede ser aplicable a diferentes aéreas de la industria tanto para superación como para control de alguna maquina o proceso.

De igual manera el sistema es aplicable en otras áreas de mantenimiento ya sea dentro de las Fuerzas Armadas como fuera de ellas, ya que se podría adaptar a otra tarjeta o equipo en mantenimiento.

Con la finalidad de llegar a un mantenimiento predictivo se recomienda alimentar la base de datos del sistema de gestión automatizado con la mayor cantidad de información sobre las fallas encontradas en las tarjetas de control, mejorando el proceso de diagnosis y el acierto de fallas.

En caso de existir un mayor número de puntos de prueba se pudiera utilizar todas las entradas analógicas para una lectura en paralelo y así poder reducir el tiempo en la toma de datos de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Bibliografía

- 100Cia.site. (10 de 05 de 2018). *¿Qué son el máximo y el mínimo en estadística?* Obtenido de <https://100cia.site/index.php/maticas/item/3485-que-son-el-maximo-y-el-minimo-en-estadistica>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitucion del Ecuador*. Quito.
- Barrientos, E. (2008). Evaluación de indicadores de gestión de mantenimiento de equipo biomédico. *Trabajos de Grado*.
- Buelvas, E. P. (2011). La operación fenix de las Fuerzas Armadas Colombianas a luz del derecho internacional. *Diagolo de Saberes*, 30.
- Castillo, A. G. (2011). Guía de usuario y especificaciones. *National Instrument*, 52.
- Comando de Educación y Doctrina. (2013). Manual de Instrucción de Defensa Aérea. *Fuerza Aérea Ecuatoriana*, 115.
- Duffuaa, R. &. (2000). *Willey and Sons*.
- Economipedia. (2019). *Rango Estadística*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/rango-estadistica.html>
- Empresas, W. y. (2019). *Varianza En Estadística*. Obtenido de <https://www.webyempresas.com/varianza/>

- Espinosa, F. (2000). *Indicadores de eficiencia para el mantenimiento*. Obtenido de <http://campuscurico.utalca.cl/~fepinos/INDICADORES%20DE%20EFICIENCIA%20PARA%20MANTENIMIENTO.pdf>
- Fuerza Aérea Ecuatoriana. (2013). Manual de Instrucción de Defensa Aérea. 115.
- Fuerza Aérea Ecuatoriana. (2016). *Manual General de Mantenimiento de la Defensa Aérea*. Quito.
- García, J. L. (2002). *Programa de Estadística*. Obtenido de <http://colposfesz.galeon.com/est501/suma/sumahtml/notasuma/notasuma.htm>
- Indra. (2014). Familia Radar Lanza 3D. *Defensa y Seguridad*, 6.
- Indra. (2016). Manual de mantenimiento . *Radars y Defensa Electronica*, 52.
- Indra. (2017). Arquitectura primario: AGG. *Radar Lanza LTR-20*, 68.
- Industrial, S. N. (2013). *Senati*.
- Instrument, N. (2014). Tutorial de Labview. 20.
- Instrument, N. (2015). User guide NI USB-6008. *Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device*, 26.
- Jamamillo. (1995). Indicadores de Gestion. En J. M. Jaramillo, *Herramientas para lograr competitividad* (pág. 147). Editores 3R.
- Khan Academy. (2019). *Introducción a la estadística*. Obtenido de <https://es.khanacademy.org/math/probability/data-distributions-a1/summarizing-center-distributions/v/statistics-intro-mean-median-and->

mode#targetText=La%20media%20(promedio)%20de%20un,ordena%20de%20menor%20a%20mayor.

Marquez, C. A. (29 de Octubre de 2010). *Investigación en Calidad del Servicio, Información y Productividad*. Obtenido de <http://infocalser.blogspot.com.co/2011/10/modelo-de-calidad-de-la-atencionmedica.html>

Minitab. (2019). *¿Qué es la desviación estándar?* Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/what-is-the-standard-deviation/#targetText=La%20desviaci%C3%B3n%20est%C3%A1ndar%20es%20la,con%20respecto%20a%20la%20media.&targetText=>

Minitab. (2019). *¿Qué es un nivel de confianza?* Obtenido de <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/basics/what-is-a-confidence-level/>

National Instrument. (2019). *National Instrument Productos*. Obtenido de <https://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

National Instrument Corporation. (2014). User Guide and Specifications NI myRIO -1900. *NI myRIO - 1900*, 32.

Noboa Cobo, J. E. (27 de abril de 2016). *Trabajo de titulación*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11838/T-ESPE-053269.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tamayo, C. (2013). *Estrategia Operacional de mantenimiento*.

Tecnologías Información. (13 de mayo de 2017). *Base de Datos Access*. Obtenido de SQL:

<https://www.tecnologias-informacion.com/access.html>

Word. (25 de Enero de 2016). *Vinculos de Word*. Obtenido de

https://www.nuance.com/products/help/NuancePDF/1_2/es_ES/Links_from_Word.htm

Word, M. (2010). Manual de Microsoft Word. 49.

XATAKA. (03 de agosto de 2018). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*.

Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

Yachau, S. (9 de Julio de 2014). Obtenido de

<https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/657/Evaluacion%20de%20estandares%20HMI%20Aplicacion%20de%20la%20guia%20GEDIS%20a%20los%20Sistemas%20SCADA%20del%20NAP%20%28Network%20Access%20Point%29%20de%20Canarias..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yodaira. (2013). *Manual de indicadores de mantenimiento*. Obtenido de

<https://yodairaproductividad.files.wordpress.com/2013/04/manual-de-indicadoresde-mantenimiento.pdf>