

**ASISTENCIA PROFESIONAL DE APOYO EN LAS ÁREAS DE
MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DENTRO DEL
AEROPUERTO ANTONIO NARIÑO EN EL MUNICIPIO DE CHACHAGÜI**

OLIVERIO JESUS TAIMBUD PANTOJA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2012**

**ASISTENCIA PROFESIONAL DE APOYO EN LAS ÁREAS DE
MANTENIMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DENTRO DEL
AEROPUERTO ANTONIO NARIÑO EN EL MUNICIPIO DE CHACHAGÜI**

OLIVERIO JESUS TAIMBUD PANTOJA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Director
DIEGO JAIR RODRIGUEZ OBANDO
Ingeniero Electrónico**

**Codirector
SILVIO G. BELACAZAR AREVALO
Administrador Aeropuerto Antonio Nariño**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2012**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“La universidad de Nariño no se hace responsable por las opiniones o resultados obtenidos en el presente trabajo y para su publicación priman las normas sobre el derecho de autor”.

Acuerdo 1. Artículo 324. Octubre 11 de 1966. Emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación:

Jurado

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2012

*Dedicado a mi padre Anibal Campo
Elias y a mi madre Teresa de Jesús
que en paz descanse, por todo su
apoyo sacrificio y comprensión.*

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. REFERENTES DEL PROYECTO.....	16
1.1 TITULO.....	16
1.2 MODALIDAD.....	16
1.3 EL PROBLEMA.....	16
1.3.1 Planteamiento del problema.....	16
1.3.2 Definición del problema.....	17
1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN.....	17
1.5 OBJETIVOS.....	17
1.5.1 Objetivo general.....	17
1.5.2 Objetivos específicos.....	17
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	18
2. MARCO REFERENCIAL.....	20
2.1 MARCO CONTEXTUAL.....	20
2.1.1 Aeronáutica Civil de Colombia.....	20
2.1.2 Aeropuerto Antonio Nariño.....	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	22
3. DESARROLLO DEL PROYECTO DE PASANTIA.....	25
3.1 RECONOCIMIENTO DEL ALCANCE TECNOLÓGICO.....	25
3.1.1 Sala de control.....	26
3.1.1.1 Reguladores de corriente DIAM 4000.....	26
3.1.1.2 Unidades de control remoto (RCU).....	27
3.1.2 Sala de comunicaciones.....	28
3.1.2.1 Radio comunicaciones.....	28
3.1.2.2 Radio módem Transnet 900.....	29
3.1.3 Torre de control.....	29
3.1.3.1 Panel de control de luces.....	29

3.1.3.2 Interfaz de usuario de sensor ultrasónico.....	30
3.1.4 Radar meteorológico Selex-si Gematronik.....	31
3.1.5 Radiofaro omnidireccional (VOR).....	31
3.1.6 Equipo telemétrico (DME).....	33
3.1.7 Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS).....	34
3.1.8 Sensor ultrasónico de vientos ws425.....	36
3.1.9 Seguridad aérea.....	36
3.2 RESOLUCION DE INCONVENIENTES EN EL AREA TECNOLOGICA.....	37
3.2.1 Control de tráfico aéreo.....	37
3.2.2 Transporte y organización de equipajes.....	38
3.2.3 Sistema de sonido.....	41
3.2.4 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS.....	41
3.2.5 Radio ayudas.....	42
3.3 APOYO A LABORES DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS TECNOLOGICOS.....	43
3.3.1 Sensor ultrasónico de vientos.....	43
3.4 APOYO A DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACION DE AVERÍAS.....	46
3.4.1 Radar meteorológico Selex-SI Gematronik.....	46
3.4.2 Ups de sostenimiento de ayudas lumínicas de pista.....	48
3.5 APOYO A LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	49
3.5.1 Sistema de aproximación por instrumentos (ILS).....	49
3.5.2 Indicador de trayectoria de aproximación de Precisión (Luces PAPI).....	50
3.6 ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL AEROPUERTO ANTONIO NARIÑO.....	51
3.6.1 Reconocimiento general de la distribución eléctrica.....	52
3.6.1.1 Tablero de distribución 1.....	53
3.6.1.2 El tablero de distribución 2.....	53
3.6.2 Análisis de consumo mes a mes de los últimos dos años	54
3.6.3 Registro y análisis de consumos de energía eléctrica por sectores.....	56
3.6.3.1 Registro de datos.....	57
3.6.3.2 Análisis de datos.....	59

3.6.4 Identificación de los métodos de optimización energética.....	60
3.6.4.1 Sistemas de iluminación interior.....	60
3.6.4.2 Sistema de iluminación exterior.....	64
3.6.4.3 Sistemas de enfriamiento (aires acondicionados).....	65
3.6.4.4 Sistemas tecnológicos.....	66
3.6.5 Análisis de instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos.....	67
3.6.5.1 Elementos de los sistemas fotovoltaicos autónomos.....	67
3.6.5.2 Parámetros de diseño de la instalación fotovoltaica.....	68
3.6.5.3 Calculo de parámetros del sistema.....	69
3.6.5.4 Análisis de viabilidad de la instalación.....	71
4. CONCLUSIONES.....	73
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFIA.....	76
ANEXOS.....	80

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Edificio central de Aerocivil, Bogotá DC.....	21
Figura 2. Vista panorámica del Aeropuerto Antonio Nariño.....	22
Figura 3. Reguladores de corriente de luces de pista.....	26
Figura 4. RCU de VOR y DME.....	27
Figura 5. RCU de ILS y DME.....	28
Figura 6. Radios transmisor y receptor JOTRON.....	28
Figura 7. Radio módem TransNet 900.....	29
Figura 8. Panel de control de ayudas lumínicas de aterrizaje.....	30
Figura 9. Interfaz de sensor ultrasónico de vientos.....	30
Figura 10. Radar meteorológico SELEX-SI.....	31
Figura 11. Sistema VOR.....	32
Figura 12. Transmisión del sistema VOR.....	33
Figura 13. Sistema DME.....	34
Figura 14. Aproximación utilizando el sistema ILS.....	35
Figura 15. Sistema de guía <i>Glide Slope</i>	35
Figura 16. Sistema de supervisión de vientos.....	36
Figura 17. Radio receptor marca JOTRON ELECTRONICS.....	37
Figura 18. Relé programable Zelio SR1 A101FU.....	38
Figura 19. Antiguo sistema de control de banda.....	39
Figura 20. Nuevo sistema de control de banda.....	40
Figura 21. Esquema de sistema de control de banda.....	40
Figura 22. UPS (12KVA) torre de control.....	42
Figura 23. Sistema DME de ILS.....	43
Figura 24. Proceso de aterrizaje con viento cruzado.....	44
Figura 25. Instalación de equipos del sensor de vientos.....	45
Figura 26. Instalación Ingeniero Jairo Marín.....	45
Figura 27. Puesta en línea del sensor de vientos.....	46

Figura 28.	Apoyo en Identificación de avería del radar meteorológico.....	47
Figura 29.	Modulo Transmisión/recepción de radar meteorológico.....	47
Figura 30.	Tarjeta de control de inversión.....	48
Figura 31.	Vista frontal de equipo ILS.....	49
Figura 32.	Avión laboratorio de la Aeronáutica Civil de Colombia.....	50
Figura 33.	Sistema de Luce PAPI.....	50
Figura 34.	Equipo de calibración de luces PAPI.....	51
Figura 35.	Esquema de instalación eléctrica.....	52
Figura 36.	Consumo de energía eléctrica 2010.....	55
Figura 37.	Consumo de energía eléctrica 2011.....	56
Figura 38.	Analizador trifásico de calidad eléctrica FLUKE 434.....	57
Figura 39.	Barras fluorescentes de 32W c/u.....	61
Figura 40.	Tubo LED T8 25w.....	62
Figura 41.	Lámpara VSAP 400W.....	64
Figura 42.	Regulador-estabilizador de flujo.....	65
Figura 43.	Elementos fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado.....	67
Figura 44.	Mapa de radiación solar Nariño.....	69

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Datos de consumo de energía eléctrica 2010.....	54
Tabla 2. Datos de consumo de energía eléctrica 2011.....	55
Tabla 3. Consumo de sectores con actividad diaria de 6am a 6pm.....	57
Tabla 4. Consumo de sectores con actividad diaria de 6pm a 6am.....	58
Tabla 5. Consumo de sectores con actividad diaria discontinua.....	58
Tabla 6. Estimación de consumo febrero de 2012.....	59
Tabla 7. Consumo y valor de energía eléctrica por sector.....	60
Tabla 8. Consumo de energía y su valor de barras fluorescentes.....	61
Tabla 9. Consumo de energía y su valor de tubos tipo LED.....	62
Tabla 10. Comparación de sistemas de iluminación fluorescente y LED.....	63
Tabla 11. Tiempo de recuperación de la inversión.....	63
Tabla 12. Consumo del sistema lumínico VSAP.....	64
Tabla 13. Consumo del sistema de aires acondicionados.....	66
Tabla 14. Parámetros del sistema fotovoltaico.....	71
Tabla 15. Características de los componentes.....	71
Tabla 16. Resultados de ahorro energético.....	72

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Tabla de resumen mantenimiento correctivo.....	81
Anexo B. Fotografías diagnostico de avería de radio JOTRON.....	82
Anexo C. Software de diagnostico para DME.....	83
Anexo D. Instalación de sensor ultrasónico de vientos.....	84
Anexo E. Diagnostico de avería en radar meteorológico.....	86
Anexo F. Diagnostico de avería en UPS 30KVA.....	87
Anexo G. Avión laboratorio de AEROCIVIL.....	88
Anexo H. Toma de datos de consumo eléctrico.....	89

RESUMEN

El presente trabajo constituye un compendio de las principales labores realizadas durante el período de pasantía, cuya finalidad principal, es brindar asistencia profesional de apoyo en las áreas de mantenimiento y administración de tecnologías de esencial funcionamiento dentro del aeropuerto Antonio Nariño. Las actividades realizadas y plasmadas en este documento se compilan dentro de cinco áreas específicas, denominadas: reconocimiento del alcance tecnológico, resolución de inconvenientes en el área tecnológica, apoyo a labores de instalación de sistemas tecnológicos, apoyo a diagnóstico e identificación de averías y apoyo a labores de mantenimiento preventivo. Adicionalmente se incluye como complemento a las actividades de este proyecto y como un aporte hacia el mejoramiento de la prestación del servicio del aeropuerto y su compromiso con el medio ambiente, la realización de un estudio descriptivo del consumo de energía eléctrica.

ABSTRACT

This project is a compendium of the main tasks undertaken during the internship period, the main purpose is to provide professional assistance to support in the areas of maintenance and management of essential technologies in Antonio Nariño airport. The activities reflected in this document are compiled in five specific areas, namely: recognition of the scope of technology, solving problems in technology, support for installation work of technological systems, support for fault diagnosis and support for preventive maintenance. Additionally and as a contribution to improving service delivery to the airport and its commitment to the environment, add a descriptive study of electricity consumption.

INTRODUCCIÓN

El aeropuerto Antonio Nariño es administrado en primera instancia por la Aeronáutica Civil de Colombia, que es la máxima autoridad en el campo de la aviación civil del país. La aviación civil es un servicio dedicado en gran medida al transporte de personas, es por eso que en la actualidad se hace primordial, tener una atención especial con la tecnología ya existente dentro de los aeropuertos, ya que de ésta depende el buen desempeño y la seguridad, tanto de las instalaciones aeroportuarias como de los mismos vuelos.

Por lo anterior, es recomendable siempre contar con personal debidamente capacitado en el área de la electrónica dentro de las instalaciones, puesto que es así, como se logra garantizar la atención eficiente de los diferentes inconvenientes tecnológicos que puedan surgir. Es por eso que el objetivo general de este proyecto, es brindar asistencia profesional de apoyo en las áreas de mantenimiento y administración de tecnologías de esencial funcionamiento dentro del aeropuerto Antonio Nariño, ubicado en el Municipio de Chachagüi (Nariño).

Para la consecución del objetivo planteado en este proyecto, se desarrollan una serie de actividades, las cuales dependiendo del tipo de labor realizada, se organizan dentro de las siguientes secciones: reconocimiento del alcance tecnológico, en donde se da una breve descripción de los principales sistemas electrónicos y su estado actual; resolución de inconvenientes en el área tecnológica, aquí se detallan las labores realizadas, en aras de la resolución de inconvenientes tecnológicos suscitados dentro del período de la pasantía y algunos que ya los venía padeciendo el aeropuerto desde ya hace algún tiempo; apoyo a labores de instalación de sistemas tecnológicos, en esta sección se destaca la participación en el proceso de instalación del sistema en campo del sensor ultrasónico de vientos; apoyo a diagnóstico e identificación de averías, en donde se describe el procedimiento realizado con sistemas electrónicos averiados, a los cuales no se les ha podido dar una solución inmediata, debido a la difícil obtención de sus componentes o a la ausencia de personal especializado en dicha área; apoyo a labores de mantenimiento preventivo, aquí se destacan los procedimientos de calibración realizados a los sistemas ILS y luces PAPI, en conjunto con el personal de Aerocivil; finalmente, la última sección de este documento, comprende la realización de un estudio descriptivo del consumo de energía eléctrica, en donde se describe la distribución eléctrica del aeropuerto, sus correspondientes consumos de potencia por áreas específicas y se hace algunas recomendaciones sobre la optimización del consumo eléctrico.

1. REFERENTES DEL PROYECTO

1.1 TITULO

Asistencia profesional de apoyo en las áreas de mantenimiento y administración de tecnologías dentro del aeropuerto Antonio Nariño en el Municipio de Chachagüi.

1.2 MODALIDAD

Este trabajo de grado se encuentra dentro de la modalidad de pasantía laboral, estipulada en el artículo 5° del Acuerdo No. 005 de 2010, Reglamento Para Trabajos de Grado en la Facultad de Ingeniería.

1.3 EL PROBLEMA

1.3.1 Planteamiento del problema. Actualmente el aeropuerto Antonio Nariño, cuenta con una gran variedad de equipos y sistemas electrónicos, los cuales cumplen diferentes funciones relacionadas con su buen desempeño y seguridad. Sin embargo, el personal administrativo del aeropuerto ha detectado que los equipos denominados: radar meteorológico, radiofaro omnidireccional VHF (VOR, del inglés: *VHF Omnidirectional Range*), equipo telemétrico (DME, del inglés: *Distance Measuring Equipment*), sistema de aterrizaje instrumental (ILS, del inglés: *Instrument Landing System*), entre otros; merecen una atención especial. De otra parte, a pesar de que los equipos mencionados son de vital importancia, en la actualidad no se cuenta con un profesional en Ingeniería Electrónica de planta en la misma dependencia dedicado a coadyuvar en la administración de las tecnologías existentes, en la toma de decisiones técnicas respectivas y que contribuya de manera significativa a que se cumpla con lo planteado en la misión y visión establecidas dentro de la Aeronáutica Civil Colombiana. El personal que ha venido desarrollando estas tareas, y más precisamente de orden práctico, pertenece generalmente al aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón de la ciudad de Cali. Es así como en primer lugar, el soporte se hace vía telefónica y en caso de que la situación lo amerite el personal disponible (ingenieros en electrónica y técnicos) viaja desde Cali. Sin embargo, la administración del aeropuerto considera pertinente que un ingeniero electrónico permanezca en las instalaciones del mismo mientras sea posible, para que dicha asistencia se realice de manera más eficiente.

Debido a la autoevaluación al interior del aeropuerto, se ha evidenciado que en ocasiones se producen demoras significativas en la puesta en marcha de equipos

que presenten averías, o sistemas electrónicos que necesiten ser actualizados. En ese orden de ideas, se ha evidenciado la necesidad de contar con el apoyo de un Ingeniero electrónico para que, en conjunto con el personal de Cali, pueda desarrollar tareas que de otra manera implicarían un gasto innecesario de tiempo.

1.3.2 Definición del problema. ¿Cómo proporcionar asistencia profesional de apoyo en las áreas de mantenimiento y administración de tecnologías de esencial funcionamiento dentro del aeropuerto Antonio Nariño, ubicado en el Municipio de Chachagüi?

1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN

Mediante Este trabajo de grado se busca esencialmente brindar asistencia profesional de apoyo en las áreas de mantenimiento y administración de tecnologías de esencial funcionamiento y además, atender de forma inmediata los inconvenientes de tipo técnico y tecnológico que puedan surgir dentro de las instalaciones del aeropuerto Antonio Nariño, de igual forma se realizaran labores de identificación de falencias tecnológicas y únicamente se recomendaran soluciones; la implementación de éstas se ejecutaran independientemente de los objetivos planteados en Este trabajo de grado.

Se participará en los procesos de implementación, actualización o rediseño de sistemas pertinentes a la electrónica, programados por la empresa solo si estos tienen lugar dentro del período vigente de este trabajo de grado.

Se entregará a la empresa copia del documento de trabajo de grado final presentado a la universidad de Nariño, donde se detallan las labores realizadas durante el período de la pasantía.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general. Brindar asistencia Profesional de apoyo en las áreas de mantenimiento y administración de tecnologías de esencial funcionamiento dentro del aeropuerto Antonio Nariño, ubicado en el Municipio de Chachagüi.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Realizar un reconocimiento inicial de las instalaciones del aeropuerto para determinar su alcance tecnológico y familiarizarse con los equipos y sistemas electrónicos a los cuales se les debe prestar atención prioritaria.

- Identificar la correspondencia de las actividades a realizarse en el aeropuerto, con la actividad profesional de la ingeniería electrónica para definir el plan de acción.
- Participar en el proceso de mantenimiento preventivo y correctivo de forma periódica a aquellos equipos y sistemas electrónicos que así lo requieran y además atender eficientemente los inconvenientes de tipo técnico o tecnológico que puedan surgir de manera inesperada.
- Participar en los procesos de implementación tecnológica, traslado o rediseño de sistemas pertinentes a la electrónica que surjan dentro del aeropuerto.

1.6 JUSTIFICACIÓN

Debido a situaciones meteorológicas propias de la ubicación, el Aeropuerto Antonio Nariño ha debido cerrarse en múltiples ocasiones. De allí que se vuelve prioritario tratar de eliminar todas las otras posibles causas de cierre.

Muchas situaciones consideradas como problema pueden solucionarse de manera ágil haciendo uso de las tecnologías de la información y la comunicación – TIC, tal como lo es la asistencia virtual. Dicha asistencia se puede realizar en una cantidad considerable de situaciones, debido a que muchas de ellas no ameritan la presencia del personal que ha venido trabajando tradicionalmente en el aeropuerto Antonio Nariño y que reside en la ciudad de Cali. La realización de este tipo de labores asistidas, implica un mejoramiento en cuanto a la eficiencia en el trabajo del aeropuerto.

Puesto que el buen funcionamiento y actualización de los sistemas y equipos electrónicos anteriormente mencionados es primordial, se justifica la necesidad de abordar el problema desde el punto de vista de trabajo de grado en la modalidad de pasantía, basándose principalmente en los objetivos misionales planteados en la Universidad de Nariño y en el proyecto educativo de programa del departamento de electrónica. De otra parte, el perfil profesional del ingeniero electrónico lo acredita como competente para realizar investigaciones en nuevos diseños de sistemas electrónicos o adaptación de tecnologías conducentes a la solución de problemáticas que la región o el país puedan demandar¹. Adicionalmente, el ingeniero electrónico de la universidad de Nariño, está formado en competencias para administrar tecnología, contribuir a la toma de decisiones a partir del análisis de especificaciones técnicas, formular y evaluar proyectos y en general apoyar la gestión de empresas del sector electrónico².

¹ UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Departamento de Ingeniería Electrónica. Proyecto Educativo de Programa (PEP). San Juan de Pasto: La Universidad, 2010. p.8

² Ibid.

A sí mismo el desarrollo de este tipo de actividades, contribuye en la actualización de la formación profesional del pasante de acuerdo a las innovaciones del mercado ocupacional y tecnológico. De igual forma estimula el establecimiento de vínculos entre la Universidad y la empresa con el fin de lograr intercambios de conocimientos y experiencias.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO CONTEXTUAL

2.1.1 Aeronáutica Civil de Colombia. Es una entidad que se ocupa tanto de la aviación civil, como de la aviación general, con excepción de la aviación militar que forma parte de la Fuerza Aérea Colombiana. A continuación se da una descripción mas específica de la entidad, según el manual del funcionario de la Aeronáutica, el cual al respecto dice:

La Aeronáutica Civil es el resultado de la fusión del Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil y el Fondo Aeronáutico Nacional, ordenado por el Artículo 67 del Decreto 2171 de 1992.

Mediante la ley 105 del 30 de diciembre de 1993, se organiza el sector y el sistema nacional de transporte, se adscribe la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) al Ministerio de Transporte, como organismo rector para fijar las políticas y ejecutar las funciones relativas al sector del transporte aéreo. De esta manera se diseña e implementa una estructura organizacional que atiende a la naturaleza de dos grandes áreas de servicios para suministrar en la entidad: los servicios de aeronavegación y los servicios aeroportuarios.

Con el decreto 260 del 28 de enero de 2004, se modifica la estructura de la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) y se ratifica la Entidad como la máxima autoridad en materia aeronáutica en el territorio nacional, correspondiéndole administrar, regular, vigilar y controlar el uso y la seguridad del espacio aéreo y coordinarla con las políticas de Aviación Civil del estado colombiano y organismos internacionales.

El nuevo diseño organizacional que se adopta en la entidad, corresponde a criterios de flexibilización técnica, operativa y administrativa, en función de los clientes y la calidad en la prestación de los servicios.

Misión. En la Aeronáutica Civil trabajamos para garantizar el desarrollo ordenado de la aviación civil, de la industria aérea y la utilización segura del espacio aéreo colombiano, facilitando el transporte intermodal y contribuyendo al mejoramiento de la competitividad del país.

Visión. La Aeronáutica Civil en el año 2019 será una institución líder a nivel internacional, con altos estándares de seguridad operacional, infraestructura aeroportuaria, aeronáutica moderna y ambientalmente responsable.³

³ AERONAUTICA CIVIL DE COLOMBIA. Manual del funcionario. La Aeronáutica Civil y la Aviación en Colombia. Bogotá DC: La Aeronáutica, 2006. 35p

Figura 1. Edificio central de Aerocivil, Bogotá DC.



Fuente: Este trabajo de grado

2.1.2 Aeropuerto Antonio Nariño. Este aeropuerto forma parte de la infraestructura aeronáutica de propiedad de la Aeronáutica Civil de Colombia.

Es un terminal aéreo situado en el Municipio de Chachagüi, a 35 km de la ciudad de San Juan de Pasto, Colombia. El aeropuerto sólo tiene tráfico nacional, además de vuelos chárter tanto militar como privados. La pista se halla construida en una meseta que se eleva 50 metros sobre el terreno circundante, por lo que muchos pilotos la denominan el portaviones, además ésta es relativamente corta para la altitud a la que se encuentra el aeropuerto y su orientación es tal, que se encuentra frecuentemente inutilizada por la presencia de fuertes vientos cruzados que impiden que el despegue y aterrizaje se realicen con seguridad. Esto es habitual en los meses de verano, especialmente en el mes de agosto⁴. En la siguiente figura se muestra una vista panorámica de las instalaciones del aeropuerto.

⁴ WIKIPEDIA, la enciclopedia libre. Aeropuerto Antonio Nariño [En línea]. 2012. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto_Antonio_Nariño [citado el 4 de mayo de 2012].

Figura 2. Vista panorámica del Aeropuerto Antonio Nariño.



Fuente: Este trabajo de grado.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

- **Mantenimiento preventivo.** Es el procedimiento destinado a la conservación de equipos, mediante la realización de revisiones, calibraciones o remplazo de componentes, que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, es decir, equipos que aun no están averiados, de lo contrario ya se haría un procedimiento de mantenimiento correctivo.
- **Mantenimiento correctivo.** Es el procedimiento mediante el cual se corrige los defectos observados en los equipamientos, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías y corregirlos o repararlos. Se realiza cuando los equipos no están en condiciones de funcionamiento normal.
- **Tecnología.** Hace referencia al conjunto de equipos o sistemas electrónicos, diseñados para cubrir una necesidad específica.
- **Organización de Aviación Civil Internacional (en adelante OACI).** Es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas creada en 1944 por la Convención de Chicago, para estudiar los problemas de la aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial. La dirige un consejo permanente con sede en Montreal (Canadá)⁵.

⁵ INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. ICAO in brief [online]. s.f. Available from internet: <http://www.icao.int/Pages/icao-in-brief.aspx> [citado el 4 de mayo de 2012].

- **Radioayudas.** Son el conjunto de señales radioeléctricas, generadas en instalaciones terrestres, las cuales constituyen un sistema de guía de navegación para las aeronaves.
- **Radionavegación.** Obedece al mismo concepto de radioayudas.
- **Código Morse.** También conocido como alfabeto morse, es un sistema de representación de letras y números mediante señales emitidas de forma intermitente.
- **Glide Slope.** proporciona información sobre la inclinación apropiada para la aproximación de la aeronave (entre 2° y 3° sobre la horizontal). Su emisión esta en la banda UHF, entre 329,3 y 335,0 MHz⁶.
- **Indicador de Trayectoria de Aproximación de Precisión (en adelante: Luces PAPI).** Consiste en cajas de luces que ofrecen una indicación visual de la posición de un avión sobre la trayectoria de aproximación asociado a una pista de aterrizaje/despegue en particular. Para mayor información dirigirse a la sección 4.5.2 de este documento.
- **Potencia aparente.** Es la magnitud de la potencia compleja de un circuito eléctrico de corriente alterna. Se identifica con la letra S, es la suma vectorial de la potencia activa o real (identificada con la letra P) y la potencia reactiva (identifica con la letra Q).
- **Potencia activa.** Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo. Esta potencia es, por lo tanto, la realmente consumida por los circuitos y, en consecuencia, cuando se habla de demanda eléctrica, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicha demanda. La potencia activa se designa con la letra P y se mide en vatios -watt- (W) o kilovatios -kilowatt- (kW).
- **Potencia reactiva.** Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo necesario. Por ello se dice que es una potencia que no produce vatios, se mide en voltiamperios reactivos (var) y se designa con la letra Q.

⁶ NAVEGACION AEREA, CARTOGRAFIA Y COSMOGRAFIA. Aeropuertos. [en línea]. s.f. Disponible en: <http://nacc.upc.es/aeropuertos/x85.html> [citado el 6 de mayo de 2012].

- **Factor de potencia.** Es la relación entre la potencia activa, P , y la potencia aparente, S . Da una medida de la capacidad de una carga de absorber potencia activa. Por esta razón $f.d.p = 1$ en cargas puramente resistivas y en elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia $f.d.p = 0$. Un $f.d.p$ bajo no resulta práctico para las compañías eléctricas, puesto que el consumo es mayor. Es por ello que las compañías suministradoras penalizan un $f.d.p$. bajo, obligando a su mejora o imponiendo costes adicionales.
- **Kilowatt/hora.** El vatio-hora, simbolizado Wh, es una unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia \times tiempo, con lo que se da a entender que la cantidad de energía de la que se habla es capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo. Así, un vatio-hora es la energía necesaria para mantener una potencia constante de un vatio (1 W) durante una hora. Más frecuentemente usados son sus múltiplos kilovatio-hora y megavatio-hora, de símbolos kWh y MWh respectivamente.
- **Sistema fotovoltaico.** Los sistemas fotovoltaicos (FV) convierten la luz solar directamente en electricidad, mediante el uso de lo que es conocido como "células solares". Con tal de que la luz siga incidiendo en el panel, la diferencia de potencial se mantiene, incluso en días nublados, debido a la radiación difusa de luz.

3. DESARROLLO

El proyecto de pasantía se desarrolla dentro del área perteneciente al aeropuerto Antonio Nariño, el cual se encuentra a cargo de la Aeronáutica Civil de Colombia (en adelante AEROCIVIL), ya descrita anteriormente. A continuación se hace una descripción a grandes rasgos de las actividades llevadas a cabo dentro de esta entidad.

Inicialmente y con la ayuda del personal correspondiente, se procedió con el reconocimiento de las instalaciones, con lo que se logró determinar y ponerse al tanto de su alcance tecnológico y la metodología seguida hasta el momento. Para esto se utilizaron métodos como la entrevista y la inspección personal de los equipos y sistemas electrónicos de funcionamiento esencial ya mencionados con anterioridad.

Posteriormente, se gestionó un primer acercamiento con los ingenieros electrónicos que laboran dentro del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y que hasta el momento han sido los encargados de realizar las labores profesionales en su área dentro del aeropuerto Antonio Nariño. Lo anterior se realizó con el fin de identificar la correspondencia de las actividades a realizarse en el aeropuerto, con la actividad profesional de la ingeniería electrónica, para así definir el plan de acción a seguir.

Seguidamente, se procedió con la obtención de la documentación adecuada (manuales técnicos y/o manuales de usuario) de los equipos y sistemas electrónicos prioritarios. Esto con el fin de adquirir un mayor conocimiento sobre su funcionamiento, mantenimiento y calibración.

Al haber obtenido los conocimientos suficientes, se continuó con el desarrollo del plan de acción a llevarse a cabo durante la duración de este trabajo de grado, en donde se incluyeron entre otras labores, el desarrollo de mantenimiento preventivo y correctivo de forma periódica, soportado siempre por las recomendaciones que el asesor, el coasesor y el personal profesional del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón hicieron al respecto.

En las siguientes secciones, se describen con mayor detalle las actividades desarrolladas durante el período de la pasantía dentro de este aeropuerto.

3.1 RECONOCIMIENTO DEL ALCANCE TECNOLÓGICO

Inicialmente, se realizó un recorrido repetitivo por las instalaciones del aeropuerto, evidenciando así su alcance tecnológico. Actualmente éste cuenta con los

sistemas aeronáuticos básicos, los cuales le brindan un nivel de seguridad adecuado, en el direccionamiento, aterrizaje y despegue de sus diferentes vuelos. Para lo anterior se cuenta con sistemas de guía, señalización y sistemas de monitoreo de variables ambientales, dentro de estas categorías, están las radio comunicaciones controlador-piloto, el sistema de radar meteorológico, el sistema de iluminación de pista, las radio ayudas, entre otras. Para un mayor conocimiento, a continuación se procede con una descripción generalizada de algunos de los principales sistemas tecnológicos del aeropuerto.

3.1.1 Sala de control. En esta sala se ubican equipos de regulación de energía y de control y gestión de datos de otras estaciones, seguidamente se describen a grandes rasgos algunos de estos equipos.

3.1.1.1 Reguladores de corriente DIAM 4000. Estos dispositivos están especialmente diseñados de acuerdo a los estándares establecidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), para alimentar los sistemas de iluminación y señalización de pista (Luces papi, luces de comienzo y fin de pista, de borde de pista y luces de taxeo), su principal función es mantener un nivel de corriente de alimentación constante independiente de la carga aplicada o de las variaciones del voltaje.

Figura 3. Regulador de corriente de luces de pista, DIAM 4000



Fuente: AUGIER S.A.S COMPANY. DIAM 4000 datasheet [en línea]. (Francia): 2009. Disponible en: <http://www.augier.com/doc/6021052.pdf>. [Citado el 6 de mayo de 2012].

El diseño del DIAM 4000 utiliza la tecnología digital, por lo cual puede ser controlado y supervisado por medio de una interface remota.

A continuación se describen sus principales características eléctricas:

- Voltaje de entrada: 208 a 480 Vac $\pm 10\%$, 50/60 Hz $\pm 5\%$
- Rango de Corriente de salida : 6.6A - 20 A
- Potencia maxima: 30 kW
- Eficiencia: > 90%
- Control remoto: Control por red serial o Ethernet.

De los cuatro reguladores existentes, actualmente se encuentran en correcto funcionamiento tres de ellos, debido a la avería del regulador de las luces de taxeo, para el cual ya se está realizando las labores de reparación correspondientes.

3.1.1.2 Unidades de control remoto (RCU). Son unidades utilizadas para la gestión, control y visualización de datos de otras estaciones. Su principal tarea es la de generar alarmas cuando un transmisor falla, y decidir si se debe cambiar al transmisor auxiliar o apagar las señales del equipo.

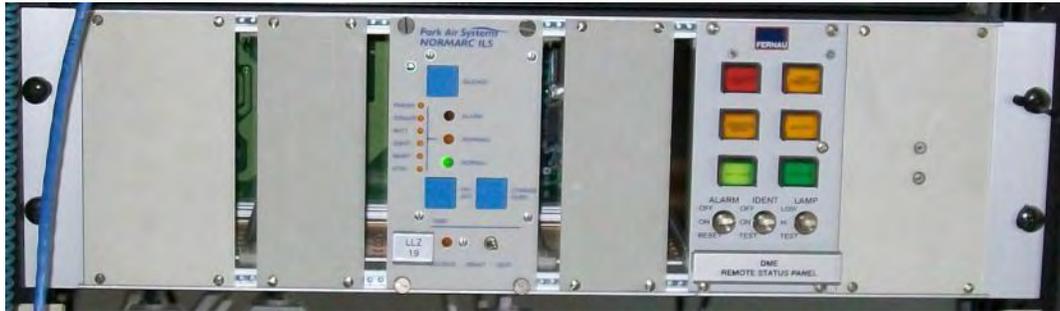
En la actualidad estos sistemas están instalados para el DME 2020 (*Distance Measuring Equipment*) e ILS (*Instrument Landing System*) desde el año 2007, y para el VOR (*VHF Omnidirectional Range*) y DME 1119 desde el año 1997, actualmente la RCU del VOR y DME 1119 se encuentra en proceso de reparación debido a una avería por corto circuito. En las figuras siguientes se muestran las unidades correspondientes a cada sistema.

Figura 4. RCU de VOR y DME



Fuente: Este trabajo de grado.

Figura 5. RCU de ILS y DME



Fuente: Este trabajo de grado.

3.1.2 Sala de comunicaciones. Ubicada en la parte inferior de la torre de control, allí se encuentran equipos de gestión de comunicación de radio ayudas, de recepción de datos de sensores y de gestión de telefonía interna y externa. A continuación se describen algunos de estos.

3.1.2.1 Radio comunicaciones. El espacio aéreo se divide en sectores atendidos por distintos controladores, los cuales a su vez utilizan distintas frecuencias para atender el tránsito aéreo de su sector. En el caso del aeropuerto Antonio Nariño la frecuencia asignada para la torre de control corresponde a 118 MHz, para esta comunicación (controlador-piloto) se utilizan los radios marca *JOTRON electronics* VHF-AM, los cuales fueron instalados por el año de 1995 y ya han presentado algunos inconvenientes. Actualmente se los continúa utilizando a pesar que son obsoletos.

Figura 6. Radios transmisor (parte inferior) y receptor (parte superior) JOTRON.



Fuente: Este trabajo de grado

3.1.2.2 Radio módem Transnet 900. El MDS (*Microwave Data Systems*) TransNET 900, se utiliza para la recepción de datos del sensor ultrasónico de vientos ubicado en el borde de la pista de aterrizaje, utiliza FHSS (Espectro de Banda Ancha de Salto de Frecuencia) en la Banda ISM de 902 / 928 MHz para brindar transporte de datos confiable y de largo alcance de hasta 115.2kbps. TransNET provee comunicaciones de datos transparentes para casi todos los protocolos de Telemetría/SCADA y de EFM incluido MODBUS⁷.

Figura 7. Radio módem TransNet 900.



Fuente: UNICOM S.A.S. Curso de capacitación para sistemas de vientos. Bogotá DC: Unicom, 2009. 44 diapositivas.

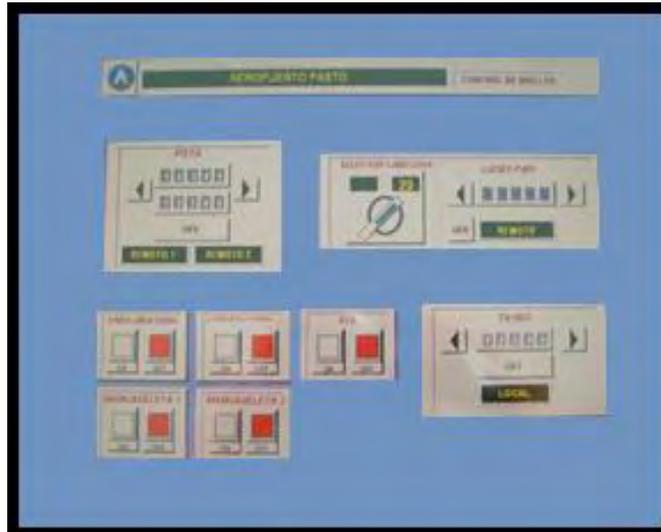
Cualquier MDS Transnet puede ser configurado como una extensión de repetidora. Esto permite almacenar y reenviar datos para extender el rango operativo de la red.

3.1.3 Torre de control. Es el centro de control, desde donde se realiza el control de tráfico aéreo en la zona del aeropuerto y sus inmediaciones, dentro de ésta se encuentran sistemas de monitorización y control de radioayudas, visualización de información de variables ambientales, de datos institucionales de tipo regional y nacional e interfaces de radios de comunicaciones. A continuación se muestra algunos de estos sistemas.

3.1.3.1 Panel de control de luces. Este un panel tipo táctil, utilizado para monitorear y controlar el estado de los reguladores DIAM 4000, los cuales alimentan las luces que se encuentran alrededor de la pista, incluidas las luces PAPI. Este sistema fue instalado en el año 2006. Actualmente se encuentra en correcto funcionamiento.

⁷ UNICOM S.A.S. Curso de capacitación para sistemas de vientos. Bogotá DC: Unicom, 2009. 44 diapositivas.

Figura 8. Panel de control de ayudas lumínicas de aterrizaje.



Fuente: Este trabajo de grado

3.1.3.2 Interfaz de usuario de sensor ultrasónico. Mediante esta interfaz se logra visualizar los datos que se obtienen directamente del sensor de viento instalado en la periferia de la pista de aterrizaje. Fue instalado en 2009 y hasta el momento no ha presentado inconvenientes.

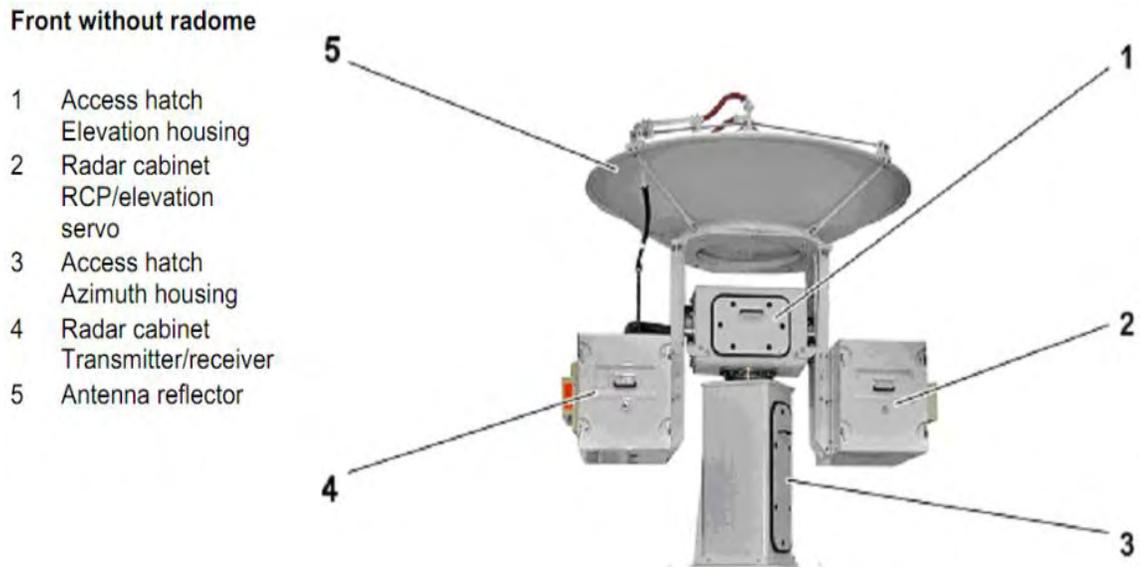
Figura 9. Interfaz de sensor ultrasónico de vientos



Fuente: Este trabajo de grado

3.1.4 Radar meteorológico Selex-Si Gematronik. Es un sistema cuya función es la medición y seguimiento de fenómenos atmosféricos constituidos por agua, en forma de lluvia, granizo y nieve, principalmente. Además, los ecos de precipitaciones y de atmósfera clara del radar permiten estimar la dirección y velocidad del viento en las zonas bajas de la atmósfera⁸.

Figura 10. Radar meteorológico SELEX-SI



Fuente: SELEX, Sistemi Integrati. Weather Radar System (Operating instruction). Germany. 2007. 92p.

El sistema de radar es de origen Alemán, fue instalado a finales del año 2007, en 2009 tuvo su primera falla y fue reparado en el mismo año, a finales de 2010 el sistema presenta una nueva avería, la cual hasta la fecha no ha sido reparada debido a la falta de personal especializado en el área y a la difícil obtención de los componentes de remplazo.

3.1.5 Radiofaro omnidireccional. También conocido como VOR (*VHF Omnidirectional Range*), es la ayuda a la navegación de corto alcance establecida por OACI como estándar, da automáticamente al piloto la dirección de la aeronave con respecto al norte magnético de la estación de tierra, su utilización fundamental es para la definición de aerovías por medio de segmentos entre estaciones VOR. En la siguiente figura se muestra la instalación típica de un sistema VOR.

⁸ CENTRO DE ESTUDIOS AERONATUCOS (CEA). Curso básico de interpretación de imágenes de Radar meteorológico. Bogotá DC: Centro de Estudios, 2009. 146 diapositivas.

Figura 11. Sistema VOR

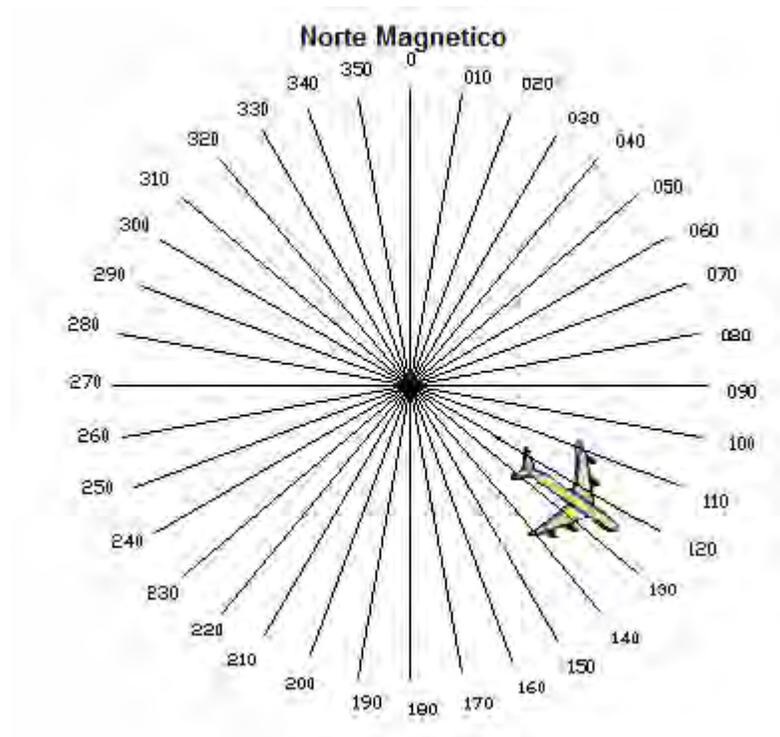


Fuente: Este trabajo de grado

El principio de funcionamiento de la estación, se basa en la emisión de una señal modulada por tres señales diferentes, una es la identificación de la estación en código Morse. Las otras dos son ondas senoidales de 30 Hz cuyas fases varían entre sí, se les llama señal de referencia y señal variable respectivamente. La referencia mantiene siempre su fase constante, mientras que la variable cambia su fase según la dirección en la que sea emitida. Dicha dirección se mide como un azimut, es decir, se divide en 360 grados alrededor de la antena VOR contando en sentido horario a partir del norte magnético terrestre, punto en el cual la señal de referencia y la variable tienen fase idéntica. De esta manera se puede visualizar una antena VOR como el punto desde el cual parten 360 líneas de dirección, a las que se les llama radiales⁹, tal como se muestra en la siguiente figura.

⁹ ROHDE & SCHWARZ. Aeronautical radio navigation. [En línea]. Singapore. 2008. Disponible en: http://www2.rohde-schwarz.com/file_15494/1MA193_0e.pdf [citado el 7 de mayo de 2012].

Figura 12. Transmisión del sistema VOR



Fuente: Este trabajo de grado

3.1.6 Equipo telemétrico. También conocido como DME (*Distance Measuring Equipment*), permite establecer la distancia entre éste y una estación emisora, es uno de los sistemas de ayuda a la navegación habitualmente presentes en cualquier aeronave. La frecuencia está comprendida entre 962 y 1.213 MHz (banda UHF) de 200 canales, la cual se selecciona automáticamente al sintonizar el localizador (ILS) o el VOR¹⁰. El avión interroga con una secuencia de pares de pulsos separados 12 μ s, esta señal es recibida por el equipo de tierra, el cual la retransmite de nuevo con un retardo de 50 μ s, el equipo del avión calcula el tiempo transcurrido desde que preguntó, le descuenta 50 μ s y lo divide por dos, el tiempo resultante se multiplica por la velocidad de la luz (300 m/ μ s), con lo cual se obtiene la distancia al equipo de tierra. En la siguiente figura se muestra la instalación típica del DME.

¹⁰ ADMINISTRACION NACIONAL DE AVIACION CIVIL ARGENTINA (ANAC). Manual de radioayudas a la navegación aérea. Argentina. ANAC, 2010. p. 71

Figura 13. Sistema DME

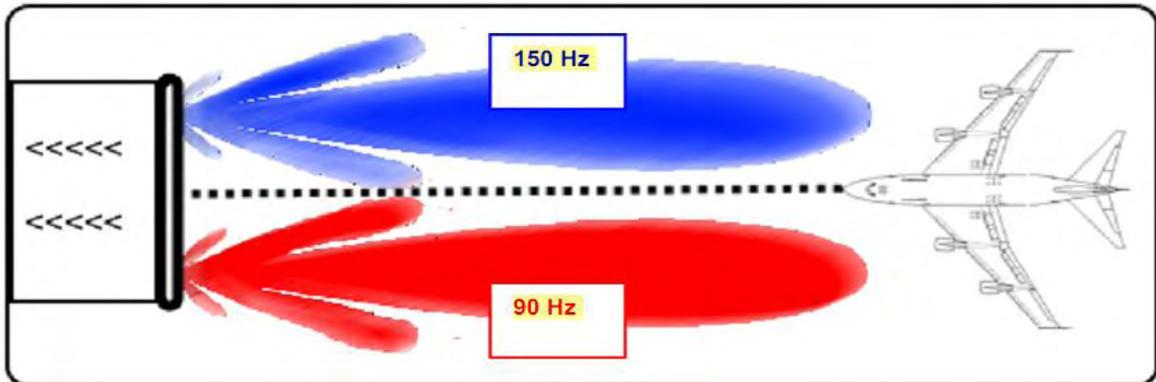


Fuente: Este trabajo de grado

3.1.7 Sistema de aterrizaje por instrumentos. También conocido como ILS (*Instrument Landing System*), consta de un transmisor conectado a un *array* de 8 o más antenas direccionales que transmiten señales portadoras entre 108 MHz y 112 MHz, la frecuencia exacta depende de cada aeropuerto. Estas señales se modulan en amplitud (AM) con 2 tonos de audio diferentes: la señal del lado izquierdo de la pista se modula con un tono de audio de 90 Hz y la del lado derecho con 150 Hz, esto hace que la señal de 150 Hz predomine en el lado derecho de pista y la de 90 Hz en el izquierdo. El receptor del LOC en el avión mide la diferencia de nivel entre las señales de 90 Hz y 150 Hz: cuando la diferencia es cero, el avión está en la línea central del LOC, lo que indica que está volando alineado con el eje de la pista¹¹, tal como se muestra en la siguiente figura.

¹¹ Ibid., p. 13.

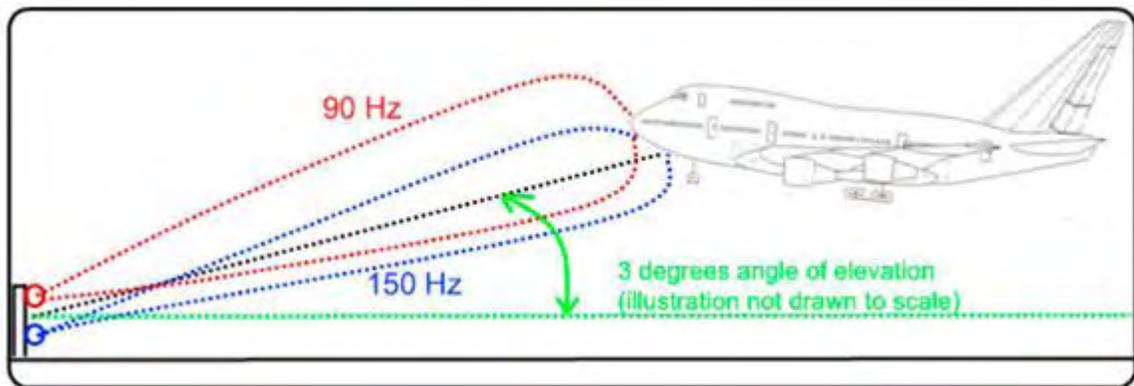
Figura 14. Aproximación utilizando el sistema ILS



Fuente: ROHDE & SCHWARZ. Aeronautical radio navigation. [En línea]. Singapore. 2008. Disponible en: http://www2.rohde-schwarz.com/file_15494/1MA193_0e.pdf [citado el 7 de mayo de 2012].

Además de los tonos de 90 y 150 Hz, que son la información útil transmitida, se incluye la señal de identificación del aeropuerto al cual pertenece el ILS. Esta identificación está formada por 3 letras transmitidas en código Morse, usando un tono de 1020 Hz¹². Para sitios con baja visibilidad, se recomienda además, complementar el localizador, con el sistema *Glide Slope* o GP, que suministra el ángulo de la trayectoria de descenso óptimo para la aeronave, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 15. Sistema de guía *Glide Slope*



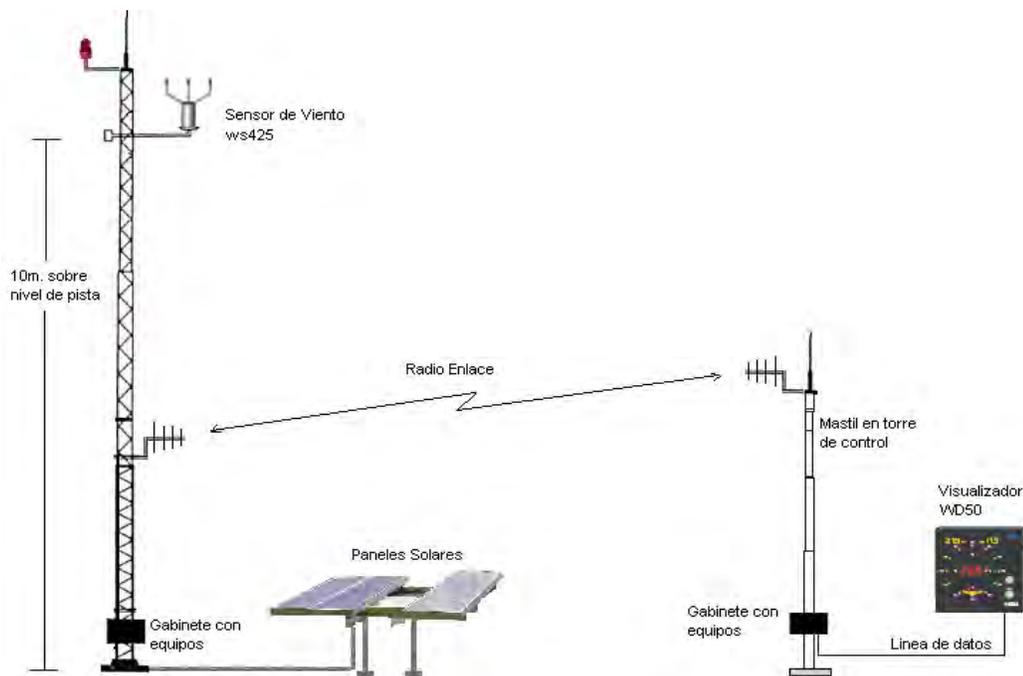
Fuente: ROHDE & SCHWARZ. Aeronautical radio navigation. [En línea]. Singapore. 2008. Disponible en: http://www2.rohde-schwarz.com/file_15494/1MA193_0e.pdf [citado el 7 de mayo de 2012].

¹² ROHDE & SCHWARZ. Aeronautical radio navigation. [En línea]. Singapore. 2008. Disponible en: http://www2.rohde-schwarz.com/file_15494/1MA193_0e.pdf [citado el 7 de mayo de 2012].

Dentro del aeropuerto el sistema ILS se encuentran en funcionamiento desde el año 2006 y hasta la fecha no ha presentado inconvenientes.

3.1.8 Sensor ultrasónico de vientos ws425. Mediante este sensor se obtienen datos ambientales como la velocidad y dirección del viento. La transmisión de datos se hace de forma inalámbrica directamente hacia la torre de control, utilizando el radio módem TransNet 900, actualmente el sistema se encuentra en correcto funcionamiento. A continuación se muestra el sistema completo de supervisión de vientos.

Figura 16. Sistema de supervisión de vientos.



Fuente: UNICOM S.A.S. Curso de capacitación para sistemas de vientos. Bogotá DC: Unicom, 2009. 44 diapositivas.

3.1.9 Seguridad aérea. Uno de los métodos que contribuye al mejoramiento de la seguridad aérea, es la implementación de sistemas redundantes para equipos de funcionamiento prioritario como lo son: el ILS, VOR, DME y los radios de comunicaciones controlador-piloto. La inclusión de estos sistemas minimiza las posibilidades de que en algún momento se ausente la señal de una de estas radio ayudas, ya que éstas son esenciales para el correcto desempeño del aeropuerto.

Adicionalmente a lo anterior, se cuenta con sistemas de apoyo, como plantas eléctricas y UPS, las cuales garantizan la energización continua de los sistemas, de acuerdo a lo especificado en el RAC¹³ de Aerocivil.

3.2 RESOLUCION DE INCONVENIENTES EN EL AREA TECNOLOGICA

3.2.1 Control de tráfico aéreo. Dentro de esta área, se logra evidenciar un inconveniente que venia sucediendo desde ya hace algún tiempo, y es que el radio receptor principal, utilizado para proporcionar comunicación directa controlador-piloto, no estaba activo, debido a que presentaba un nivel de audio muy bajo en los altavoces, situación por la cual únicamente se estaba utilizando el radio de reserva, el cual afortunadamente hasta la fecha no había presentado inconvenientes.

Para resolver esta situación, en primer lugar se procedió con la revisión diagnostica del equipo, mediante la cual se verifico el estado de los componentes internos, determinando así, que el radio receptor podía ser calibrado internamente por medio de la variación de algunos elementos de tipo resistivo y capacitivo. La calibración se realizó de acuerdo a las especificaciones del manual técnico del equipo, mediante lo cual se obtuvo resultados muy favorables y se logró un nivel de audio en los altavoces aceptable, lo cual coloca al radio principal de nuevo en funcionamiento. El radio receptor en cuestión se muestra en la siguiente figura.

Figura 17. Radio receptor marca JOTRON ELECTRONICS



Fuente: Este trabajo de grado

¹³ AERONAUTICA CIVIL DE COLOMBIA. Reglamentos Aeronáuticos: Parte decimo cuarta. Bogotá DC: La aeronáutica, 2007. p.155.

3.2.2 Transporte y organización de equipajes. Dentro del terminal aéreo, el equipaje se pesa y se etiqueta conforme a su destino final y vuelo local de salida, posteriormente, la banda transportadora lleva las maletas a rampa, en donde diversos operarios identifican los vuelos de salida y cargan el contenedor o bien el carro pertinente. El proceso descrito anteriormente, es el seguido en condiciones normales dentro del aeropuerto, sin embargo, últimamente, la banda transportadora venía presentando averías repetitivas, por lo que las maletas en muchas ocasiones debían ser transportadas manualmente desde el sitio de recepción hasta la rampa. Dicha situación conlleva, al incremento sustancial del tiempo en la organización de equipajes y por ende al retraso en la carga del avión, sin mencionar además, el desgaste físico al que son sometidos los operarios.

Para determinar el origen de las continuas averías de la banda, Inicialmente se realizó, según García¹⁴ un análisis de fallos del sistema, mediante lo cual se logró determinar que las irregularidades en el funcionamiento, se debían a una falla en el sistema central de control, el cual recae sobre el relé programable *Zelio SR1 A101FU*, el cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. Relé programable Zelio SR1 A101FU



Fuente: SCHNEIDER ELECTRIC. Zelio-Logic [En línea]. 2000. Disponible en: <http://elec.jbd.free.fr/bepmet/ressources/zelio1.pdf> [citado el 7 de mayo de 2012].

Cabe destacar que el sistema en cuestión, se encontraba sobredimensionado, ya que el diseño original se hizo para manejar tres bandas transportadoras, y en la actualidad solo era necesario el control de una única banda, ya que las otras habían sido retiradas anteriormente debido a una remodelación en las instalaciones. En la siguiente figura se muestra el sistema de control encontrado.

¹⁴ GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento correctivo. Madrid: Renovetec, 2009. 28p

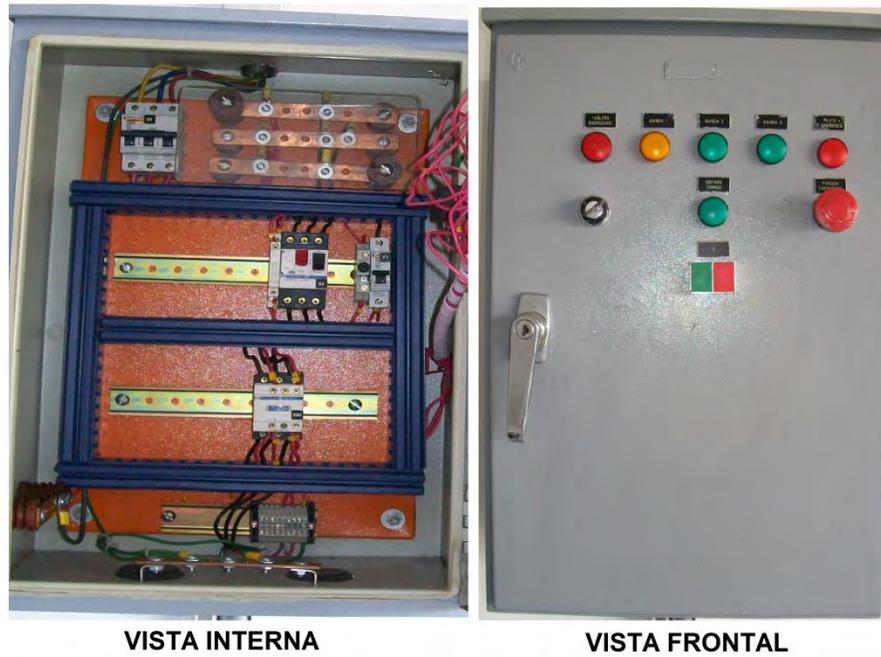
Figura 19. Antiguo sistema de control de banda.



Fuente: Este trabajo de Grado.

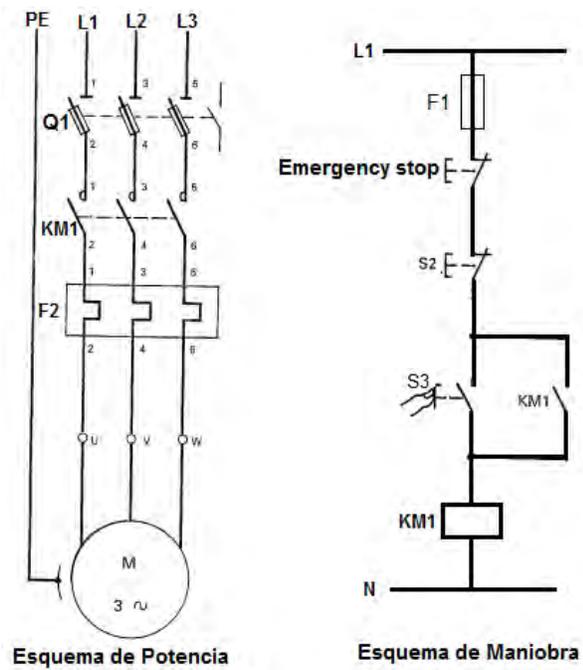
Para dar solución al inconveniente, se realizó un rediseño del sistema, teniendo en cuenta las nuevas condiciones, es así, como se decidió implementar un control semiautomático del motor de banda, basado en la inclusión de contactores, *breakers* termo magnéticos, fusibles, seccionadores, *switches* y pulsadores; diseño con el cual se logró un control de motor de banda óptimo. El diseño implementado se muestra en las siguientes figuras.

Figura 20. Nuevo sistema de control de banda.



Fuente: Este trabajo de grado.

Figura 21. Esquema del sistema de control de banda.



Fuente: Este trabajo de grado.

3.2.3 Sistema de sonido. El sistema de sonido de un aeropuerto es utilizado para dar avisos de interés acerca de los vuelos entrantes y salientes, para lo cual los mensajes de voz deben ser inteligibles, incluso en zonas con mucho ruido de fondo, es decir, el sistema debe proporcionar unas prestaciones y una fiabilidad excepcionales¹⁵.

Partiendo de la definición anterior, se determinó que el sistema de sonido del aeropuerto Antonio Nariño, no cumple con los estándares establecidos, ya que en más del 50% de las zonas de las instalaciones, el sonido se escucha distorsionado, situación que en muchas ocasiones había contribuido a la pérdida de los vuelos por parte de los pasajeros.

Al realizar una revisión diagnóstica del sistema y de su distribución, se detectó fallas en los amplificadores y en los altavoces de algunas secciones, por lo cual se recomendó la realización de mantenimiento correctivo a los dispositivos involucrados y de ser necesario, el remplazó de algunos elementos ya defectuosos. En todo momento se supervisó los procedimientos llevados a cabo, y finalmente se logró obtener una calidad de audio acorde a los requerimientos del sistema de información del aeropuerto.

3.2.4 Sistema de alimentación ininterrumpida. También conocido como UPS (*Uninterruptible Power Supply*).

La seguridad aérea de un aeropuerto, depende en gran proporción del correcto desempeño de los sistemas electrónicos de la torre de control de tráfico aéreo, los cuales deben estar en continuo funcionamiento durante el período de labores del terminal. Una de las acciones que se debe tener en cuenta para contribuir con lo anterior, es evitar que dichos sistemas se queden sin alimentación eléctrica tras un apagón, para esto se cuenta con equipos de apoyo, como las plantas eléctricas y las UPS. Las UPS se encargan de mantener los sistemas, durante el arranque de las plantas eléctricas tras un corte de energía comercial.

En el caso específico de la torre de control del aeropuerto Antonio Nariño, la UPS instalada tiene una capacidad de 12 KVA, la cual, tras una aparente sobrecarga debido a una tormenta eléctrica, sufrió una apertura de sus *breakers* de protección, situación que conllevó, a la no respuesta de la misma tras un apagón y por ende a la inhabilitación temporal de los sistemas electrónicos de la torre. Afortunadamente, en el instante del apagón, no había ninguna aeronave en aproximación, o de lo contrario, habría sucedido una situación de emergencia, con la posible cancelación de los vuelos como resultado. Mas tarde, los auxiliares de soporte técnico intentaron colocar nuevamente en línea la UPS, pero no lo lograron, debido a que no supieron interpretar el manual de usuario, puesto que

¹⁵ AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA, Circular técnica reglamentaria 004: Guía procedimiento para el mantenimiento de las terminales aeroportuarias. Bogotá: La aeronáutica, 2008. 9p.

este estaba escrito en inglés y ellos no tenían los conocimientos suficientes de este idioma.

Figura 22. UPS (12KVA) torre de control



Fuente: Este trabajo de grado

La puesta en línea de la UPS en cuestión, es de vital importancia, ya que no se tiene seguridad de cuando podría suceder otro corte de energía, para la realización de este procedimiento en primer lugar se recurrió al análisis de las especificaciones del equipo proporcionadas por el manual de usuario, posteriormente se verificó el correcto valor de los parámetros recomendados para un inicio normal del sistema, y se procedió con el encendido de la UPS, la cual se coloca en línea automáticamente al cabo de unos segundos.

3.2.5 Radio ayudas. El Equipo telemétrico (DME, del inglés: *Distance Measuring Equipment*) asociado al sistema de aterrizaje instrumental (ILS, del inglés: *Instrument Landing System*), se utiliza para proporcionar la referencia de distancia cero o fin de la pista durante la aproximación final de una aeronave, es por lo anterior que éste debe estar en continuo funcionamiento durante el período activo del aeropuerto. En la siguiente figura se muestra una vista frontal del equipo.

Figura 23. Sistema DME de ILS



Fuente: Este trabajo de grado

En cierta ocasión el equipo DME dejó de emitir señal, y debido a la importancia de éste, se hace primordial la puesta en marcha del mismo en el menor tiempo posible. El diagnóstico de fallas y puesta en línea del equipo, se hace por medio de software especializado, el cual se encuentra instalado en un ordenador con comunicación serial hacia el DME. La manipulación de los parámetros del sistema únicamente se deben realizar por personal con conocimientos en electrónica, situación por la cual, se participó en este proceso en conjunto con el personal calificado presente en el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, quienes impartieron las instrucciones correspondientes vía telefónica, logrando así, finalmente, la colocación en línea del sistema DME en el menor tiempo posible.

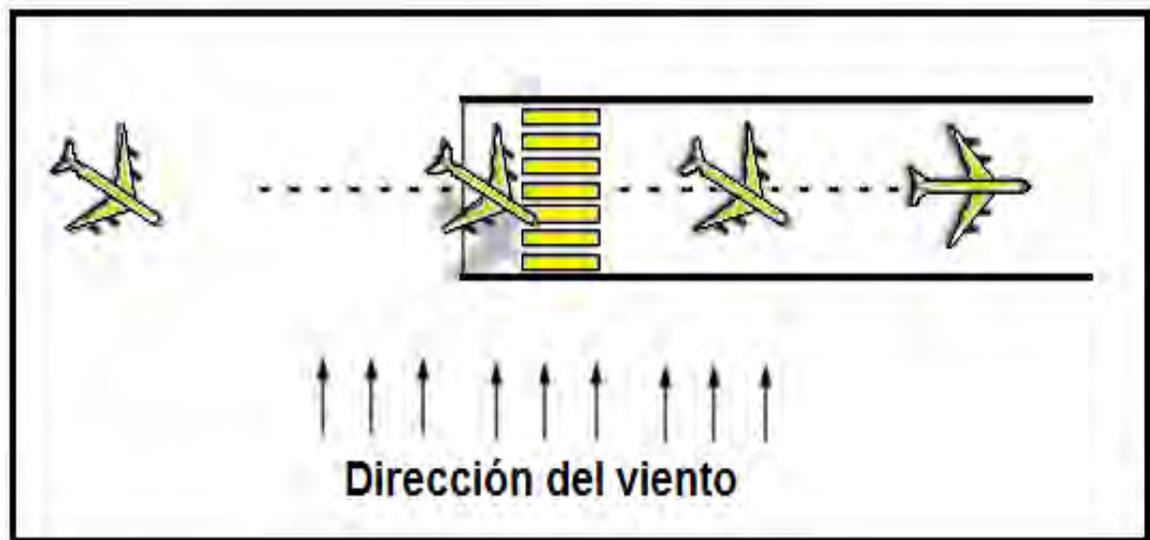
3.3 APOYO A LABORES DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS

3.3.1 Sensor ultrasónico de vientos. Es el encargado de proporcionar los datos correspondientes a la dirección y velocidad del viento y en especial de los vientos cruzados, datos que se envían directamente hasta la torre de control y posteriormente hasta la tripulación de los vuelos en aproximación, todo esto, para determinar el nivel de seguridad del aterrizaje de la aeronave.

Cabe destacar, que la pista del aeropuerto Antonio Nariño, se halla construida en una meseta que se eleva 50 metros sobre el terreno circundante, lo cual en

conjunto con su orientación, contribuye a que frecuentemente se encuentre inutilizada por la presencia de fuertes vientos cruzados. Los vientos cruzados son aquellos componentes del viento que soplan perpendicularmente a la pista de aterrizaje dificultando los aterrizajes y despegues en comparación con un viento que siguiera el sentido de la pista. Si el viento cruzado es lo suficientemente fuerte puede provocar daños estructurales al tren de aterrizaje de las aeronaves que intenten aterrizar, por lo que a partir de un límite específico para cada aeronave se prohíbe el intento de aterrizaje.

Figura 24. Proceso de aterrizaje con viento cruzado.



Fuente: Este trabajo de grado.

Actualmente el aeropuerto cuenta con dos sensores de viento, instalados a lado y lado de la pista de aterrizaje, uno de los cuales debió ser desmontado y trasladado a otro sitio debido a un deslizamiento de tierra cerca del sensor. Partiendo de lo anterior y teniendo en cuenta los objetivos de este proyecto, se brindó el apoyo necesario a la nueva instalación del sistema, la cual fue dirigida por el Ingeniero en telecomunicaciones Jairo Marín perteneciente a la empresa UNICOM S.A.S. Se realizó la instalación de la nueva torre y de los equipos de alimentación de energía, procesamiento de datos y comunicación, tal como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 25. Instalación de equipos del sensor de vientos



Fuente: Este trabajo de grado

Figura 26. Instalación Ingeniero Jairo Marín



Fuente: Este trabajo de grado

Figura 27. Puesta en línea del sensor de vientos



Fuente: Este trabajo de grado

3.4 APOYO A DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACION DE AVERÍAS

3.4.1 Radar meteorológico *Selex-SI Gematronic*. Como ya se explicó en la sección 8.1.4, el sistema de radar meteorológico constituye una gran ayuda para la navegación y la seguridad aérea, sin embargo, actualmente se encuentra deshabilitado debido a una avería en su sistema.

Figura 28. Apoyo en Identificación de avería del radar meteorológico.



Fuente: Este trabajo de grado

En colaboración con los Ingenieros electrónicos Jorge Chacón y Alexander Castañeda pertenecientes al grupo de soporte técnico del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, se han venido realizando las labores correspondientes para identificar el componente averiado, este proceso se ha llevado a cabo por etapas debido a la complejidad del sistema y a la falta del personal debidamente capacitado en el área. Hasta el momento, se han detectado averías como el agrietamiento de una de las guías de onda y el desgaste del sistema de amortiguamiento del modulo de transmisión/recepción, y se decidió desmontar y enviar dicho modulo, para un diagnostico mas preciso a Alemania, país de donde es originario este radar.

Figura 29. Modulo Transmisión/recepción de radar meteorológico



Fuente: Este trabajo de grado

3.4.2 Ups de sostenimiento de ayudas lumínicas de pista. Las luces indicadoras de trayectoria de aproximación (luces PAPI) y las de señalización de borde de pista, deben permanecer activas durante todo el procedimiento de aproximación de una aeronave, de lo contrario el procedimiento de aterrizaje sería abortado. Para evitar que el sistema de luces de pista se apague tras un corte de energía comercial, se cuenta con fuentes de energía auxiliar, como las plantas eléctricas y las UPS, las UPS mantienen la alimentación del sistema, durante el tiempo que dura el arranque de las plantas eléctricas auxiliares.

La UPS instalada en el aeropuerto para las luces de pista, tiene una capacidad de 30KVA, la cual tras una breve indicación de alarma, sufrió un aparente corto circuito en su sistema, situación que la dejó inactiva. Cabe destacar que para la revisión y diagnóstico de averías de cualquier tipo de sistema tecnológico, en primer lugar se debe contar con la aprobación del jefe de soporte técnico de la regional Valle Ing. William Aguirre Bonell. Siguiendo el protocolo, se logró la aprobación para revisión y diagnóstico del equipo, se encontró efectivamente un corto circuito en la tarjeta de control de inversión, aparentemente debido a un conductor en mal estado.

Figura 30. Tarjeta de control de inversión



Fuente: Este trabajo de grado

Siguiendo el procedimiento recomendado, se continuó con la extracción de la tarjeta, y la revisión de los componentes electrónicos asociados a ella, con el fin de descartar cualquier otra avería. La tarjeta extraída se envió al grupo de soporte técnico del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón, quien se encargara de realizar las gestiones correspondientes para la obtención de la nueva tarjeta de control.

3.5 APOYO A LABORES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.5.1 Sistema de aproximación por instrumentos (ILS). Las labores de mantenimiento de este sistema, se realizan periódicamente cada 6 meses, en conjunto con el grupo de radio ayudas de soporte técnico de la regional Valle, dirigido por el Ingeniero Danilo Jaramillo Collazos. Algunas de las labores que se realizaron son: limpieza general, revisión de las protecciones, ajustes de calibración, revisión de alarmas, entre otras. En la siguiente figura se muestra la forma de un equipo ILS típico.

Figura 31. Vista frontal de equipo ILS



Fuente: Este trabajo de grado.

Para las labores específicas de calibración, se cuenta con sistemas especiales de medición y registro de parámetros, estos sistemas se encuentran instalados en una aeronave especial denominada “avión laboratorio”, la cual en pleno vuelo y tras la variación de algunos parámetros del equipo en tierra, se encarga de verificar que las señales emitidas del ILS se encuentren dentro de un rango de tolerancia aceptable. La realización de estas actividades toma aproximadamente un día hábil, y en aeropuertos con mucho tráfico, se hace necesario la restricción de los vuelos. A continuación se muestra, el avión laboratorio perteneciente a Aerocivil.

Figura 32. Avión laboratorio de la Aeronáutica Civil de Colombia

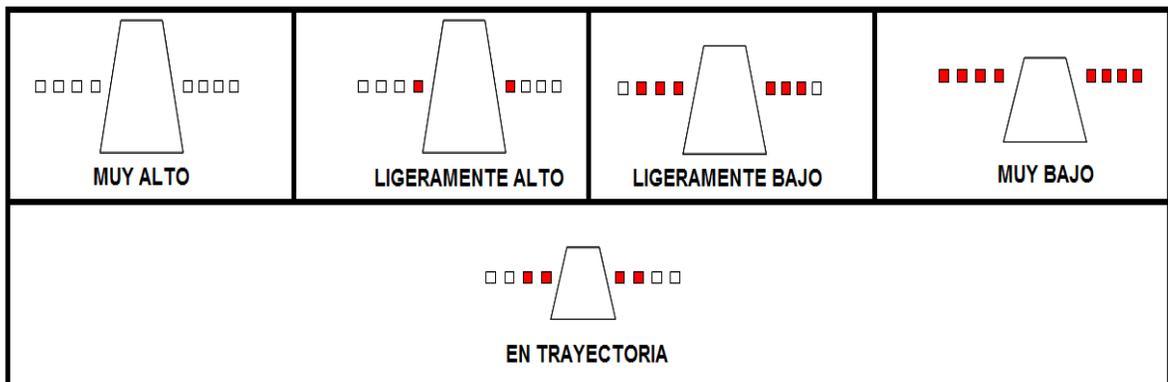


Fuente: Este trabajo de grado

3.5.2 Indicador de trayectoria de aproximación de Precisión (Luces PAPI).

Este sistema es colocado generalmente del lado izquierdo de la pista de aterrizaje/despegue y puede ser visto desde una distancia máxima de 8 km (5 millas) durante el día y de 32 km (20 millas) de noche. Tiene cuatro cajas de luces colocadas en una única fila, cada una equipada con un mecanismo óptico que divide la luz emitida en dos segmentos, rojo y blanco. Dependiendo del ángulo de aproximación de la aeronave, las luces se verán o rojas o blancas desde la posición del piloto. El piloto alcanza la trayectoria óptima de aproximación cuando la mitad de las luces sean rojas y la otra mitad blancas¹⁶. En la siguiente figura se muestra las variaciones de este sistema.

Figura 33. Sistema de Luce PAPI



Fuente: URREA ROA, Sandra. Pilotaje para aficionados [en línea]. 2004. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-pilotaje-aficionados/sistemas-luces-aproximacion> [citado el 8 de mayo de 2012].

¹⁶ ROHDE & SCHWARZ, Op. cit.

El sistema de luces debe ser calibrado periódicamente cada 3 meses, y de igual forma que con el ILS, los equipos de análisis del sistema, se encuentran montados en el denominado “avión laboratorio”, desde donde se coordina junto con el personal en tierra, la variación de los parámetros de inclinación de las luces, según el estándar determinado por la OACI. En la siguiente figura se muestra el equipo de trabajo del cual se hizo parte para este procedimiento.

Figura 34. Equipo de calibración de luces PAPI



Fuente: Este trabajo de grado

3.6 ESTUDIO DESCRIPTIVO DEL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL AEROPUERTO ANTONIO NARIÑO

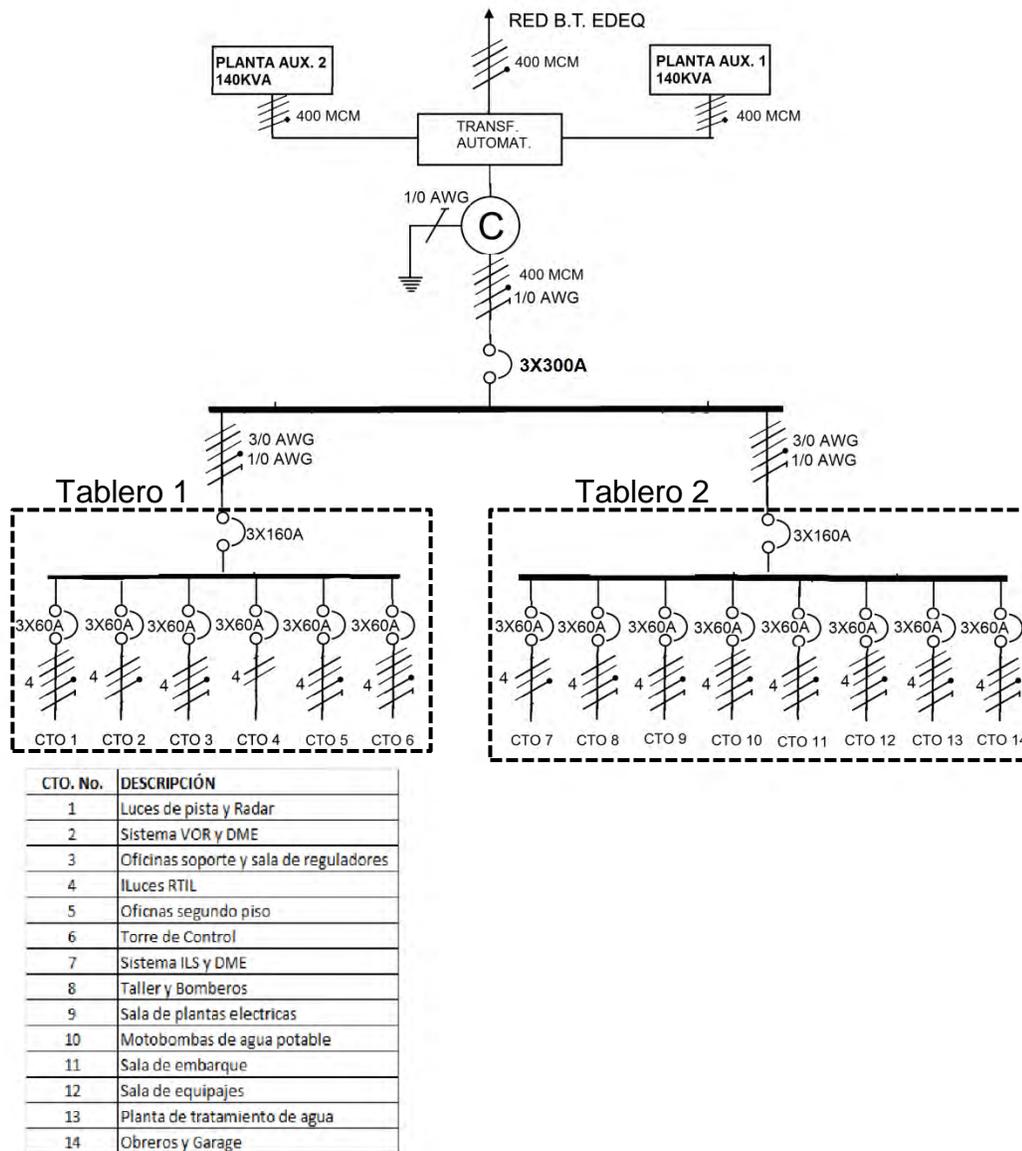
Una de las situaciones encontradas dentro del aeropuerto, es que debido a sus diferentes sistemas eléctricos y electrónicos, el consumo de energía es moderadamente alto, llegando a alcanzar en algunas ocasiones los 16000kwh por mes, situación que llevó a los entes administrativos a pensar en la realización de un estudio que permita explorar algunas posibilidades de optimización del consumo de energía eléctrica.

La realización de este estudio es de tipo explorativo, se hizo como complemento a los objetivos planteados dentro de este trabajo de grado, y como un aporte hacia el mejoramiento de la prestación del servicio del aeropuerto y su compromiso con el medio ambiente.

3.6.1 Reconocimiento general de la distribución eléctrica. La instalación eléctrica dentro del Aeropuerto Antonio Nariño, se encuentra dividida en cinco secciones: la de uso específico de la Aeronáutica civil, Policía Nacional, restaurantes y locales comerciales, sección personal de aerolíneas (Satena y Avianca) y la red de ICARO (suministro de combustibles para aeronaves).

De las cinco secciones anteriormente mencionadas se tomó como objeto de estudio únicamente la sección de uso específico de la Aeronáutica Civil la cual se encuentra organizada según el siguiente esquema:

Figura 35. Esquema de instalación eléctrica.



Fuente: Este estudio

La organización mostrada en el esquema, corresponde a la distribución física encontrada en el momento del estudio, a continuación se brinda una descripción general de ésta.

Mediante el tablero de transferencia automática, se logra un suministro de energía continuo dentro de las instalaciones, puesto que en el caso de un corte de la energía comercial, automáticamente se pone en funcionamiento una de las dos plantas eléctricas disponibles, suministrando así energía durante el tiempo que dure el corte, la capacidad de cada una de las plantas eléctricas es de 140KVA.

3.6.1.1 Tablero de distribución 1. Brinda energía a los siguientes sectores:

- Sistema VOR y DME, son radio ayudas que deben estar en funcionamiento las 24 horas del día.
- Torre de control, es el área con mas demanda de energía, en esta sección se encuentran los equipos de gestión de redes de comunicación, los radios receptores y emisores para comunicación con aeronaves, el sistema de gestión de comunicación por microondas, radio receptores de variables ambientales de sensores externos, sistemas de monitoreo de radio ayudas, ups, etc.
- Luces RTIL, son luces de ayuda visual para aproximación de aeronaves.
- Luces de pista y radar, las luces de pista son sistemas de ayuda visual y señalización de la pista central, dentro de estas están: las luces PAPI, luces laterales, luces de taxeo y luces de inicio y fin de pista. Las unidades de control remoto (RCU) de DME, ILS y VOR toman su alimentación de esta misma sección. El sistema de alimentación de radar actualmente no se encuentra en uso debido una avería en el radar.
- Oficinas segundo piso, esta es una área administrativa en donde se encuentran computadores, sistemas de iluminación, aires acondicionados y algunos electrodomésticos. Adicionalmente a lo anterior en esta sección se encuentra la sala de monitoreo de cámaras de seguridad del aeropuerto.
- Oficina de soporte y sala de reguladores, en este sector se encuentran algunos computadores, aires acondicionados y sistemas de iluminación.

3.6.1.2 Tablero de distribución 2. Se encarga de energizar las siguientes áreas:

- Sala de embarque y sala de equipajes, cada una con su correspondiente sistema de iluminación y sistemas de seguridad asociados (maquinas detectoras de metales), también se incluye la iluminación del pasillo y bandas transportadoras.
- Planta de tratamiento de agua, en esta se encuentran dos motores eléctricos los cuales funcionan por turnos durante las 24 horas del día.

- Obreros y garaje, son lugares de uso ocasional que no demandan gran consumo energético.
- Sistema ILS y DME, son radio ayudas que deben estar en funcionamiento las 24 horas del día.
- Taller y bomberos; estas áreas no demandan alto consumo de energía, puesto que solo se necesita la alimentación del sistema de iluminación y algunos computadores.
- Sala de plantas eléctricas, el consumo solo está representado en la iluminación del sitio, el cual es ocasional.
- Motobombas de agua potable, en donde se encuentran los motores eléctricos de bombeo y sus correspondientes sistemas de control.

3.6.2 Análisis de consumo mes a mes de los últimos dos años. Con el fin de identificar una tendencia en el consumo eléctrico dependiente de factores ambientales, humanos o culturales, se procedió con el análisis de los consumos eléctricos plasmados en las facturas generadas mes a mes por la empresa proveedora de energía Centrales Eléctricas de Nariño (CEDENAR), el periodo de análisis que se tomó va de enero de 2010 a diciembre de 2011, a continuación se presentan los resultados obtenidos, utilizando tablas y diagramas de columnas.

Tabla 1. Datos de consumo de energía eléctrica 2010

Mes	Consumo (kwh)
Enero	14349
Febrero	15549
Marzo	14457
Abril	18057
Mayo	15852
Junio	17683
Julio	16703
Agosto	16593
Septiembre	16582
Octubre	26547
Noviembre	15928
Diciembre	13649,6
TOTAL	201949,6
Promedio/Mes	16829,13333

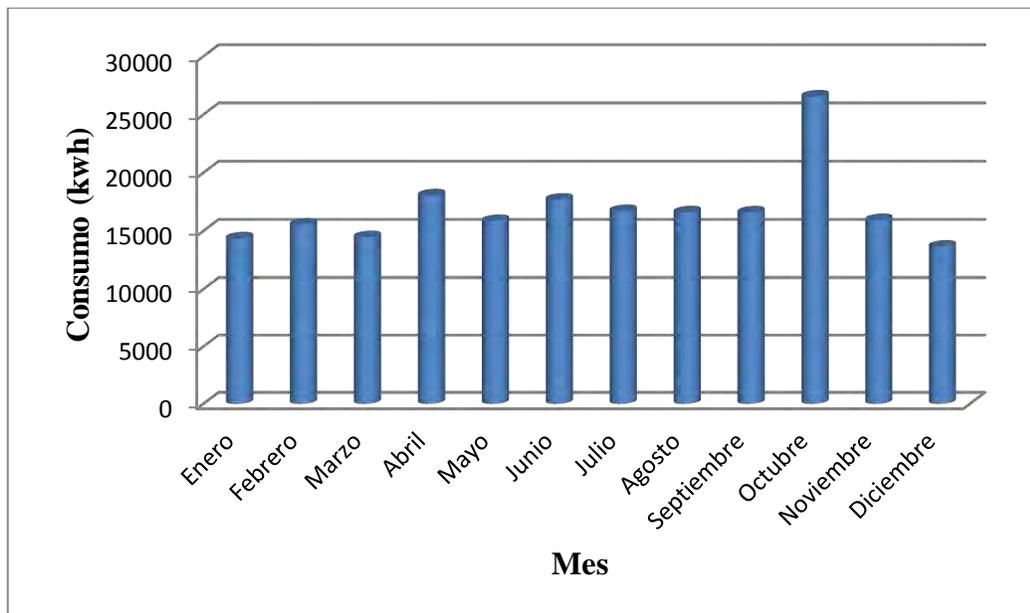
Fuente: Este estudio.

Tabla 2. Datos de consumo de energía eléctrica 2011

Mes	Consumo (kwh)
Enero	16411,2
Febrero	16066,4
Marzo	15607,2
Abril	15507,2
Mayo	16578,4
Junio	17068
Julio	17725,6
Agosto	16432
Septiembre	16604
Octubre	17450,4
Noviembre	15976
Diciembre	13201,6
TOTAL	194628
Promedio/Mes	16219

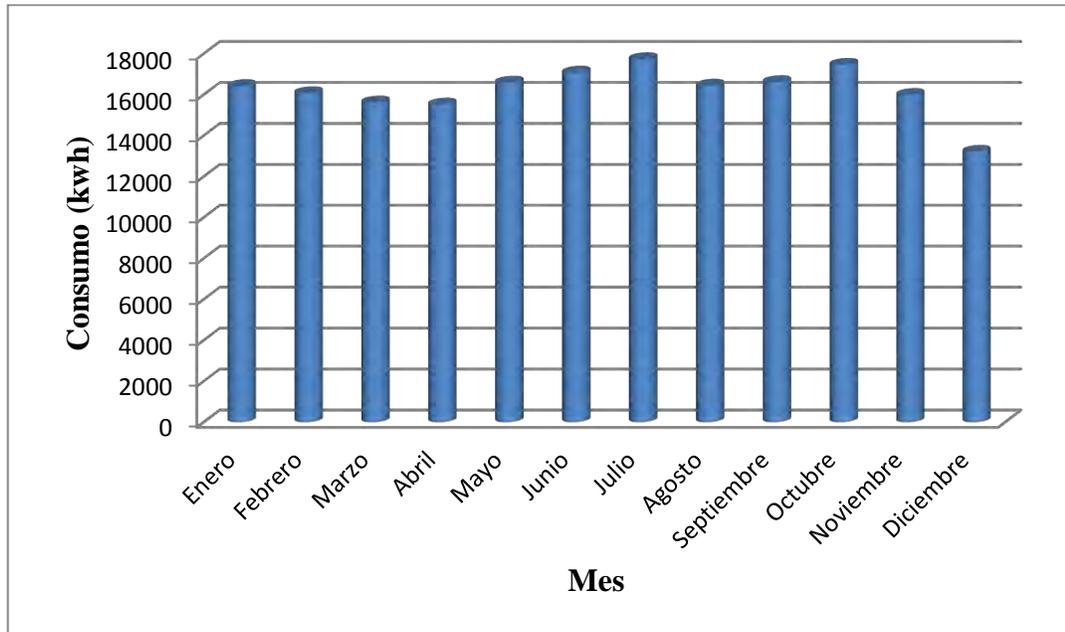
Fuente: Este estudio.

Figura 36. Consumo de energía eléctrica 2010



Fuente: Este estudio.

Figura 37. Consumo de energía eléctrica 2011



Fuente: Este estudio.

En las anteriores graficas no se puede observar una tendencia definida en el consumo para ciertas temporadas del año. Para detectar una tendencia se debe tener en cuenta además de otros factores, la ampliación del rango de la muestra (mayor a 2 años), la temperatura promedio de cada mes y el flujo de pasajeros por temporada, dichos factores no se analizaron a profundidad debido a la limitante de tiempo (dos meses) existente para el desarrollo de este estudio. Sin embargo mediante las graficas se puede observar el alcance promedio del consumo de energía eléctrica por mes, el cual llega a los 16524,1kwh. Cabe también aclarar que el alto consumo observado en el mes de octubre de 2010 se debe a unos trabajos realizados dentro de las instalaciones en donde se hizo necesaria la utilización de soldadores eléctricos.

3.6.3 Registro y análisis de consumos de energía eléctrica por sectores. Con el fin de identificar los sectores que demandan un alto consumo energético, se realizaron mediciones repetitivas de potencia para cada área. Para la realización de estas medidas se utilizó el equipo *Analizador Trifásico de Calidad Eléctrica Fluke 434*, el cual se muestra a continuación.

Figura 38. Analizador Trifásico de Calidad Eléctrica Fluke 434



Fuente: FLUKE. Fluke 430 series (Technical data). U.S.A: Fluke. 2004. 8p.

3.6.3.1 Registro de datos. Los datos finales obtenidos con la realización de estas mediciones se dividen en tres grupos según su horario de actividad, los resultados se resumen en las siguientes tablas.

Tabla 3. Consumo de sectores con actividad diaria de 6am a 6pm

Sector	Potencia (KW)	Horas de actividad/Mes	kwh/mes
Obreros y garaje	0,10	360	36,00
Sala de plantas eléctricas	0,27	360	96,00
Salas de soporte y reguladores	0,27	360	97,20
Sistema VOR y DME	0,30	360	108,00
Bombero y Taller	0,33	360	120,00
Sistemas ILS y DME	0,40	360	144,00
Oficinas segundo piso	1,63	360	586,80
Sala de embarque	1,60	360	576,00
Sala de desembarque	1,67	360	601,20
Sistemas: Control luces de pista y RCU	2,30	360	828,00
Torre de control	3,80	360	1368,00
TOTAL	12,67	360	4561,20

Fuente: Este estudio.

Tabla 4. Consumo de sectores con actividad diaria de 6pm a 6am

Sector	Potencia (KW)	Horas de actividad/Mes	kwh/mes
Salas de soporte y reguladores	0,10	360	36,00
Obreros y garaje	0,10	360	36,00
Sala de embarque	0,10	360	36,00
Sala de desembarque	0,10	360	36,00
Bombero y Taller	0,20	360	72,00
Sala de plantas eléctricas	0,27	360	96,00
Sistema VOR y DME	0,30	360	108,00
Sistemas ILS y DME	0,40	360	144,00
Oficinas segundo piso	0,53	360	190,80
Sistemas: Control luces de pista y RCU	2,30	360	828,00
Torre de control	3,40	360	1224,00
Pantallas lumínicas	4,79	360	1724,40
TOTAL	12,59	360	4531,20

Fuente: Este estudio.

Tabla 5. Consumo de sectores con actividad diaria discontinua

Sector	Potencia (kw)	Horas de actividad/Mes	kwh/mes
Sistema luces RTIL	0,40	20	8,00
Sistema luces Taxeo	3,85	7,5	28,88
Banda transportadora de equipajes 1	0,80	37,5	30,00
Banda transportadora de equipajes 2	0,80	37,5	30,00
Sistema luces PAPI	1,60	30	48,00
Sistema luces laterales y de umbral	3,60	20,00	72,00
Enfriamiento oficinas administrativas	4,70	48	225,60
Motobomba agua potable	5,40	48	259,20
Planta tratamiento de agua Motor 2	0,60	450	270,00
Planta tratamiento de agua Motor 1	1,10	270	297,00
Enfriamiento sala de equipos torre	1,22	360	439,20
Enfriamiento sala ILS DME	1,70	360	612,00
Enfriamiento sala de seguridad	2,30	300	690,00
Enfriamiento sala de reguladores	2,70	330	891,00
Enfriamiento sala VOR DME	2,80	330	924,00
TOTAL	33,57		4824,88

Fuente: Este estudio.

Los datos de consumos mostrados en las tablas anteriores son estimaciones realizadas para el mes de febrero de 2012, se realizaron teniendo como base el promedio de varias lecturas tomadas con el equipo de diagnostico *Fluke 434*, el consumo nominal de cada equipo en funcionamiento y el tiempo aproximado de uso de cada uno de los sistemas durante las 24 horas del día. Se omitió el estudio de consumo de los aires acondicionados de la sala de embarque, puesto que en el momento de realizar las medidas estos se encontraban inhabilitados.

Cabe destacar que en todas las mediciones realizadas, el valor del factor de potencia se encontraba por encima de 0.85, lo cual garantiza un nivel adecuado de consumo de potencia aparente, optimizando así, el consumo de potencia activa.

3.6.3.2 Análisis de datos. Teniendo en cuenta los resultados de las tablas 3, 4 y 5, si se suman los totales (kwh/mes) de cada tabla se obtendrá el estimado del consumo de energía eléctrica para el mes de febrero de 2012.

Tabla 6. Estimación de consumo febrero de 2012.

Tipo de consumo	kwh/mes
Continuo 6am - 6pm	4561,20
Continuo 6pm - 6am	4531,20
Discontinuo	4824,88
TOTAL	13917,28

Fuente: Este estudio.

El consumo total para el mes de febrero de 2012 según la factura emitida por Centrales Eléctricas de Nariño (CEDENAR) fue de 13974,4kwh/mes, cifra que se encuentra 57,12kwh/mes por encima del estimado obtenido en este estudio, lo anterior garantiza un alto porcentaje de confiabilidad de los datos obtenidos.

En la siguiente tabla se resumen los consumos de energía eléctrica y el valor en pesos que se paga por mes para cada sector, teniendo en cuenta el valor actual del kwh, que para el mes de febrero fue de \$428,23 pesos.

Tabla 7. Consumo y valor de energía eléctrica por sector

Sector	Potencia (kwh/mes)	Valor (Pesos)
Bandas transportadoras de equipaje	60,00	\$ 25.693,80
Obreros y Garaje	72,00	\$ 30.832,56
Salas de Soporte y Reguladores	133,20	\$ 57.040,24
Sistema Luces de Pista	156,88	\$ 67.178,58
Sala de Plantas eléctricas	192,00	\$ 82.220,16
Bomberos y Taller	192,00	\$ 82.220,16
Sistema VOR y DME	216,00	\$ 92.497,68
Motobomba agua potable	259,20	\$ 110.997,22
Sistema ILS y DME	288,00	\$ 123.330,24
Planta de tratamiento de agua	567,00	\$ 242.806,41
Sala de embarque	612,00	\$ 262.076,76
Sala de desembarque	637,20	\$ 272.868,16
Oficinas Segundo Piso	777,60	\$ 332.991,65
Sistemas: Control luces de pista y RCU	1656,00	\$ 709.148,88
Pantallas lumínicas	1724,40	\$ 738.439,81
Torre de control	2592,00	\$ 1.109.972,16
Sistemas de Enfriamiento	3781,80	\$ 1.619.480,21
TOTAL	13917,28	\$ 5.959.794,67

Fuente: Este estudio.

3.6.4 Identificación de los métodos de optimización energética. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la sección anterior y la observación directa de los equipos eléctricos y electrónicos existentes para cada área, en esta sección se propondrán alternativas de mejoramiento de la utilización de la energía eléctrica sin perder la calidad de vida que nos brindan los servicios que recibimos de ella.

3.6.4.1 Sistemas de iluminación interior. La primera área en la que se observa una gran potencial de ahorro energético es el área de iluminación interior de las instalaciones, en esta área se utilizan las barras fluorescentes de 32W de potencia con longitud de 120cm, asociadas en bases para dos barras paralelas con un solo balastro.

Figura 39. Barras fluorescente de 32W c/u



Fuente: Este estudio

Las barras fluorescentes de 32W de por si ya proporcionan un ahorro energético, puesto que son sistemas de iluminación con muy buena eficiencia.

En la actualidad dentro de las instalaciones existen áreas en las que estas barras deben permanecer encendidas las 12 horas del día debido al bajo nivel de iluminación predominante, dentro de estas áreas están: el pasillo central (48 barras), la sala embarque (16 barras), sala de desembarque (28 barras) y en algunas ocasiones el pasillo del segundo piso (12 barras); el número total de barras utilizadas es de 104 barras fluorescentes. El consumo de potencia y costo de este sistema se muestra a continuación.

Tabla 8. Consumo de energía y su valor de barras fluorescentes

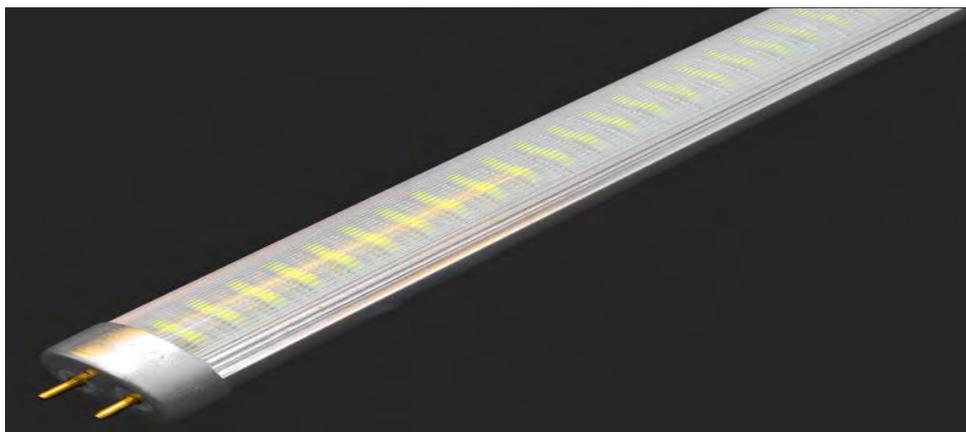
Sector	Potencia (kw)	Horas de actividad/Mes	Potencia (kwh/mes)	Valor (Pesos)
Sala de desembarque	0,896	360	322,56	\$ 138.129,87
Sala de embarque	0,512	360	184,32	\$ 78.931,35
Pasillo principal	1,536	360	552,96	\$ 236.794,06
Pasillo segundo Piso	0,384	100	38,40	\$ 16.444,03
TOTAL	3,328		1098,24	\$ 470.299,32

Fuente: Este estudio

Como se puede observar, a pesar de que las barras fluorescentes tienen una muy buena eficiencia energética, estas demandan un consumo aproximado de 1098,24kwh por mes, lo cual se traduce en una factura mensual de \$470.299,32 pesos, esto teniendo en cuenta el valor del kwh actual, el cual es de \$428,23/kwh según la factura del mes de febrero de 2012 emitida por CEDENAR.

Para bajar el consumo de potencia de las anteriores áreas se recomienda migrar al sistema de iluminación LED, la cual en la actualidad presenta ventajas tales como una alta eficiencia de iluminación, bajo consumo de potencia, gran durabilidad, fácil instalación y poco mantenimiento.

Figura 40. Tubo LED T8 25w



Fuente: COLOMBIA LEDS. Tubo LED T8 1,20cm 25w 120v blanco [en línea]. Bogotá: Colombia leds, 2012. Disponible en: <http://www.colombialeads.com/index.php?page=item&categoria=Iluminacion&item=51002&buscar=> [citado el 20 de febrero de 2012]

En la anterior figura se muestra una alternativa de cambio hacia la iluminación tipo LED. Según las características del fabricante el tubo LED T8 de 25w tiene una duración de 30.000 horas y fue diseñado para reemplazar dos barras fluorescentes T8 de 32w c/u permitiendo una actualización simple a la luz de alta calidad LED, sin perder el nivel de iluminación de estas últimas. A continuación se muestran la ventajas que se obtendrían con este tipo de iluminación.

Tabla 9. Consumo de energía y su valor de tubos tipo LED

Sector	Potencia (kw)	Horas de actividad/Mes	Potencia (kwh/mes)	Valor (Pesos)
Sala de desembarque	0,35	360	126,00	\$ 53.956,98
Sala de embarque	0,20	360	72,00	\$ 30.832,56
Pasillo principal	0,60	360	216,00	\$ 92.497,68
Pasillo segundo Piso	0,15	100	15,00	\$ 6.423,45
TOTAL	1,30		429,00	\$ 183.710,67

Fuente: Este estudio

Como se puede observar en la anterior tabla, las ventajas de ahorro tanto energéticas como económicas son evidentes, consiguiendo un ahorro de casi el 61% en comparación con las barras fluorescentes. La comparación de estos valores se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Comparación de sistemas de iluminación fluorescente y LED

Sistema	Potencia (kw)	Potencia (kwh/mes)	Valor (Pesos)
Iluminación Fluorescente	3,33	1098,24	\$ 470.299,32
Iluminación tipo LED	1,30	429,00	\$ 183.710,67
AHORRO/MES	2,03	669,24	\$ 286.588,65

Fuente: Este estudio

A pesar de que los tubos tipo LED son mas costosos que las barras fluorescentes, su valor puede ser recuperado con el ahorro que se obtiene mes a mes. Un tubo tipo LED actualmente tiene un costo aproximado de \$208.200 pesos, el numero de tubos LED estimados para remplazar las barras fluorescentes es de 52 tubos, cuyo costo total seria de \$10'823.800 pesos. En la siguiente tabla se muestra el tiempo aproximado en el que se recuperaría la inversión realizada, teniendo en cuenta una tasa de incremento en el precio de energía de 0.5% mensual, tasa adoptada por CEDENAR según la resolución CREG¹⁷ 168-08.

Tabla 11. Tiempo de recuperación de la inversión

AÑO	AHORRO POR AÑO (PESOS)	VALOR A RECUPERAR
0	\$0	\$10.823.800,00
1	\$ 3.439.063,74	\$ 7.384.736,26
2	\$ 3.645.407,57	\$ 3.739.328,69
3	\$ 3.864.132,02	-\$ 124.803,33

Fuente: Este estudio

Como se puede observar en la anterior tabla el valor de la inversión realizada en la implementación del sistema de iluminación LED, se recuperaría en menos de 3 años (2 años y 10 meses para mayor exactitud).

¹⁷ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS DE COLOMBIA (CREG). Resolución No. 168 [en línea]. Bogotá: La comisión, 2008. Disponible en: http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-75&p_options= [citado el 22 de febrero de 2012]

3.6.4.2 Sistema de iluminación exterior. En el sistema de iluminación exterior se utilizan las lámparas de vapor de sodio a alta presión (VSAP) de 400w de potencia, las cuales tienen una muy buena eficiencia lumínica.

Figura 41. Lámpara VSAP 400w



Fuente: Este estudio

Actualmente este sistema consta de 11 lámparas VSAP, las cuales se encuentran en continuo funcionamiento 12 horas diarias, siendo utilizadas para la iluminación en horas de la noche, las características de consumo de este sistema se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12. Consumo del sistema lumínico VSAP

Sistema	Potencia Total (kw)	Horas de actividad/Mes	Potencia (kwh/mes)	Valor (Pesos)
Lámparas VSAP 400w	4,4	360	1584	\$ 678.316,32
TOTAL	4,4		1584	\$ 678.316,32

Fuente: Este estudio

Como se puede observar en la tabla anterior, el consumo de potencia de las lámparas VSAP alcanza el 12% del consumo total de potencia eléctrica de las instalaciones del aeropuerto.

Para optimizar este sistema de iluminación se recomienda analizar la viabilidad de la instalación de Reguladores - Estabilizadores de Flujo luminoso, los cuales según el fabricante reducen el consumo de energía hasta en un 45%, aumentan la vida útil de las lámparas hasta en un 120% y reducen la contaminación lumínica al adecuar el nivel luminoso durante la noche. Cabe aclarar que las anteriores ventajas se obtienen bajando el nivel de luminosidad de las lámparas durante

ciertos periodos de tiempo, esto se hace variando el voltaje de alimentación entre un rango de 180v a 210v durante periodos de tiempo programados previamente.

Debido a lo anterior, se debe tener muy en cuenta un análisis previo del nivel de iluminación mínimo requerido en las instalaciones del aeropuerto, esto con el fin de determinar la pertinencia de la inclusión de este nuevo sistema de regulación de flujo luminoso.

Figura 42. Regulador-estabilizador de flujo



Fuente: SCORPIO, Elektro. Regulación de flujo (catalogo) [en línea]. Vizcaya: Scorpio, s.f. Disponible en: http://www.aladdin.cl/PRODUCTOS/EQUIP_ELECT/Scorpio%20Elektro%20XXI/R reguladores/RSE/Folleto/01.%20Regulador-Estabilizador%20modelo%20RS-E.pdf [citado el 23 de febrero de 2012].

3.6.4.3 Sistemas de enfriamiento (aires acondicionados). El aeropuerto Antonio Nariño se encuentra ubicado a una altura de 1.814m sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 18°C; debido a estas características, para garantizar el buen funcionamiento de los equipos electrónicos instalados, se debe tener muy en cuenta el mantener una temperatura adecuada y constante en dichas áreas. De igual forma se debe tener un ambiente agradable para los funcionarios de la entidad y las personas en general que utilizan los servicios que el aeropuerto ofrece. A continuación se muestra una estimación del consumo eléctrico aproximado por mes, destinado a la sección de utilización de aires acondicionados. Cabe aclarar que los siguientes valores no son exactos debido a la variabilidad de la utilización de los aires acondicionados.

Tabla 13. Consumo del sistema de aires acondicionados

Sector	Potencia (kw)	kwh/mes	Valor (Pesos)
Enfriamiento oficinas administrativas	4,70	225,60	\$ 96.608,69
Enfriamiento sala de equipos torre	1,22	439,20	\$ 188.078,62
Enfriamiento sala ILS DME	1,70	612,00	\$ 262.076,76
Enfriamiento sala de seguridad	2,30	690,00	\$ 295.478,70
Enfriamiento sala de reguladores	2,70	891,00	\$ 381.552,93
Enfriamiento sala VOR DME	2,80	924,00	\$ 395.684,52
Total	15,42	4824,88	\$ 1.619.480,21

Fuente: Este estudio

Como se puede observar el consumo eléctrico destinado a la sección de aires acondicionados se encuentra alrededor del 27% del consumo total, por lo cual este es un sistema al que se le debe prestar mucha atención. Para esta sección se recomienda realizar un estudio en cada área específica, de tal manera que no se sobredimensione las características de los aires acondicionados, ya que el sobredimensionamiento implica un consumo innecesario de potencia eléctrica.

3.6.4.4 Sistemas tecnológicos. La sección de sistemas tecnológicos comprende todos aquellos sistemas y equipos electrónicos utilizados en áreas específicas, como radio ayudas, señalización lumínica de pista, radio comunicaciones, meteorología, seguridad, área administrativa, control de tráfico aéreo, etc.

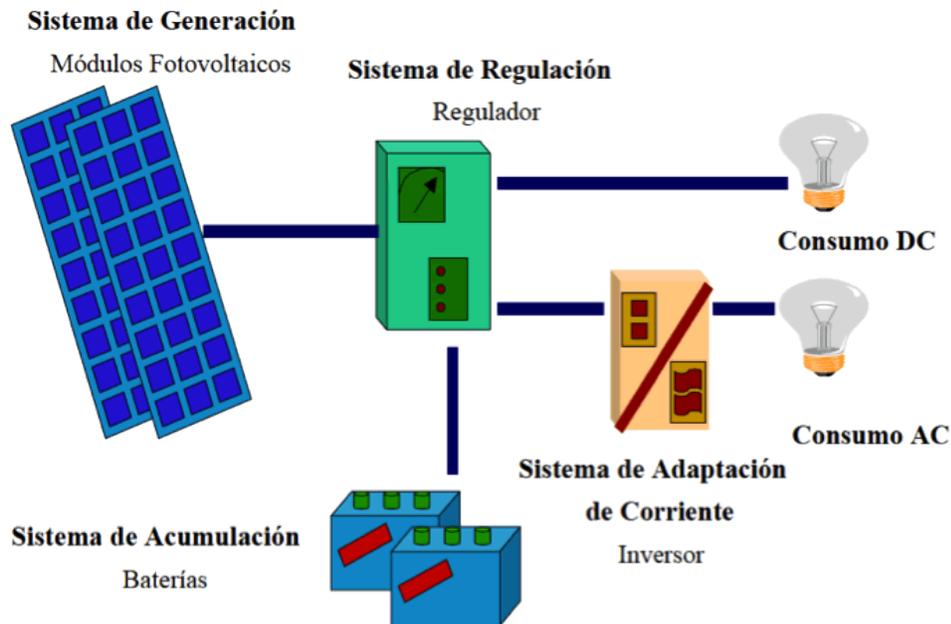
Debido a que a este aeropuerto llegan únicamente vuelos nacionales, se ha establecido un horario de operación solo diurno (6am - 6pm) y en ocasiones muy esporádicas en horas de la noche. Por lo anterior, para tratar de optimizar la sección de sistemas tecnológicos, se recomienda, la realización de un análisis general de los mismos, con el fin de encontrar la pertinencia y justificación de funcionamiento de dichos sistemas a ciertas horas de la noche, es decir, se buscaría principalmente mantener en funcionamiento, solo aquellos sistemas absolutamente necesarios para el buen desempeño del aeropuerto en horas nocturnas.

De igual forma se debe propender por la actualización de los equipos electrónicos ya existentes, puesto que los equipos obsoletos, por su misma constitución física y a pesar de que cumplen con su propósito, consumen más energía de la necesaria en comparación con los equipos nuevos los cuales hacen un uso mas eficiente de los recursos energéticos.

3.6.5 Análisis de instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos. Dentro de esta sección se analiza la viabilidad de la instalación de paneles solares como fuente de energía renovable dentro de las instalaciones del aeropuerto.

3.6.5.1 Elementos de los sistemas fotovoltaicos autónomos.

Figura 43. Elementos fundamentales de un sistema fotovoltaico aislado



Fuente: ALONSO LORENZO, José A. Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas [en línea]. Santiago de Compostela: SunFields Europe, s.f. Disponible en: http://www.sfe-solar.com/test/wp-content/uploads/2011/09/Sunfields_Boletin_Fotovoltaica_Autonomas.pdf?9d7bd4 [citado el 23 de febrero de 2012].

Los elementos principales que se deben tener en cuenta para la instalación de un sistema fotovoltaico autónomo son:

- **Módulos Fotovoltaicos:** Son los encargados de la generación eléctrica. Pueden ser de varios tipos, entre ellos, los más utilizados para este tipo de instalación son los paneles con tecnología monocristalina y policristalina. Los paneles solares monocristalinos y policristalinos, con uniones en serie de sus células, rondan los 12-18 voltios para uniones de 36 células y los 24-34 voltios para uniones de 72 células.
- **Regulador:** Mediante éste se controla la carga y descarga de las baterías, con el fin de evitar cargas o descargas excesivas. El regulador se comporta como un interruptor cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada.

- **Baterías:** Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el sistema de generación fotovoltaico para poder disponer de ella en las horas del día en las que no luzca el sol o en horas de la noche en donde la luz solar es ausente.
- **Inversor:** Transforma la corriente continua procedente del regulador en corriente alterna para alimentar las cargas que así lo requieran, si las cargas se alimentan con corriente continua el inversor no se hace necesario.

3.6.5.2 Parámetros de diseño de la instalación fotovoltaica. Para dimensionar el sistema fotovoltaico a instalar se deben tener en cuenta entre otros factores, el consumo de los elementos a los cuales se desea alimentar y los datos de irradiación solar del lugar en donde se desea instalar los paneles.

✓ **Carga del sistema.** Se tomara una carga de tipo AC con consumo de 206w 10 horas al día, lo que equivale a 2,06kwh/día, a la cual se le agregara un margen de seguridad de 20% sobre el consumo real, es decir el nuevo consumo a utilizar será de 2,472kwh/día.

Para una mayor exactitud se tendrá en cuenta también el rendimiento de la batería como 95% y el del inversor como 90%¹⁸, de tal forma que se obtiene el siguiente valor:

$$L_{md} = \frac{\frac{L_{mdAC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat}} = \frac{\frac{2472}{0,9}}{0,95} = 2,9kwh/dia$$

Donde:

L_{md} = Consumo medio de energía diario.

$L_{md,AC}$ = Consumo medio de energía diario de las cargas en alterna.

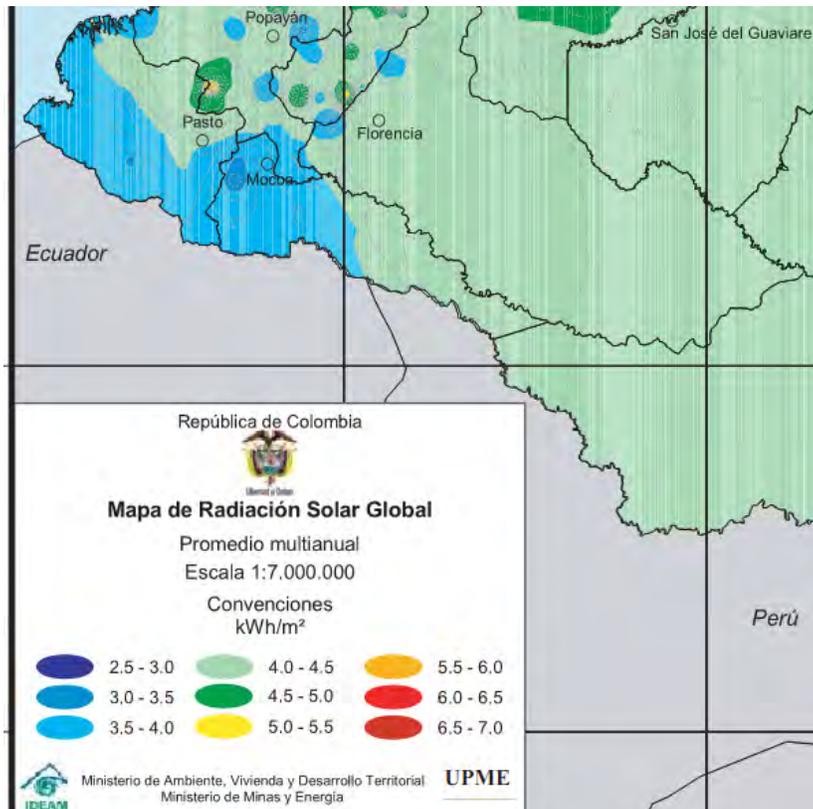
η_{bat} = Eficiencia de la batería.

η_{inv} = Eficiencia del inversor.

¹⁸ ALONSO LORENZO, José A. Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas [en línea]. Santiago de Compostela: SunFields Europe, s.f. Disponible en: http://www.sfe-solar.com/test/wp-content/uploads/2011/09/Sunfields_Boletin_Fotovoltaica_Autonomas.pdf?9d7bd4 [citado el 23 de febrero de 2012].

✓ **Radiación solar y HPS.** El sitio de instalación del sistema es el aeropuerto Antonio Nariño ubicado en el Municipio de Chachagüi. Para este sitio se tomó los datos proporcionados por el atlas de radiación solar para regiones Colombianas.

Figura 44. Mapa de radiación solar Nariño.



Fuente: COLOMBIA. Ministerio de Minas y Energía -Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: UPME - IDEAM.2005.

Según el mapa, la radiación promedio multianual para el Municipio de Chachagüi se encuentra entre 4kwh/m^2 y $4,5\text{kwh/m}^2$, para los cálculos se tomara la menor radiación, correspondiente a 4kwh/m^2 , lo que equivale a 4,0HPS.

3.6.5.3 Cálculos de parámetros del sistema.

✓ **Numero de paneles.** El tipo de panel que se utilizara es el Kiocera KD205GX-LP, el cual tiene una PMPP de 205wp. El número total de módulos solares necesarios se obtiene de la siguiente expresión:

$$N_T = \frac{L_{md}}{P_{MPP} \cdot HPS_{crit} \cdot PR}$$

Donde:

NT = Numero total de paneles.

Lmd = Consumo medio diario.

PMPP = La potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida STC.

HPScrit = Son las horas de sol pico del mes con menor HPS.

PR = Factor global de funcionamiento que varía entre 0.65 y 0.90. Se Usara 0.90 por defecto.¹⁹

Remplazando los valores correspondientes en la expresión anterior se obtiene:

$$\frac{2,9kwh/dia}{(205)(4,0)(0,9)} = 3,93 \equiv 4 \text{ Paneles}$$

✓ **Baterías.** Con el fin de mantener una alimentación constante hacia las cargas, se debe incluir un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías. La capacidad del banco de baterías se obtiene utilizando la siguiente fórmula:

$$Cap. = (1.66) \cdot D_{Tot} \cdot Aut$$

Donde:

1,66 = factor de corrección de batería que tiene en cuenta la profundidad de descarga admitida, el envejecimiento y un factor de temperatura.

Dtot = Demanda total de energía de la instalación en Ah/día.

Aut: Días de autonomía²⁰.

Remplazando los valores correspondientes en la expresión anterior se obtiene:

$$Cap. = (1.66) \cdot \left(\frac{2,9kwh}{12V} \right) \cdot 1 = 401,2Ah$$

Ahora, se divide la capacidad requerida 401,2Ah por la capacidad de una batería 150 Ah \equiv 3 baterías. Las 3 baterías le proporcionarían al sistema, un día de autonomía.

¹⁹ Ibid.

²⁰ Ibid.

✓ **Regulador.** La corriente máxima de salida del regulador será:

$$I_{maxs} = \left(\frac{\left(\frac{206}{0,9} \right)}{12} \right) \cdot (1,2) = 22,9A$$

Donde, el factor 1,2 se agrega como factor de seguridad para evitar daños ocasionales.

✓ **Inversor.** Por último, para el cálculo del inversor, únicamente se calcula la suma de las potencias de las cargas de alterna, mas un margen de seguridad de 20%, es decir la potencia del inversor deberá ser de $206w + 41,2w = 247,2w$.

3.6.5.4 Análisis de viabilidad de la instalación. Los parámetros de diseño del sistema encontrados en la sección anterior se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 14. Parametros del sistema fotovoltaico.

PARAMETRO	VALOR
Consumo medio de energía diario (Lmd).	2,9kwh/día
Horas de Sol Pico (HPS)	4
Numero de Paneles	4
Numero de Baterías	3
Corriente de salida del regulador	22,9A
Potencia del Inversor	247,2w

Fuente: Este estudio.

Teniendo en cuenta los valores de la tabla anterior, se buscara los mejores componentes que se adapten a estas características. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 15. Características de los componentes

DESCRIPCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
Panel Kiocera KD205GX-LP 205WP	4	\$ 1.575.500	\$ 6.302.000
Batería 150Ah Gel sellada AGM.	3	\$ 600.000	\$ 1.800.000
Regulador steca 30A 12V/24V	1	\$ 400.000	\$ 400.000
Inversor Xantex 400w	1	\$ 300.000	\$ 300.000
Valor Total			\$ 8.802.000

Fuente: Este estudio.

La potencia que se alimentara con el sistema fotovoltaico es de 2.06kwh/día, lo que equivale a un consumo de 61.8kwh/mes o 741.6kwh/año. El precio actual del kwh es de \$428.23 pesos, por lo que en el primer año se ahorrarán \$317.575,37 pesos por concepto de pago de consumo de energía. Con el fin de obtener un resultado más exacto del tiempo de recuperación de la inversión realizada en la implementación del sistema fotovoltaico, se tomara como estándar una tasa de incremento en el precio de energía de 6% anual²¹. En la tabla 15, se muestra una estimación del tiempo en el cual se espera recuperar la inversión realizada en la instalación y puesta en marcha del sistema.

Tabla 16. Resultados de ahorro energético.

AÑO	AHORRO POR AÑO (PESOS)	VALOR A RECUPERAR
0	0	\$8.802.000
1	\$ 317.575,37	\$8.484.424,63
2	\$ 336.629,89	\$ 8.147.794,74
3	\$ 356.827,68	\$ 7.790.967,06
4	\$ 378.237,34	\$ 7.412.729,71
5	\$ 400.931,59	\$ 7.011.798,13
6	\$ 424.987,48	\$ 6.586.810,65
7	\$ 450.486,73	\$ 6.136.323,92
8	\$ 477.515,93	\$ 5.658.807,99
9	\$ 506.166,89	\$ 5.152.641,10
10	\$ 536.536,90	\$ 4.616.104,20
11	\$ 568.729,12	\$ 4.047.375,08
12	\$ 602.852,86	\$ 3.444.522,22
13	\$ 639.024,04	\$ 2.805.498,18
14	\$ 677.365,48	\$ 2.128.132,70
15	\$ 718.007,41	\$ 1.410.125,30
16	\$ 761.087,85	\$ 649.037,45
17	\$ 806.753,12	-\$ 157.715,67

Fuente: Este estudio.

Como se puede observar en la anterior tabla, la inversión realizada en la instalación del sistema fotovoltaico autónomo se recuperaría en aproximadamente 16 años.

²¹ COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS DE COLOMBIA (CREG), Op.cit.

4. CONCLUSIONES

La presencia de personal de planta debidamente capacitado en el área tecnológica dentro de los aeropuertos, es primordial, puesto que se debe hacer un seguimiento personalizado de la tecnología presente y además garantizar la atención inmediata de inconvenientes en dicha área.

Se deben tomar todas las precauciones pertinentes a la hora de manipular los componentes electrónicos del radar meteorológico, ya que estos presentan una alta sensibilidad a las descargas electrostáticas.

La variación de los parámetros de configuración del sistema telemétrico (DME, del inglés: *Distance Measuring Equipment*), deben ser realizados únicamente por personal calificado, de lo contrario, podría suceder un conflicto interno en su sistema.

La gestión de mantenimiento preventivo para tecnologías de funcionamiento esencial, constituye la manera mas efectiva de garantizar la máxima duración de los componentes del sistema electrónico, disminuyendo así, en gran medida las posibilidades de que los equipos mas adelante sufran graves averías que los puedan dejar inutilizables.

Para atender un inconveniente inesperado en el área tecnológica, antes de realizar cualquier acción, se debe recurrir en primera instancia al manual de usuario y/o técnico del equipo, de lo contrario, se podría generar una avería más grave o una lesión física en el personal encargado.

El análisis de los consumos eléctricos mensuales de la empresa, correspondientes a los dos últimos años (enero 2010 – enero 2012), no permite definir una tendencia en el consumo para ciertas temporadas del año, esto debido a que para el análisis, además de otros factores, se debe tener en cuenta la ampliación del rango de la muestra (mayor a 2 años).

El sistema de iluminación tipo LED, a pesar de ser más costoso que los sistemas convencionales, presenta grandes ventajas de ahorro energético y eficiencia lumínica, mediante lo cual se garantiza una pronta recuperación de la inversión mediante el ahorro en el consumo de potencia eléctrica.

La instalación de sistemas fotovoltaicos autónomos como fuentes de energía renovable, en la actualidad no presenta grandes ventajas, debido a los altos costos de su implementación, los cuales implican un tiempo considerable de recuperación de la inversión mediante el ahorro de consumo de energía eléctrica comercial.

La realización de estudios de consumo eléctrico dentro de las entidades, permite conocer más a fondo el estado de la utilización de este recurso y tomar medidas en pro de la optimización de su uso, en aras del compromiso existente con el medio ambiente y de la misma economía de la entidad.

La calidad humana y colaboración interna del personal de soporte técnico de la regional Valle de Aerocivil, constituye el mejor apoyo para la resolución asistida de inconvenientes tecnológicos de tipo crítico en diferentes áreas.

La inclusión de estudiantes en calidad de pasantes dentro de entidades como la Aeronáutica Civil de Colombia, constituye un avance hacia el reconocimiento de las nuevas tecnologías y la generación de experiencias mediante la resolución de problemas reales dentro de la empresa, logrando además estrechar vínculos de cooperación con las Instituciones Educativas.

RECOMENDACIONES

Incluir personal de planta debidamente capacitado en el área de la electrónica dentro del aeropuerto, puesto que es necesario realizar un seguimiento continuo y una atención personalizada de los componentes tecnológicos existentes.

Complementar el sistema de aproximación por instrumentos (ILS) con su sistema asociado *Glide Slope*, para así brindar mayor seguridad al procedimiento de aterrizaje de las aeronaves.

Actualizar el sistema de radio comunicación controlador-piloto, con el fin de mejorar la seguridad y la prestación del servicio del mismo.

Revisar la instalación de polo a tierra, puesto que algunos equipos se han visto afectados debido a las tormentas eléctricas.

Gestionar la realización de un estudio mas detallado del consumo de energía eléctrica, ya que el presentado en este documento es de tipo explorativo debido a la limitante de tiempo.

Fortalecer la cooperación interinstitucional entre la Universidad de Nariño y la Aeronáutica Civil de Colombia, ya que esto traería beneficios para ambas partes.

BIBLIOGRAFIA

AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA, Circular técnica reglamentaria 004: Guía procedimiento para el mantenimiento de las terminales aeroportuarias. Bogotá: La aeronáutica, 2008. 9p.

AERONAUTICA CIVIL DE COLOMBIA. Manual del funcionario. La Aeronáutica Civil y la Aviación en Colombia. Bogotá DC: La Aeronáutica, 2006. 35p.

AERONAUTICA CIVIL DE COLOMBIA. Reglamentos Aeronáuticos: Parte decimo cuarta. Bogotá DC: La aeronáutica, 2007. p.155.

ADMINISTRACION NACIONAL DE AVIACION CIVIL ARGENTINA (ANAC). Manual de radioayudas a la navegación aérea. Especificaciones técnicas para el equipo DME. Argentina. ANAC, 2010. 116p.

ALONSO LORENZO, José A. Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas [en línea]. Santiago de Compostela: SunFields Europe, s.f. Disponible en: http://www.sfe-solar.com/test/wp-content/uploads/2011/09/Sunfields_Boletin_Fotovoltaica_Autonomas.pdf?9d7bd4 [citado el 23 de febrero de 2012].

AUGIER S.A.S COMPANY. DIAM 4000 datasheet [en línea]. (Francia): 2009. Disponible en: <http://www.augier.com/doc/6021052.pdf> [citado el 6 de mayo de 2012].

CENTRO DE ESTUDIOS AERONATUCOS (CEA). Curso básico de interpretación de imágenes de Radar meteorológico. Bogotá DC: Centro de Estudios, 2009. 146 diapositivas.

CENTRO DE ESTUDIOS AERONÁUTICOS (CEA). Manual del pasante. Bogotá: La aeronáutica, 2011.

COLOMBIA. Ministerio de Minas y Energía -Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) Atlas de Radiación Solar de Colombia. Bogotá: UPME - IDEAM.2005.

COLOMBIA LEDS. Tubo LED T8 1,20cm 25w 120v blanco [en línea]. Bogotá: Colombia leds, 2012. Disponible en: <http://www.colombialeds.com/index.php?page=item&categoria=Iluminacion&item=51002&buscar=> [citado el 20 de febrero de 2012].

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS DE COLOMBIA (CREG). Resolución No. 168 [en línea]. Bogotá: La comisión, 2008. Disponible en: http://www.creg.gov.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=conten t&p_id=MI-75&p_options= [citado el 22 de febrero de 2012].

FLUKE. Fluke 430 series (Technical data). U.S.A: Fluke. 2004. 8p.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento correctivo. Madrid: Renovetec, 2009. 28p.

GUALDA GIL, Juan; MARTINEZ GARCIA, Salvador y MARTINEZ MARTINEZ, Pedro. Electrónica Industrial: Técnicas de potencia. 2 ed. Barcelona: Alfaomega grupo editorial, S.A. de C.V, 2003. 477p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá: ICONTEC, 2008. 41 h. (NTC 1486).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas contenido, forma y estructura. Bogotá: ICONTEC, 2008. 38 h. (NTC 5613).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Bogotá: ICONTEC, 1998. 27 h. (NTC 4490).

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION. ICAO in brief. [Online]. Available from internet: <http://www.icao.int/Pages/icao-in-brief.aspx> [citado el 4 de mayo de 2012].

NAVEGACION AEREA, CARTOGRAFIA Y COSMOGRAFIA. Aeropuertos. [En línea]. s.f. Disponible en: <http://nacc.upc.es/aeropuertos/x85.html> [citado el 6 de mayo de 2012].

ROHDE & SCHWARZ. Aeronautical radio navigation. [En línea]. Singapore. 2008. Disponible en: http://www2.rohde-schwarz.com/file_15494/1MA193_0e.pdf [citado el 7 de mayo de 2012].

SCHNEIDER ELECTRIC. Zelio-Logic [En línea]. 2000. Disponible en: <http://elec.jbd.free.fr/bepmet/ressources/zelio1.pdf> [citado el 7 de mayo de 2012].

SELEX, Sistemi Integrati. Weather Radar System (Operating instruction). Germany. 2007. 92p.

UNICOM S.A.S. Curso de capacitación para sistemas de vientos. Bogotá DC: Unicom, 2009. 44 diapositivas.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Consejo Académico. Acuerdo No. 005, “Por el cual se deroga el Acuerdo No. 043 del 30 de abril de 2002 y se adopta la nueva reglamentación del trabajo de grado...”, San Juan de Pasto: La Universidad, 2010. 9p.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO, Departamento de Ingeniería Electrónica. Proyecto Educativo de Programa (PEP). San Juan de Pasto: La Universidad, 2010. p.8.

URREA ROA, Sandra. Pilotaje para aficionados [en línea]. 2004. Disponible en: <http://www.mailxmail.com/curso-pilotaje-aficionados/sistemas-luces-aproximacion> [citado el 8 de mayo de 2012].

WIKIPEDIA, la enciclopedia libre. Aeropuerto Antonio Nariño [En línea]. 2012. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Aeropuerto_Antonio_Nariño [citado el 4 de mayo de 2012].

SCORPIO, Elektro. Regulación de flujo (catalogo) [en línea]. Vizcaya: Scorpio, s.f.
Disponible en:
http://www.aladdin.cl/PRODUCTOS/EQUIP_ELECT/Scorpio%20Elektro%20XXI/Reguladores/RSE/Folleto/01.%20Regulador-Estabilizador%20modelo%20RS-E.pdf
[citado el 23 de febrero de 2012].

ANEXOS

ANEXO A

TABLA DE RESUMEN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO			
SISTEMA	FALLA	DIAGNOSTICO	PROCEDIMIENTO REALIZADO
Radio comunicación Controlador-Piloto.	Nivel de audio deficiente en los speakers.	Falta de mantenimiento preventivo	Revisión de contactos, limpieza y calibración interna del equipo.
Banda transportadora de equipajes.	Apagados intermitentes con la banda en estado ON.	Sobredimensionamiento del sistema de control.	Rediseñamiento del sistema central de control.
Información de interés al usuario (sistema de altavoz).	Distorsión del sonido.	Componentes deteriorados en el sistema de amplificación.	Revisión de contactos, limpieza y remplazo de componentes.
UPS 12KVA de equipos torre de control.	Inhabilitación por disparo de breakers y reinicio negativo.	Inadecuada manipulación y reinicio sin tener en cuenta el manual del operario.	Revisión de breakers y reinicio según lo especificado en el manual.
Equipo telemétrico (DME)	Apagado del sistema con intentos fallidos de reinicio.	Falla en la sincronización con el sistema ILS	Variación de parámetros del sistema, asistido por personal capacitado en el tema.

ANEXO B
FOTOGRAFIAS DIAGNOSTICO DE AVERIA RADIO JOTRON

Diagnostico. Imagen 1



Diagnostico. Imagen 2

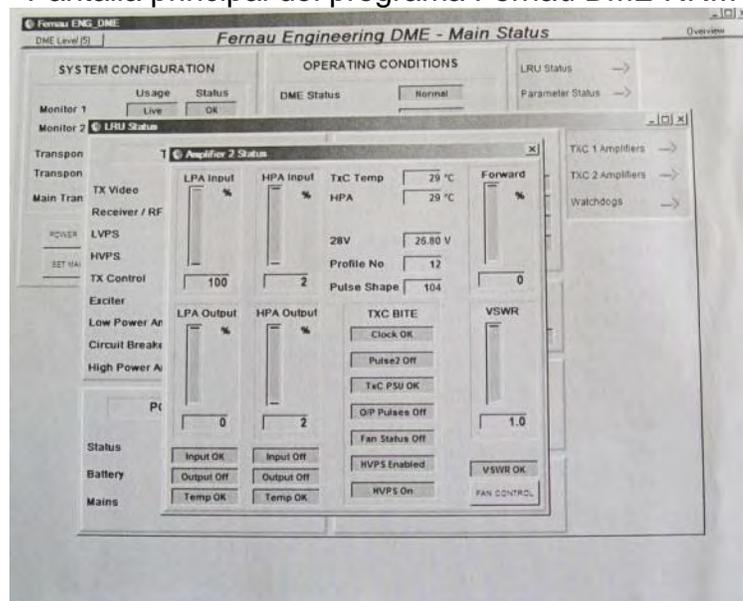


Sección interna de radio marca Jotron



ANEXO C SOFTWARE DE DIAGNOSTICO PARA DME

Pantalla principal del programa Fernau DME RRM



Mediante el programa DME RRM, se logra un diagnostico completo del estado del sistema DME, y si es necesario la variación de algunos de sus parámetros de funcionamiento.

ANEXO D INSTALACION DE SENSOR ULTRASONICO DE VIENTOS

Colocación de la base de la torre.



Ingeniero Jairo Marín de UNICOM S.A.S





Sensor ultrasónico de vientos

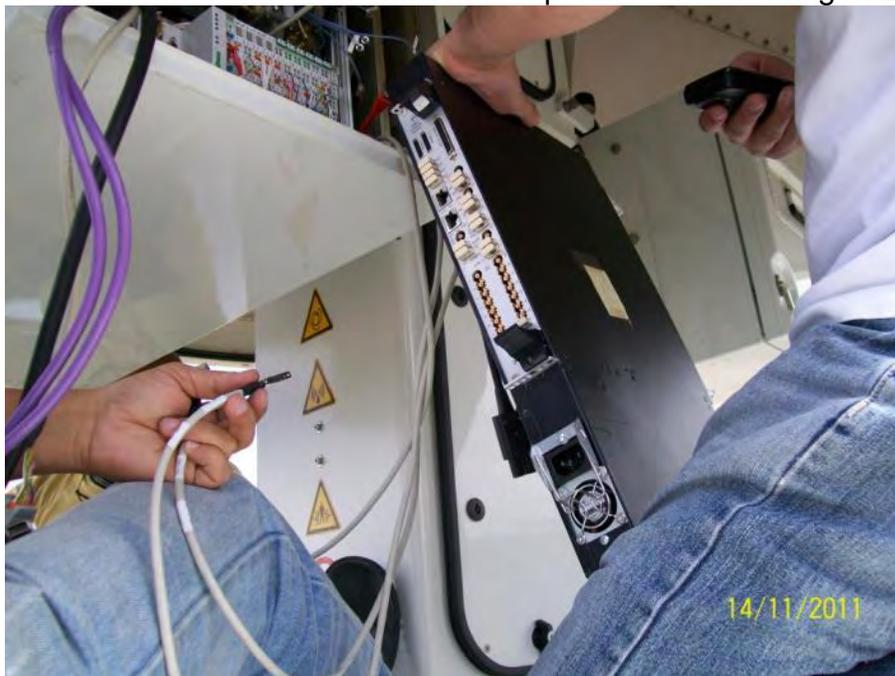


ANEXO E
DIAGNOSTICO DE AVERÍA EN RADAR METEOROLOGICO

Retiro de modulo de transmisión/recepción de radar. Imagen 1



Retiro de modulo de transmisión/recepción de radar. Imagen 2

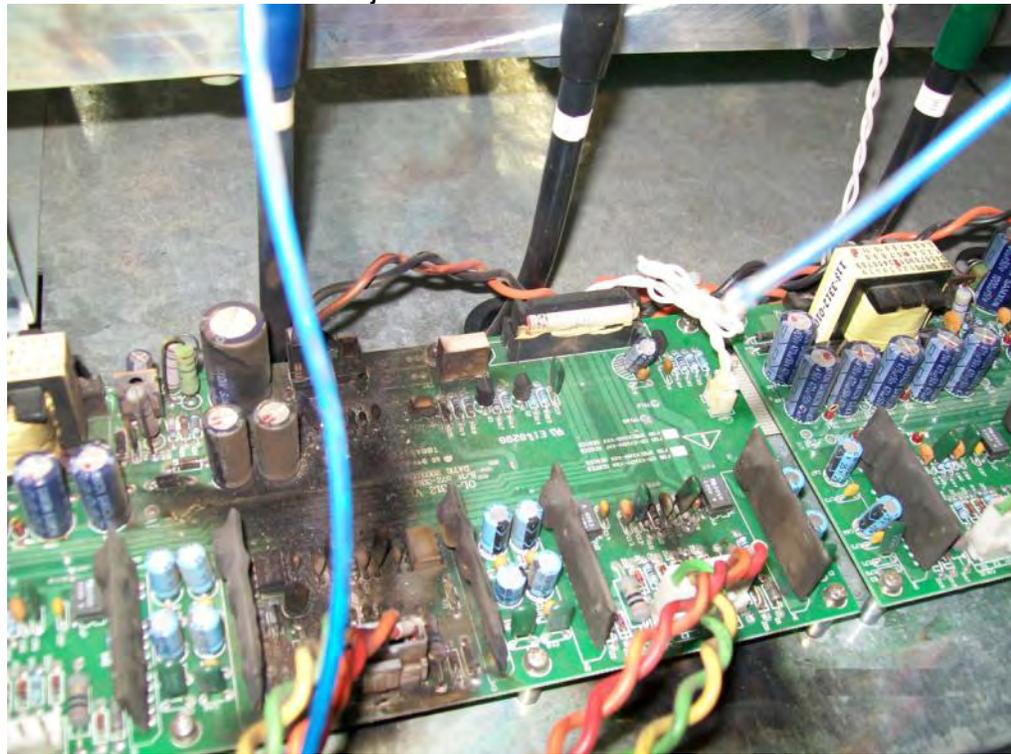


Guías de onda averiadas



**ANEXO F
DIAGNOSTICO DE AVERÍA EN UPS 30KVA**

Tarjeta de control averiada



Revisión del estado de los componentes aledaños al corto circuito



ANEXO G
AVIÓN LABORATORIO DE AEROCIVIL

Avión laboratorio. Imagen 1



Avión laboratorio. Imagen 2



ANEXO H TOMA DE DATOS DE CONSUMO ELECTRICO

