

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/155

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR:

NOMBRE (S): CARLOS DAVID APELLIDOS: MORALES PEÑA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE (S): DINAEL APELLIDOS: GUEVERA IBARRA

CODIRECTOR:

NOMBRE(S): MARTIN ALBERTO APELLIDOS: TRUYOL PALACIOS

TÍTULO DEL TRABAJO (PASANTÍA): ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS REQUERIDAS EN EL SISTEMA DE VIGILANCIA AERONÁUTICA BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE MULTILATERACIÓN PARA LA APROXIMACIÓN DE OPERACIONES AÉREAS EN EL AEROPUERTO CAMILO DAZA DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	2/155

RESUMEN

Un sistema óptimo de radiolocalización aeronáutica debe constar de una red de comunicaciones de gran fiabilidad, la cual permita el desarrollo permanente de labores de vigilancia y gestión del tráfico aéreo, garantizando la seguridad del servicio aeronáutico.

El presente trabajo de grado tiene como propósito valorar el desempeño de los enlaces radioeléctricos requeridos en la técnica de Multilateración, entre las estaciones receptoras encargadas de capturar la información de vuelo suministrada por la aeronave y la central de procesamiento. Para determinar el desempeño de los radioenlaces se determinaron los parámetros de cobertura, confiabilidad, capacidad del canal de radiocomunicación y se estimaron los objetivos de disponibilidad y calidad, con base en las recomendaciones de la Unión internacional de comunicaciones y los requerimientos técnicos y operativos definidos por la Unidad Especial Administrativa de Aeronáutica Civil.

Como conclusión principal se enfatiza en que el sistema de comunicaciones inalámbrico objeto de estudio satisface los parámetros de cobertura requeridos en el área de aproximación norte del aeropuerto Camilo Daza y cumple con los requerimientos mínimos de la técnica de Multilateración seleccionada para el sistema de vigilancia aeronáutica.

PALABRAS CLAVES: Telecomunicaciones, enlace radioeléctrico, seguridad aeronáutica, Multilateración, sistema radar.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 155 **PLANOS:** ___ **ILUSTRACIONES:** 62 **CD ROOM:** ___

**ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS
REQUERIDAS EN EL SISTEMA DE VIGILANCIA AERONÁUTICA BASADO EN LA
TECNOLOGÍA DE MULTILATERACIÓN PARA LA APROXIMACIÓN DE
OPERACIONES AÉREAS EN EL AEROPUERTO CAMILO DAZA DE LA CIUDAD DE
CÚCUTA**

CARLOS DAVID MORALES PEÑA

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
CÚCUTA
2016**

**ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS
REQUERIDAS EN EL SISTEMA DE VIGILANCIA AERONÁUTICA BASADO EN LA
TECNOLOGÍA DE MULTILATERACIÓN PARA LA APROXIMACIÓN DE
OPERACIONES AÉREAS EN EL AEROPUERTO CAMILO DAZA DE LA CIUDAD DE
CÚCUTA**

CARLOS DAVID MORALES PEÑA

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

DIRECTOR:

Ph.D. DINAEL GUEVARA IBARRA

CODIRECTOR:

M.Sc. MARTIN ALBERTO TRUYOL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CÚCUTA

2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, 08 de abril de 2016

HORA: 5:00 p.m.

LUGAR: SALA 4 –EDIFICIO CREAD

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: “ESTUDIO PARA EL DISEÑO DE LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS REQUERIDAS EN EL SISTEMA DE VIGILANCIA AERONÁUTICA BASADO EN LA TECNOLOGÍA DE MULTILATERACIÓN PARA LA APROXIMACIÓN DE OPERACIONES AÉREAS EN EL AEROPUERTO CAMILO DAZA DE LA CIUDAD DE CÚCUTA.”

Jurados: IE ANDRÉS EDUARDO PÁEZ PEÑA
IE MSc JOSÉ ALEJO RANGEL ROLON


Director: IE PhD DINAEL GUEVARA IBARRA
Codirector: MARTÍN ALBERTO TRUYOL PALACIO

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación
CARLOS DAVID MORALES PEÑA	1160666	Cinco (5)

LAUREADA


IE ANDRÉS EDUARDO PÁEZ PEÑA


IE MSc JOSÉ ALEJO RANGEL ROLON


Vo.Bo. IE MSc BYRON MEDINA DELGADO
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica

Dedicatoria y agradecimientos

Quiero dedicar mi trabajo de grado especialmente a Dios por brindarme la salud, la perseverancia y la sabiduría para culminar esta etapa tan importante en mi vida y alcanzar las metas trazadas desde el inicio de mis estudios universitarios. También agradecer a mis padres, hermano y familia, quienes han sido mi mayor motivación para conseguir los éxitos logrados hasta el momento y a quienes me han brindado el apoyo suficiente para llegar hasta esta instancia en donde he crecido como persona y como futuro profesional.

También quiero extender un sincero agradecimiento al Ingeniero Dinael Guevara, director del proyecto y al Ingeniero Martin Alberto Truyol, codirector del proyecto, por el apoyo, la disponibilidad, la confianza, los conocimientos y experiencias transmitidas en el transcurso de mi etapa de formación. Asimismo agradecer a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil y a todas las personas que hacen parte del Grupo Soporte Técnico de la regional Norte de Santander por acogerme como un integrante más, por brindarme el apoyo suficiente para realizar el proyecto de grado y por permitirme aportar mi esfuerzo y dedicación al servicio de la entidad.

Además, agradecer a mis amigos y compañeros quienes me brindaron su opinión, colaboración y buena energía para conseguir cada una de las expectativas propuestas a lo largo de mi formación académica. Por último, agradecer a la Universidad Francisco de Paula Santander y a todos los docentes que me formaron a nivel personal e intelectual.

Con mucho cariño y aprecio:

David

Contenido

Introducción	1
Descripción del problema.....	2
1. <i>Formulación del problema</i>	2
2. <i>Justificación</i>	5
3. <i>Objetivos</i>	6
3.1. <i>Objetivo general</i>	6
3.2. <i>Objetivos específicos</i>	6
4. <i>Delimitaciones</i>	7
5. <i>Antecedentes teóricos</i>	8
6. <i>Marco teórico</i>	12
6.1. <i>Sistema de guía y control de los movimientos en superficie.</i>	12
6.1.1. <i>Sensores de vigilancia aeronáutica</i>	13
6.1.1.1. <i>Radar primario</i>	13
6.1.1.2. <i>Radar secundario</i>	14
6.1.1.3. <i>Sistema de Multilateración (MLAT)</i>	15
6.2. <i>Propagación de ondas espaciales</i>	25
6.2.1. <i>Propiedades ópticas de las ondas de radio.</i>	25
6.2.1.1. <i>Refracción.</i>	26
6.2.1.2. <i>Reflexión.</i>	26
6.2.1.3. <i>Difracción</i>	27

6.3.	Radioenlace microondas.	30
6.3.1.	Componentes.	31
6.3.2.	Multiplexación.	31
6.3.2.1.	Multiplexación por División de Tiempo (TDM).....	32
6.3.2.2.	Multiplexación por División de Frecuencia (FDM).....	32
6.3.3.	Jerarquía digital plesiócrona y síncrona.	33
6.3.3.1.	Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH).....	33
6.3.3.2.	Jerarquía digital síncrona (SDH).....	35
6.3.4.	Transmisores y Receptores de Radio Frecuencia (TRF, RRF).	36
6.3.4.1.	Unidad de Radio Frecuencia Indoor (IDU).....	36
6.3.4.2.	Unidad de Radio Frecuencia Outdoor (ODU).....	37
6.3.4.3.	Antena.	39
6.3.5.	Repetidores microondas.	39
6.3.5.1.	Repetidor activo.	40
6.3.5.2.	Repetidor pasivo.....	40
6.3.6.	Enlace microondas punto a punto.	42
6.3.6.1.	Parámetros fundamentales para el cálculo del modelo energético de un radioenlace.	43
6.3.6.2.	Técnicas de diversidad en un radioenlace.	65
6.4.	Radio Mobile.....	67
7.	<i>Marco legal</i>	69
7.1.	Acuerdo N° 065 de agosto 26 de 1996.....	69

7.2. Resolución N° 03142 del 12 de julio del 2012-reglamentación aeronáutica Colombiana unidad 19 (RAC 19).....	70
7.2.1. Disposiciones generales relativas a los sistemas de vigilancia aeronáutica.....	70
7.3. Resolución N° 02289 del 17 de mayo del 2007-reglamentación aeronáutica Colombiana unidad 6 (RAC 6).....	71
7.3.1. Suministro de servicios radar.....	71
7.3.2. Descripción de las instalaciones de comunicaciones.....	71
Metodología	72
Resultados	78
1. <i>Análisis de cobertura radar en aproximación Cúcuta</i>	78
1.1. Cobertura del radar secundario de Picacho.....	79
1.2. Cobertura del radar secundario del Cerro Maco.....	81
2. <i>Escenario</i>	84
2.1. Transmisores y Receptores de Radio Frecuencia.....	84
2.1.1. Unidad de Radio Frecuencia Indoor (IDU).....	84
2.1.2. Unidad de Radio Frecuencia Outdoor (ODU).....	85
2.1.3. Antena.....	86
2.1.4. Cableado y conectores.....	88
2.2. Disposición de radiocanales en la banda de frecuencia de 7 GHz.....	91
3. <i>Estudio del sistema de comunicaciones empleado para la técnica de Multilateración</i>	92
3.1. Análisis de cobertura de los radioenlaces propuestos.....	93
Enlace radioeléctrico Estación Tibú-Cerro Tasajero.....	95

3.2.	Confiabilidad del sistema de comunicaciones.	100
3.3.	Objetivos de disponibilidad del sistema de comunicaciones.	102
3.4.	Capacidad del canal de radiocomunicación.	102
3.5.	Objetivos de característica de error (EPO) del sistema de comunicaciones.	103
4.	<i>Cobertura de los radioenlaces candidatos.....</i>	<i>104</i>
	Conclusiones	106
	Recomendaciones.....	107
	Referencias bibliográficas	108
	Anexos.....	114
	<i>Anexo 1. Datos geográficos de los emplazamientos seleccionados para la técnica de Multilateración.....</i>	<i>114</i>
	<i>Anexo 2. Calculo tipo del enlace radioeléctrico Estación Tibú-Cerro Tasajero.....</i>	<i>116</i>
	<i>Anexo 3. Interfaz gráfica Radio Test.....</i>	<i>126</i>
	<i>Anexo 4. Emplazamientos estudiados en el sistema de Multilateración.....</i>	<i>131</i>
	<i>Anexo 5. Evidencias de visitas de campo a estaciones candidatas para la técnica de Multilateración.....</i>	<i>132</i>