Cuestión 5 del Orden del Día: **Implantación operacional de nuevos sistemas automatizados ATM e integración de los existentes**

Seguimiento a la implantación de las actividades del proyecto de Mejoras a la comprensión situacional ATM en la Región SAM

(Presentado por la Secretaría)

RESUMEN

Esta nota de estudio presenta información sobre los avances implantación de las actividades correspondiente al proyecto de Mejoras a la comprensión situacional ATM en la Región SAM (C2) del GREPECAS.

REFERENCIAS

Informe del Décimo Cuarto Taller/Reunión del Grupo de Implantación SAM (SAM/IG/14) (Lima, Perú, 10 al 14 de noviembre de 2014).

Objetivos estratégicos de la OACI:	*A – Seguridad operacional* *B – Capacidad y eficiencia de la navegación aérea*

1 Introducción

1.1 La reunión SAM/IG/14 procedió a la revisión de las actividades correspondientes al Proyecto C2 Conciencia Situacional ATM en la Región SAM en este sentido se destaca la elaboración de un plan de acción para la implantación operacional del ADS-B en la Región SAM, de conformidad con el Plan Regional de Navegación Aérea basado en el rendimiento en la Región SAM (PBIP) armonizado con el ASBU.

1.2 Asimismo la Reunión SAM IG/14 consideró que para el 2015 se procediera a la elaboración de una *Guía de orientación con consideraciones técnicas / operacionales para la implantación de la multilateración (MLAT).* Asimismo la Reunión consideró que para el 2015 se debía elaborar una guía *de orientación con consideraciones técnicas para el apoyo a la implantación del ATFM.*

1.3 La elaboración de estas guías estaría a cargo de profesionales técnicos operacionales de la Región SAM con el apoyo del Proyecto RLA/06/901. Los expertos seleccionados realizarían misiones en Lima por el periodo de una semana. previa aprobación por parte de la Octava Reunión de del Comité de Coordinación del Proyecto RLA/06/901 (RCC/8) Lima, Perú, del 25 al 27 de febrero de 2015.

1.4 La RCC/8 aprobó la realización de una misión de una semana en la Oficina Sudamericana de la OACI para la elaboración de la Guía de Orientación con consideraciones técnicas operacionales para la implantación de un sistema de multilateración (MLAT).

1.5 En este sentido para la elaboración de la guía se contó con los servicios de un profesional de Ecuador con amplia experiencia en la instalación, mantenimiento y operación de sistemas de vigilancia, el Sr Iván Salas. El Sr. Salas elaboró la guía de orientación para la implantación del MLAT basado en la experiencia adquirida en Ecuador en la instalación de un Sistema de multilateración en el Aeropuerto de Catamayo. La guía se completó la semana del 20 al 24 de abril de 2015 en Lima Perú.

2 Análisis

2.1 Los trabajos para la elaboración de la guía de multilateración culminaron el 24 de abril de 2015 y se presenta como **Apéndice A** de esta nota de estudio.

2.2 La guía tiene como finalidad proporcionar información básica sobre generalidades de los sistemas de vigilancia aeronáutica para el control del tránsito aéreo (ATC), en particular el sistema de multilateración (MLAT) y consideraciones para su implantación.

2.3 La guía consta de tres partes, la primera presenta un resumen del tema de vigilancia, la segunda describe las características del sistema MLAT y la tercera presenta consideraciones técnicas y operacionales para la implantación de un sistema de multilateración.

2.4 Se intenta que este trabajo sea una guía sobre la implantación de un sistema de multilateración para los Estados interesados de la Región SAM, en el ámbito del apoyo técnico y administrativo del Proyecto de Cooperación Técnica Regional RLA/06/901.

2.5 La Reunión debería realizar una revisión inicial de la guía y solicitar a la Oficina Regional Sudamericana de la OACI la difusión de la misma para su revisión y aprobación.

2.6 Con la elaboración de la guía de multilateración con consideraciones técnico/operacionales para la implantación de la multilateración (MLAT) se procedió a enmendar las actividades correspondientes al proyecto C2 de Mejoras a la comprensión situacional ATM en la Región SAM que se presenta como **Apéndice B** de esta nota de estudio.

2.7 En referencia a la elaboración *de la guía de orientación con consideraciones técnicas para el apoyo a la implantación del ATFM* la misma se estaría presentando para la Reunión SAMIG/17 (mayo 2016).

2.8 Con el fin de informar sobre la situación actual de los sistemas automatizados en dependencias ATS, de los sistemas avanzados de vigilancia (ADS B y Multilateración) a nivel regional y mundial y presentar los planes de implantación regionales y mundiales de los mismos, se llevará a cabo un Taller de implantación automatización ATM, ADS B y Multilateración (ASBU ASUR FICE y BO SNET) del 21 al 26 de septiembre de 2015 en la Ciudad de Panamá. Para este evento la Octava Reunión del Comité de Coordinación del proyecto RLA/06/901 aprobó una beca por Estado miembro del Proyecto.

3 Acciones sugeridas

3.1 Se invita a la Reunión:

a) Tomar nota de la información presentada; y

b) revisar la guía de orientación con consideraciones técnicas /operacionales para la implantación de la multilateración (MLAT) que se presenta como Apéndice A así como el avance de las actividades del proyecto C2 que se presenta como Apéndice B de esta nota de estudio.

APÉNDICE A

GUÍA DE ORIENTACIÓN CON CONSIDERACIONES TÉCNICAS/OPERACIONALES PARA LA IMPLANTACIÓN DEL MLAT (MULTILATERACIÓN) (ASBU B0-ASUR)

ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL

OFICINA REGIONAL CAR/SAM

SISTEMAS PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA

GESTIÓN CNS

SISTEMAS DE COMUNICACIONES, NAVEGACIÓN Y VIGILANCIA

(CNS – COMMUNICATION, NAVIGATION AND SURVEILLANCE)

DOCUMENTO:

GUÍA DE ORIENTACIÓN CON CONSIDERACIONES TÉCNICAS/OPERACIONALES PARA LA IMPLANTACIÓN DEL MLAT (MULTILATERACIÓN) (ASBU B0-ASUR)

Página intencionalmente en blanco

Responsabilidades sobre el Documento

Organización de Aviación Civil Internacional				
	Nombre	**Firma**	**Fecha**	**Cargo**
Elaborado	Iván Salas Garzón		24 Abril 2015	Experto CNS
Revisado				
Aprobado				
Registrado				
Autorizado				

Distribución del Documento

Lista de distribución el Documento			
No.	**Entidad**	**Departamento**	**Nombre del Funcionario**

Registro de cambios o enmiendas al Documento			
Edición	**Fecha**	**Capítulos / Páginas**	**Razón del Cambio**

TABLE DE CONTENIDOS

Referencias 6
Acrónimos y Abreviaturas 7

INTRODUCCIÓN 9

SECCIÓN I – ASPECTOS GENERALES SOBRE VIGILANCIA AERONÁUTICA

1. **GENERALIDADES SOBRE VIGILANCIA AERONÁUTICA…….. …** 10
2. **REQUERIMIENTOS OPERATIVOS PARA EL USO DE DATOS DE VIGILANCIA…… …** 12
3. **DEFINICIONES TÉCNICASSOBRE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA……** 15
4. **IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA…….……** 20

SECCIÓN II – SISTEMAS DE VIGILANCIA AERONÁUTICA

1. **ALCANCE DE LOS SISTEMAS PARA VIGILANCIA AERONÁUTICA……** 23
2. **APLICACIÓN PARA SEPARACIÓN EN ATC……..** 26
3. **SISTEMA DE MULTILATERACIÓN……** 35
4. **ARQUITECTURA DEL SISTEMA……** 38
5. **CONSIDERACIONES TÉCNICAS……** 47
6. **EJEMPLOS DE APLICACIONES WAM……** 51

SECCIÓN III – IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE MULTILATERACIÓN

1. **GENERALIDADES DEL CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA……** 56
2. **ESTRATEGIA (SERVICIOS DE VIGILANCIA)……** 58
3. **DISEÑO DEL SERVICIO……** 64
4. **TRANSICIÓN DEL SERVICIO……** 73
5. **OPERACIÓN DEL SERVICIO……** 79
6. **MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO……** 81
7. **CASO PRÁCTICO DE IMPLANTACIÓN……** 85
8. **RECOMENDACIONES GENERALES……** 92

Apéndice A – Texto sobre Especificaciones Generales y Técnicas
Apéndice B – Equipo utilizado en el caso práctico
Apéndice C – Ejemplo de anteproyecto de una estación receptora

REFERENCIAS

ICAO

Doc 4444 — *Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management (PANS-ATM).*
Doc 8168 — *Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations (PANS-OPS).*
Doc 9871 — *Technical Provisions for Mode S Services and Extended Squitter*.
Doc 9924 — *Aeronautical Surveillance Manual.*

European Organization for Civil Aviation Equipment (EUROCAE)

EUROCAE ED-142, *Technical Specifications for Wide Area Multilateration System (WAM).*

ACRONIMOS Y ABREVIACIONES

ACAS	Airborne collision avoidance system
ADS-B	Automatic dependent surveillance — broadcast
ADS-C	Automatic dependent surveillances — contract
A-SMGCS	Advanced — surface movement guidance and control systems
ASA	Airborne surveillance application
ASDE	Airport surface detection equipment
ASTERIX	All purpose structured Eurocontrol surveillance information exchange
ATC	Air traffic control
ATCO	Air traffic controller
ATM	Air traffic management
ATN	Aeronautical telecommunication network
ATS	Air traffic service
ATSAW	Airborne traffic situational awareness
A/V	Aircraft/vehicle
cm	Centimetre
CNS	Communications, navigation and surveillance
CPDLC	Controller-pilot data link communications
ES	Extended squitter
EUROCAE	European Organization for Civil Aviation Equipment
FDPS	Flight data processing system
FIS	Flight information service
FMS	Flight management system
FRUIT	False replies from unsynchronized interrogator transmissions in time
FS	Flight status
Ft	Foot
GDLP	Ground data link processor
GDOP	Geometric dilution of precision
GICB	Ground-initiated Comm-B
GNSS	Global navigation satellite system
HDOP	Horizontal dilution of precision
HF	High frequency
HMI	Human-machine interface
HRP	Horizontal radiation pattern
IC	Interrogator code
ID	Identification (as in aircraft identification)
IF	Intermediate frequency
IFF	Identification of friend or foe
IFR	Instrument flight rules
II	Interrogator identifier
ISO	International Organization for Standardization
Km	Kilometre
Kt	Knot
LVA	Large vertical aperture
M	Metre

MHz	Megahertz
MLAT	Multilateration system
Ms	Millisecond
MSSR	Monopulse SSR
NM	Nautical mile
Ns	nanosecond
OSI	Open systems interconnection
PAR	Precision approach radar
PARROT	Position adjustable range reference orientation transponder
PR	Probability of reply
PRF	Pulse repetition frequency
PSR	Primary surveillance radar
RA	Resolution advisory
RF	Radio frequency
RNP	Required navigation performance
RVSM	Reduced vertical separation minimum
S	Second
SAC	System area code
SDP	Surveillance data processing
SIC	System identification code
SMR	Surface movement radar
SNR	Signal-to-noise ratio
SPI	Special position identification
SSR	Secondary surveillance radar
STC	Sensitivity time control
TA	Traffic advisory
TCAS	Traffic alert and collision avoidance system
TCP	Transmission control protocol
TDOA	Time difference of arrival
TDOP	Time dilution of precision
TIS	Traffic information service
TIS-B	Traffic information service — broadcast
TOA	Time of arrival
UAT	Universal access transceiver
UDP	User datagram protocol
UF	Uplink format
UTC	Coordinated universal time
VDLM4	VHF digital link Mode 4
VHF	Very high frequency
VRP	Vertical radiation pattern
VSWR	Voltage standing wave ratio
WAM	Wide area multilateration
WGS	World geodetic system

INTRODUCCIÓN

Este documento tiene como finalidad el proporcionar información básica, tomada de los documentos de la OACI y de otras entidades, en lo que tiene relación con las generalidades de los sistemas de vigilancia aeronáutica para el control del tránsito aéreo (ATC), aeronaves, y, particularmente, de un sistema de multilateración (MLAT) que apoya al control del tránsito aéreo.

Para el propósito, se presenta inicialmente un resumen del tema de vigilancia para luego describir las características del sistema MLAT y termina por recorrer todo el ciclo de vida de un sistema de multilateración y las consideraciones para su implantación.

Una vez que se ha completado el texto, se intenta que este trabajo sea una guía sobre la implantación de un sistema de multilateración para los Estados interesados de la Región SAM, en el ámbito del apoyo técnico que siempre brinda la OACI, en este caso en particular, de la Oficina Regional de Lima, a través del Proyecto de Cooperación Técnica Regional RLA/06/901 – Asistencia para la Implantación de un Sistema Regional de ATM considerando el Concepto Operacional de ATM y el soporte de tecnología CNS correspondiente.

SECCIÓN I

ASPECTOS GENERALES SOBRE VIGILANCIA AERONÁUTICA

1. GENERALIDADES SOBRE VIGILANCIA AERONÁUTICA

Los textos e información que se presentan a continuación, están basados en el Documento 9924, AN/474 de OACI "**Aeronautical Surveillance Manual**".

1.1 Situación Actual

1.1.1 Para el tránsito aéreo actual, hay una demanda de mayor flexibilidad para las operaciones por la cantidad de ellas en los espacios aéreos en general, en consecuencia, se requiere de herramientas tecnológicas y gente capacitada, confiables todos, para manejar adecuadamente los niveles de complejidad que se generan para atender esa flexibilidad que se demanda. Una de las herramientas que buscamos son las que soportan la vigilancia aeronáutica para el proceso de control del tránsito aéreo.

1.1.2 Un sistema de vigilancia aeronáutica provee la posición de una aeronave, y otra información relacionada, para el Control del Tránsito Aéreo (ATC) y/o usuarios de la aeronave. En la mayoría de los casos, un sistema de vigilancia aeronáutica provee al usuario con el conocimiento de "quien" está "donde" y "cuando". Puede proveer otra información con datos que incluyen la velocidad vertical y horizontal, identificación de sus características o la intención de vuelo.

Los datos requeridos y los parámetros de funcionamiento técnico del sistema de vigilancia son específicos de la aplicación que se usa (se verá más adelante), pero como mínimo, el sistema de vigilancia aeronáutica provee la posición de la aeronave o vehículo, en tiempo real.

1.1.3 Los sistemas están diseñados para que los use el ATC a fin de mejorar la capacidad de control e incrementar la seguridad operacional. Para ello, proveerán una presentación actualizada y continua de la información, incluyendo siempre la posición.

1.1.4 Para el Control del Tránsito Aéreo, existen fundamentalmente dos tipos de espacios aéreos que requieren de los servicios de vigilancia, los de ruta y lo de aproximación, aunque también sirve como apoyo en las torres de control cuando solamente se trata de visualizar los movimientos de aeronaves. En otro caso, si en la torre de control se requiere visualizar los movimientos de otros vehículos que no sean aeronaves y de aeronaves también, puede utilizarse un sistema de vigilancia con las mismas técnicas.

1.1.5 Un sistema de vigilancia apoya el trabajo de control de aeródromo, para tener un alto grado de exactitud en la determinación de la localización de objetivos (aeronaves o vehículos) sobre pistas relativamente estrechas y calles de rodaje. También necesita una alta tasa de actualización, de la información que proporciona, a fin de presentar una imagen en tiempo real, cuando se produce un cambio rápido en el entorno de su cobertura.

1.1.6 El servicio de alerta provee una señal de eventos no seguros, y también notifica a las organizaciones apropiadas cuando necesitan ayuda en la búsqueda y salvamento de aeronaves. Asisten además a tales organizaciones como lo requieran.

1.1.7 Adicional a las consideraciones funcionales generales, se necesita también atender todos los requerimientos operacionales para el control del tránsito aéreo, empleando estándares que tienen que ver con el tema, los cuales son factible encontrar en los Documentos de OACI.

1.1.8 La herramienta tecnológica más conocida para soportar la vigilancia aeronáutica como sensor es el radar, sin embargo, hace algunos años se ha estado utilizando la técnica de la multilateración para establecer la posición referencial de una aeronave sin afectar su aviónica, pues utiliza el mismo transponder con el que interactúa el radar secundario, siendo entonces importante establecer las similitudes y diferencias de su funcionamiento respecto a los radares.

1.1.9 En cuanto a las similitudes, la multilateración genera trazas de información prácticamente iguales a las que genera el radar secundario, por lo que se cumple el objetivo final como soporte la actividad de vigilancia aeronáutica.

1.1.10 La diferencia más importante, dicha de una manera simple, es la técnica utilizada para determinar la posición de una aeronave. Mientras un radar utiliza solo un emisor y un receptor a través de una antena rotatoria, y así puede determinar el acimut y la distancia de la aeronave (aunque no su altitud, por tanto la información tiene 2 dimensiones - 2D), la multilateración utiliza múltiples triangulaciones para determinar un punto común que viene a ser la posición de la aeronave, necesitando al menos 4 estaciones receptoras y una estación central de procesamiento, junto a una interrogadora si amerita el caso, lo cual le permite tener una posición en 3 dimensiones - 3D). En resumen, la técnica para obtener el dato de posición como sensores es totalmente diferente.

1.1.11 Las diferencias con otros sistemas para vigilancia aeronáutica son mayores, pero no se los tratará en este documento. Si hay mayor interés en el tema, es factible encontrar esta información en el Documento No. 9924 de la OACI.

2. REQUERIMIENTOS OPERATIVOS PARA EL USO DE DATOS DE VIGILANCIA

2.1 El Control de Tránsito Aéreo(ATC) y la vigilancia aeronáutica

Además de las consideraciones técnicas, deben cumplirse previamente varios requisitos operacionales para que el control del tráfico aéreo proporcione sus servicios basados en la información de los sistemas de vigilancia.

2.1.1 Capacidades de los sistemas de vigilancia para ATS (Doc. 4444 – OACI)

Los sistemas de vigilancia empleados para apoyar a los servicios de tránsito aéreo (ATS) deberán tener un nivel muy elevado de disponibilidad e integridad. Deberá ser muy remota la posibilidad de que ocurran fallas en el sistema o que tengan degradaciones importantes en el sistema, que puedan causar interrupciones completas o parciales de los servicios. Deben preverse equipos instalados como reserva.

Nota 1. — Un sistema de vigilancia ATS constará normalmente de varios elementos integrados, lo que incluye sensores, enlaces de transmisión de datos, sistemas de procesamiento de datos y presentaciones de la situación.

2.1.2 Los sistemas de vigilancia deberán tener la capacidad de recibir, procesar y presentar en pantalla de forma integrada, los datos procedentes de todos los sensores conectados.

2.1.3 Los sistemas de vigilancia deberán ser capaces de integrarse a otros sistemas automatizados que se emplean para el suministro de servicios de tránsito aéreo, y debe preverse un nivel adecuado de automatización a fin de: mejorar la precisión y la oportunidad de los datos presentados en pantalla al controlador; y, disminuir la carga de trabajo del controlador, además de la necesidad de una coordinación oral entre posiciones de control y dependencias ATC adyacentes.

2.1.4 En los sistemas de vigilancia ATS debería preverse la presentación en pantalla de alertas y avisos relacionados con la seguridad, incluidos los relativos a alerta en caso de conflicto, avisos de altitud mínima de seguridad, predicción de conflictos, y códigos SSR e identificación de aeronaves duplicados inadvertidamente.

2.1.5 Los Estados deberían facilitar, en la medida de lo posible, la compartición de los datos derivados de los sistemas de vigilancia a fin de ampliar y mejorar la cobertura de vigilancia en áreas de control adyacentes.

2.1.6 Los Estados deberían prever el intercambio automatizado de datos de coordinación pertinentes a las aeronaves a las que se proporcionen servicios de vigilancia ATS, en base a acuerdos regionales de navegación aéreay deberían establecer procedimientos de coordinación automatizados.

2.1.7 Los sistemas de vigilancia como el radar primario de vigilancia (PSR), el radar secundario de vigilancia (SSR) y la vigilancia dependiente automática — radiodifusión (ADS-B), podrán utilizarse solos o encombinación para proporcionar servicios de tránsito aéreo, incluido lo relativo a mantener la separación entre las aeronaves, siempre que:

a) exista cobertura confiable dentro del área;
b) la probabilidad de detección, la precisión y la integridad de los sistemas de vigilancia ATS sean satisfactorias; y
c) en el caso de ADS-B, la disponibilidad de datos de las aeronaves participantes sea adecuada.

2.1.8 Los sistemas PSR deberían emplearse para los casos en que el SSR y/o la ADS-B no satisfagan por sí solos los requisitos de los servicios de tránsito aéreo. En la Región SAM no se ha considerado al radar primario de vigilancia (PSR) en la planificación de uso sistemas de vigilancia salvo para el control de movimientos en superficie, pero la implantación o no del mismo será una decisión de cada Estado.

2.1.9 Los sistemas SSR, especialmente aquellos que emplean la técnica por monopulso o que poseen la función en Modo S, pueden utilizarse por sí solos, incluso para proveer la separación entre aeronaves, a condiciónde que:

a) sea obligatorio llevar instalados a bordo transpondedores SSR dentro del área; y,
b) se establezca y mantenga la identificación.

2.1.10 La ADS-B podrá utilizarse sola, incluso para proporcionar una separación entre las aeronaves, siempre y cuando:

a) se establezca y mantenga la identificación de la aeronave equipada con ADS-B;
b) la medida de la integridad de los datos en el mensaje ADS-B sea adecuada para apoyar la mínima de separación;
c) no exista un requisito de detección de aeronaves que no transmitan ADS-B; y
d) no exista el requisito de determinar la posición de la aeronave que es independiente de los elementos dedeterminación de la posición de su sistema de navegación.

2.1.11 El suministro de servicios de vigilancia se limitará a áreas especificadas de cobertura y estará sujeto a las demás limitaciones que haya especificado la autoridad competente. Se incluirá información adecuada en las publicaciones de información aeronáutica (AIP), sobre los métodos de utilización así como sobre las prácticasde utilización y/o las limitaciones del equipo, que tengan un efecto directo en el funcionamiento de los servicios de tránsito aéreo.

Nota. — Los Estados proporcionarán información acerca del área o áreas donde se utilice PSR, SSR y ADS-B así como acerca de los servicios y procedimientos de vigilancia aeronáutica, de conformidad con el Anexo 15, 4.1.1 y el Apéndice 1.

2.1.12 Deberá limitarse el suministro de servicios de vigilancia cuando la calidad de los datos de posición se degrade por debajo del nivel que especifique la autoridad competente.

2.1.13 *Otros componentes para el ATC*. Además de los sensores, no debe olvidarse que para la vigilancia aeronáutica y el ATC, se tiene que contar con los sistemas de presentación o visualización de tránsito aéreo, con funcionalidades de seguimiento de aeronaves y alertas; los sistemas de comunicaciones para disponer de los datos de la aeronave en el sitio requerido y que las aeronaves disponga de la aviónica adecuada.

2.2 Aeronave y vigilancia aeronáutica

Para ejecutar el proceso de vigilancia aeronáutica civil, es indispensable que la aeronave esté equipada de manera apropiada; y es fundamental que los pilotos y las tripulaciones de vuelo estén adecuadamente entrenados; además, se necesita que se cumplan las normasy procedimientos en forma adecuada.

Las disposiciones y procedimientos para el manejo seguro del tránsito aéreo se detallan en los documentos pilotos y tripulaciones de vuelo *Procedures for Air Navigation Services — Aircraft Operations* (PANS-OPS, Doc. 8168), volúmenes I y II. En particular, en la PARTE III, Sección 3, Capítulo 1, se definen los principios de operación de los transponders como sigue:

2.2.1 Cuando una aeronave lleva un transponder utilizable, el piloto debe operar el equipo en todo momento durante todo el tiempo de vuelo, sin considerar si la aeronave está dentro o fuera del espacio aéreo donde el radar secundario (SSR) se usa para propósitos de vigilancia aeronáutica.

2.2.2 Excepto en caso de emergencia, fallas en las comunicaciones o interferencia ilícita, el piloto debe:

a) operar el transponder y seleccionar los códigos Modo A como se indica por parte de la unidad de ATC con la cual se están haciendo contacto; o,
b) operar el transponder con los códigos en Modo A como se prescribe en los acuerdos regionales de navegación aérea; o,
c) en ausencia de cualquier dirección del ATC o acuerdos regionales de navegación aérea, operar el transponder en código 2000 Modo A.

2.2.3 Cuando la aeronave lleva un equipo utilizable en Modo C, el piloto debe operar continuamente en este Modo, a menos que el ATC indique lo contrario.

2.2.4 Cuando el ATC requiera especificar la capacidad del transponder a bordo de la aeronave, los pilotos deben indicar esto en el ítem 10 del plan de vuelo, insertando la letra apropiada y prevista para este propósito.

2.2.5 En general, todas las acciones previstas en el uso del transponder en los Modos A/C y Modo S, además de los procedimientos de emergencia, fallas en las comunicaciones, interferencia ilícita y otras instrucciones cuando existen fallas del transponder, se prevén en el documento de referencia que consta en el numeral 2.2 anterior.

3. DEFINICIONES TÉCNICAS SOBRE LOS SISTEMAS DE VIGILANCIA AERONÁUTICA

3.1 Generalidades

3.1.1 La función esperada de un sistema de vigilancia aeronáutica es la de proveer un dato (una traza en pantalla) que está asociada a una aeronave con: una identificación (ID), una exactitud estimada de su posición; y, una altitud, en un momento dado. La posición estimada necesita ser actualizada en una tasa de frecuencia acorde a la aplicación deseada.

3.1.2 Dependiendo de la aplicación y el entorno operacional, podría haber otros requerimientos tales como la velocidad de la aeronave o su intención a corto plazo. Los elementos esenciales de funcionamiento son el tipo de datos de vigilancia y su disponibilidad.

3.1.3 Debe notarse que los requerimientos de funcionamiento técnico para los sistemas de vigilancia no establecen requisitos para autorizar una separación operacional, y, hay otros importantes factores que deben ser considerados y analizados como parte de la valoración de seguridad (ejemplo: factores humanos, procedimientos, estructura del espacio aéreo y densidad de tráfico).

3.2 Definición de parámetros que contribuyen a la calidad de servicios

a) *Datos*: información de vigilancia (ejemplo: posición, identidad o intención) que el sistema debe entregar.
b) *Exactitud*: aplicable a los datos que son elaborados por el sistema (ejemplo: medidos y/o calculados). Es el grado de conformidad de los valores actuales de los datos en el momento en el cual son utilizados.
c) *Integridad de los Datos*: aplicable a los datos que son transferidos por el sistema (provistos externamente por otro sistema y entregados sin modificación a otro sistema, ejemplo: código Modo A, código Modo C). Es el grado de no conformidad por no detección (a nivel de sistema) de un valor de entrada de los datos versus el valor de salida. En este caso, el

sistema es solamente un medio de comunicación, y así, no debería modificar el valor de los datos.

d) *Disponibilidad*: la probabilidad de que la información de vigilancia requerida se proveerá a los usuarios finales.
e) *Continuidad*: la probabilidad de que el servicio de vigilancia funcione sin interrupciones no programadas durante la operación esperada.
f) *Confiabilidad*: una función de la frecuencia con la que ocurren fallas dentro del sistema. La probabilidadque el Sistema funcione sin límites de operación dentro de un período específico bajo condiciones de operación dadas.
g) *Tasa de actualización*: la diferencia de tiempo entre dos reportes de información relacionada con la misma aeronave o vehículo (A/V) y el mismo tipo de información.
h) *Integridad (sistema)*: la probabilidad, para un período especificado de una falla no detectada, de que un elemento funcional genera una información errónea al usuario final.
i) *Integridad (datos)*: definición relativa a la probabilidad de que un error mayor que un cierto umbral en la información no sea detectado (ejemplo: no alertada) por un tiempo mayor que un umbral de alerta; y,
j) *Cobertura*: el volumen de espacio aéreo que será cubierto por el sistema de vigilancia y dentro del cual este mismo sistema funciona con los parámetros requeridos.

3.3 Otros parámetros relacionados de funcionamiento

Debe verificarse que el sistema de vigilancia reúne los requerimientos previos a ponerse en operación. El entorno en el cual opera el sistema puede cambiar en el tiempo.

Por ejemplo, la cobertura puede alterarse por nuevas obstrucciones, o la densidad del tráfico podría incrementarse. También, algún componente puede degradarse en el transcurso del tiempo. Por eso es importante tomar medidas para asegurar que se cumpla en forma continua los requisitos de funcionamiento. Ejemplos de estas medidas son:

a) periódicamente verificar el funcionamiento del sistema. Las pruebas iniciales de verificación pueden usarse como línea de base para compararlas luego, o,
b) asegurar que el sistema de vigilancia ejecute internamente pruebas suficientes hechas por sí mismo, además de características de monitoreo externo para demostrar continuamente que los requisitos de funcionamiento se cumplen.
c) se recomienda que periódicamente se efectúen pruebas para asegurarse contra cambios no detectados en el entorno.

3.4 Componentes de un sistema de vigilancia aeronáutica

El sistema de vigilancia aeronáutica puede estar dividido, en general, en cuatro partes:

a) un “subsistema de vigilancia remoto” instalado dentro del objetivo bajo vigilancia, el cual tiene dos funciones principales: recoger los datos desde los diferentes sensores y responder a estos sensores o a otros usuarios.
b) un sistema sensor que recoge información de objetivos bajo vigilancia.
c) un sistema de comunicaciones, el cual conecta el sensor a un procesador de datos de vigilancia (SDP) y permite transferir esos datos. Las comunicaciones en tierra pueden también soportar el control y monitoreo del sensor; y,
d) Un sistema SDP que:
    1) combina los datos recibidos desde los diferentes sensores en un flujo de datos;
    2) opcionalmente integra los datos de vigilancia con otra información (e.g. información de vuelo); y
    3) provee/distribuye los datos a los usuarios de una manera específica, quitando las posibles diferentes especificidades de los diferentes tipos de sensores.

Obsérvese que el sensor es una parte significativa del sistema de vigilancia aeronáutica. Provee información de vigilancia que, luego de un particular procesamiento, es presentada a los controladores de tránsito aéreo. Los sensores que usualmente se usan en la implementación de aplicaciones de vigilancia aeronáutica son: radares secundarios de vigilancia (SSR Modos A/C/S); multilateración (MLAT) y ADS/B/C, de los cuales nos centraremos en la multilateración.

3.5 Sistema de multilateración (MLAT)

3.5.1 Un sistema MLAT se basa en el tratamiento de las señales de respuesta de un transpondedor en una aeronave, que está siendo detectado por una serie de estaciones receptoras. MLAT usa una técnica conocida como TDOA (Time Difference Of Arrival – Diferencia de Tiempo en Arribo) para establecer superficies que representan diferencias constantes en distancia entre el objetivo y las estaciones receptoras. La posición de las aeronaves se determina por la intersección de estas superficies.

3.5.2 La multilateración teóricamente puede funcionar usando cualquier señal transmitida periódicamente desde una aeronave. Sin embargo, los sistemas usados para propósitos civiles están basados solo en señales de un transponder de SSR.

Una MLAT requiere un mínimo de cuatro estaciones receptoras para calcular la posición de una aeronave. Si la altitud por presión de la aeronave se la conoce antes, entonces la posición puede resolverse con tres receptoras, aunque en la práctica las MLAT operacionales tienen muchas más estaciones receptoras para asegurarse una adecuada cobertura y funcionamiento.

3.5.3 La respuesta en exactitud de una MLAT no es lineal dentro del volumen de cobertura. Es dependiente de la geometría del objetivo en relación con las estaciones receptoras y de la exactitud que determina el tiempo relativo de recepción de la señal en cada estación.

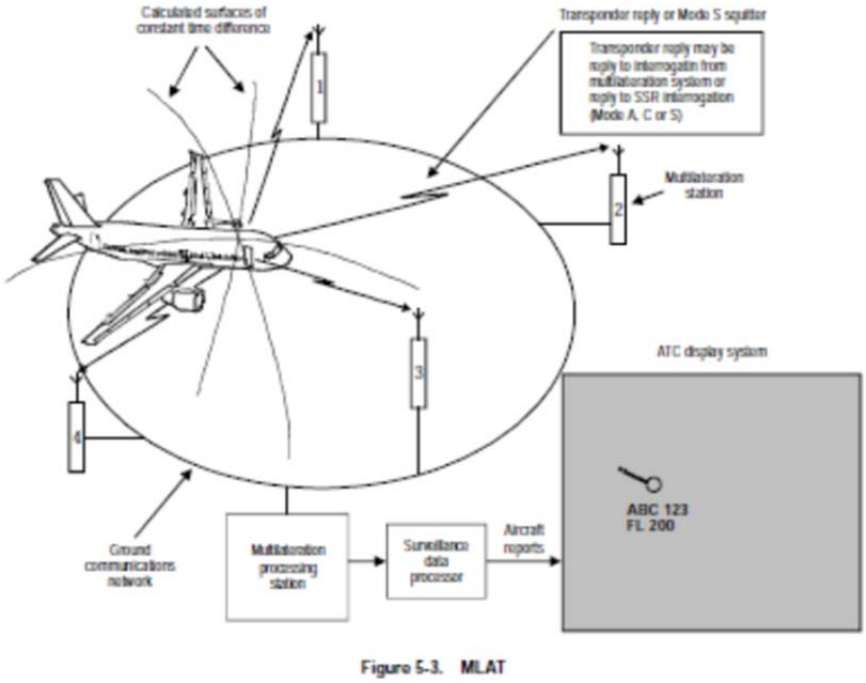


Figure 5-3. MLAT

Figura 1 – Diagrama esquemático de la MLAT

3.5.4 Requerimiento de un tiempo de referencia

Una MLAT necesita de una ***referencia de tiempo*** común para determinar el TOA (Time Of Arrival) relativo de la señal en las estaciones de recepción.

Esto normalmente se hace de una de dos maneras:

a) todas las señales recibidas se envían a una estación central de procesamiento donde a todas ellas se les añade un tiempo dado por un reloj común. En este caso, el sistema debe determinar y dejar espacio suficiente para el tiempo de tránsito en el mensaje por cada estación de recepción. El sistema transmite mensajes entre la estación central y las estaciones remotas para monitorear y ajustar el tiempo de tránsito, o,

b) los relojes en todos los receptores se mantienen en sincronismo por una referencia común tal como un GNSS, o a través del uso de un transmisor en una localidad conocida. Por esta última condición, la distancia entre este transmisor y las estaciones de recepción se conocen previamente y, por monitoreo del tiempo de recepción de las señales desde este transmisor en cada estación de recepción, se puede hacer un ajuste para asegurar la sincronización de los relojes receptores.

3.5.5 Capacidad de Interrogación

Las MLAT pueden incluir estaciones capaces de interrogar transponders de aeronaves. Esto se puede necesitar si no hay otras interrogaciones en el área de cobertura del sistema que generaren señales de respuesta SSR. Puede necesitarse también para obtener el código A, altitud de presión y posiblemente otros (a través de respuestas Modo S) datos de la aeronave.

Algunos sistemas usan también las interrogaciones y respuestas subsiguientes para medir la distancia de la aeronave desde la estación de transmisión, de manera similar el radar. Esta medida de distancia complementa la información TDOA de la multilateración

3.5.6 Uso de la transmisión del Extended Squitter (ES)

La MLAT puede procesar también las señales ES de dos maneras:

a) usando el TDOA, como todas las otras señales de transponder; y,
b) decodificando el contenido del mensaje para determinar la posición de la aeronave (latitud y longitud), altitud de presión y velocidad.

3.5.7 Aplicaciones

La Multilateración puede usarse para vigilancia en superficie en un aeropuerto, área terminal y en-ruta. El uso de aplicaciones para vigilancia en superficie se basa en transponder aeronáuticos que se activan mientras están en tierra. En muchas aeronaves, la operación del transponder está controlada por un conmutador de peso en las ruedas. Los transponders Modo S continúan la transmisión de squitters y pueden ser interrogados selectivamente mientras ellos están en tierra. Sin embargo, los transponders Modo A/C están a menudo inhibidos para responder a las interrogaciones mientras la aeronave está sobre la tierra para reducir el impacto en sistema de radares cercanos.

3.5.8 **Características**

Las capacidades de la multilateración incluyen:

a) el uso de cualquier señal (respuestas y squitters Modo A/C, Modo S) transmitida al existir transponders sin necesidad de equipamiento de aeronave adicional para localizar la aeronave;
b) capacidades Modo A/C, Modo S y ADS-B;
c) provisión de cobertura en terreno complejo. Es un sistema modular en el que el área de cobertura puede extenderse añadiendo mas estaciones previstas dentro del número de estaciones que es capaz de procesar el sistema, y,

d) provisión de gran exactitud y alta tasa de actualización. La precisión del sistema también puede ser controlada en cierta medida por la colocación de las estaciones receptoras.

3.5.9 Las limitaciones de la multilateración son:

a) la aeronave debe estar equipada con un transponder en funcionamiento normal;
b) las señales transmitidas deben ser detectadas correctamente en las múltiples estaciones receptoras. Esto puede presentar problemas para encontrar sitios óptimos para las receptoras, especialmente en aplicaciones para ruta; y,
c) se necesitan enlaces de comunicaciones entre los sitios remotos receptoras/ transmisoras y la estación maestra de procesamiento.

4. IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA

4.1 Lista de revisión de las mejores prácticas

La siguiente lista muestra los pasos recomendados para la planificación e implementación de sistemas de vigilancia (incluyendo una sustitución o una mejora de instalaciones existentes):

a) Definir las necesidades operativas fundamentales:

- Definir volumen de cobertura: La determinación del volumen en el que se apoya el servicio operacional es muy importante porque va a determinar el alcance y costo del sistema.
- En particular, la determinación correcta de los límites inferiores de altitud es muy importante, ya que tendrá un impacto significativo en el número de sensores que deben ser considerados;
- Definir el tipo de tráfico: por ejemplo, vuelos IFR, vuelos VFR, vuelos locales e internacionales, civiles o militares.

b) *Definir el entorno local (actual y futuro)*:

- Densidades de tráfico actual y esperadas a futuro, incluyendo la descripción de las posibles horas pico;
- La estructura de rutas;
- Tipos de aeronave: aviación general comercial; helicópteros; planeadores; aviones ultraligeros; VLJ; militares y sus características dinámicas (velocidad máxima, velocidad de escalada, la tasa de vuelta, etc.);
- Análisis de los diferentes tipos de tráfico, la posible mezcla de tráfico y la probabilidad de intrusión de aeronaves no equipadas con medios de vigilancia cooperativa;
- Entorno local específico de radiofrecuencia (RF).

c) *Análisis de las opciones de diseño y determinación de la técnica a usarse*:

- Comprobar que sensores de vigilancia existentes pueden ser reutilizados;
- Determinar que nuevos sensores y técnicas de vigilancia pueden ser implantadas a un costo más bajo.

- Determinar el número de sitios donde podrían ubicarse los sensores e investigar su disponibilidad;
- Determinar el nivel de redundancia requerido y el modo fall-back;
- Determinar si será necesario una nueva aviónica a bordo;
- Determinar el impacto sobre los procedimientos operacionales;
- Realizar estudios de costo-beneficio y análisis de viabilidad de las diferentes opciones, si es necesario.

d) Hacer un análisis de seguridad del nuevo sistema propuesto:

- Para demostrar que el sistema proporcionará el rendimiento adecuado en su modo nominal de operación;
- Para demostrar que las diferentes fallas han sido analizadas;
- Para demostrar que se han encontrado para ser aceptable o puede ser mitigado.

e) Implementación:

- Si se requiere nuevo equipo de a bordo, a continuación, preparar la disposición de llevarlo a bordo;
- Adquirir e instalar el nuevo sistema;
- Evaluar el desempeño del nuevo sistema.

f) *Establecer el servicio operativo:*

- La transición desde el sistema existente para el nuevo sistema.

g) *Entregar el servicio operativo:*

- Verificar periódicamente el funcionamiento del nuevo sistema;
- Llevar a cabo un mantenimiento regular y preventivo.

4.2 Transición a sistemas de vigilancia dependiente

4.2.1 Cualquier nueva técnica de vigilancia que se considere como el sustituto de un sistema de vigilancia existente, debe proporcionar al menos el mismo nivel de rendimiento requerido por las aplicaciones existentes. Los requisitos técnicos de funcionamiento del sistema de vigilancia están en desarrollo para ayudar con las especificaciones de las necesidades de una aplicación.

4.2.2 Además de la precisión, la disponibilidad, la fiabilidad, la integridad y la velocidad de actualización, el nuevo sistema de vigilancia debe ser tan robusto como se requiere en la actualidad, versus el sistema existente que va a ser reemplazado. Durante el período de transición a un nuevo sistema de vigilancia, deben considerarse los siguientes puntos:

a) debe proporcionarse un nivel adecuado de protección contra fallos de modo común;
b) debe proporcionarse un sistema de vigilancia que tenga fall-back y/o algunos procedimientos operacionales para dar cabida a la pérdida de la función GNSS en un avión individual (por ejemplo, debido a un mal funcionamiento del equipo);

c) Del mismo modo, deben tomarse en cuenta la posibilidad de la pérdida de la función GNSS en un área extensa (por ejemplo, debido a los efectos de interferencia en el funcionamiento GNSS);
d) se necesita la validación (o al menos una prueba razonada) de los reportes de posición ADS-B para reducir la probabilidad de una falla operacional significativa no detectada de la fuente de datos de navegación de a bordo;
e) en entornos operativos, en los que la amenaza a la seguridad es una preocupación importante, debería ser posible detectar y reprimir la creación de pistas en los informes ADS-B que contienen datos de posición intencionadamente incorrecta; y,
f) las medidas deben estar presentes para cubrir al crecimiento previsto del tráfico durante la vida útil del sistema.

4.2.3 El uso operacional de la ADS-B sin las precauciones y garantías antes mencionadas no es aconsejable. En general, el rendimiento de un sistema de vigilancia para una zona determinada y un escenario operacional debe ser especificado por la autoridad responsable. Dependiendo del espacio aéreo en particular y de la aplicación, esto puede generar la necesidad de seguir manteniendo un cierto nivel de operación SSR durante el período de transición.

4.3 OTRAS CUESTIONES

Otras cuestiones que deben considerarse en el diseño de un sistema de vigilancia son:

a) la necesidad de identificar la fuente de la vigilancia cuando se muestra la información. Esto puede ser necesario si el tipo o condición de la fuente afecta a los procedimientos;
b) la capacidad para identificar objetivos de forma única;
c) el impacto de la pérdida de la vigilancia de una aeronave, tanto a corto como a largo plazo;
d) el impacto de la pérdida de vigilancia sobre una área extensa;
e) respaldo o procedimientos de emergencia que se aplicarán en caso de fallo de una aeronave o sistema de tierra;
f) la capacidad de operar con la especificación de la densidad de tráfico esperado;
g) la capacidad de operar en armonía con otros sistemas tales como ACAS y ASA; y,
h) la interacción entre funciones CNS

SECCIÓN II

SISTEMAS PARA VIGILANCIA AERONÁUTICA

INTRODUCCIÓN

Los sistemas para vigilancia aeronáutica tiene que ver con los sensores en primer lugar y, luego, con los sistemas que procesan los datos de sensores para la presentación en pantalla, con el objeto de soportar el trabajo de los controladores de tránsito aéreo. A continuación el alcance, los conceptos y requisitos de los sistemas de vigilancia.

1. ALCANCE DE LOS SISTEMAS PARA VIGILANCIA AERONÁUTICA

1.1 Objetivos

1.1.1 En general, los requisitos técnicos de rendimiento deben ser independientes de la tecnología y la arquitectura utilizada en un sistema de vigilancia que soporta un determinado servicio de tránsito aéreo o función (también referido como una aplicación).

1.1.2 Los requisitos útiles de funcionamiento para:

a) el diseño del sistema y la derivación de los requisitos para varios componentes diferentes del sistema de vigilancia;
b) evaluación de la seguridad;
c) la contratación;
d) la puesta en marcha; y,
e) seguimiento de los resultados.

Como tal, los requisitos de funcionamiento deben ser medibles y verificables, y también definidos para aplicaciones específicas.

1.2 Necesidad de requisitos de funcionamiento

1.2.1 Tradicionalmente, los sistemas de vigilancia se han especificado mediante un conjunto de criterios de rendimiento tales como la probabilidad de detección, la precisión, la velocidad de actualización, latencia, integridad y disponibilidad. Estas especificaciones tienen las siguientes limitaciones:

a) dichos criterios son generalmente orientados al sensor. Por ejemplo, una precisión expresada en un sistema polar de coordenadas (rango y azimut) es una parámetro lógico para el radar, pero no lo es necesariamente para otras técnicas de vigilancia;

b) algunos requisitos parecen haber sido sólo impulsado por la tecnología de la técnica utilizada (por ejemplo, una precisión de 15 m que se especifica para los radares actuales Modo S); y,
c) algunos requisitos básicos pueden pasarse por alto, ya que son relevantes sólo para una tecnología específica.

Por tanto, existe una necesidad de definir los requisitos de desempeño aplicables a los sistemas de vigilancia utilizando diferentes técnicas o combinaciones de ellas que soporten diversas aplicaciones. También hay que señalar que las nuevas aplicaciones están siendo definidas en el "Aeronautical Surveillance Manual", por lo cual, puede ser necesario el cumplimiento específico de esas definiciones. Además, algunas de estas nuevas aplicaciones pueden imponer requisitos adicionales en la parte de a bordo del sistema de vigilancia, por lo tanto, es deseable tener una forma común de definir los requisitos de vigilancia.

1.2.2 Cualquier cambio en los sistemas técnicos de soporte al ATC deben ser objeto de análisis de seguridad. Los requisitos de funcionamiento incluidos en este apéndice afirman principalmente lo que el sistema proporcionará cuando funciona en su modo nominal de funcionamiento. Los requisitos se pueden utilizar como punto de partida para el análisis de seguridad.

1.3 Limitaciones y restricciones

1.3.1 El material contenido en este texto debe ser considerada como un conjunto mínimo de requisitos de desempeño conocido y acordado como alcanzable por un sistema de vigilancia, con el fin de apoyar una aplicación particular. Sin embargo, se debe entender que el cumplimiento de estos requisitos no es suficiente para probar que una aplicación puede usarse de manera segura porque, en general, hay personas, procedimientos y otros sistemas o equipos implicados. Los requisitos de rendimiento técnico de los sistemas de vigilancia no son suficientes para autorizar una separación operativa dada. Hay otros factores que deben ser analizados durante la evaluación de la seguridad (por ejemplo, factores humanos, procedimientos, estructura del espacio aéreo y la densidad del tráfico, al menos).

1.3.2 El material, sin embargo, ayudará a las autoridades de aviación como: ayuda técnica específica, pruebas, aceptación y seguimiento de su sistema de vigilancia.

1.3.3 Uno de los desafíos en el establecimiento de requisitos de desempeño es tener los medios para derivar los requisitos cuantitativos y medibles desde los requisitos cualitativos previstos, derivados o expresados por la gente. Para ello, se utiliza una serie de hipótesis para simplificar la compleja interrelación entre los diferentes parámetros de rendimiento. Estas limitaciones deben ser comprendidas y aceptadas.

1.4 Ámbito de aplicación de los sistemas o sensores de vigilancia

1.4.1 Al considerar los requisitos de rendimiento, el término "sistema o sensor de vigilancia" se refiere a todos los elementos de la cadena de vigilancia hasta el punto de entrega de los datos de vigilancia a las aplicaciones que lo utilizan. Por lo tanto, no hay requisitos que se

definan por las propias aplicaciones de usuario, o varios subsistemas con una Interfase Hombre Máquina (HMI) u otras herramientas que puedan utilizar datos de vigilancia.

1.4.2 Con respecto a los requisitos de rendimiento, se puede considerar que el sistema de vigilancia consta de dos subsistemas separados por un enlace de RF:

a) un subsistema de vigilancia local en el lado de aplicación de usuario del enlace de RF; y,
b) un subsistema de vigilancia remota en el lado de los aviones, en la parte receptora.

1.4.3 la correlación plan de vuelo y otras funciones como STCA no están incluidas en el ámbito de aplicación del sistema o sensor de vigilancia.

1.5 Calidad de servicio

1.5.1 El conjunto de parámetros y definiciones asociadas que se utiliza para especificar el rendimiento incluye:

a) *Elemento de datos*: la información (por ejemplo: la posición, la identidad y la intención) que se requiere que entregue el sistema de vigilancia;
b) *Precisión*: el grado de conformidad entre el valor estimado o medido y el valor real de un elemento de datos. La precisión se define en el momento que se utiliza el valor. Se utiliza "error" para representar la diferencia entre el valor medido y el valor real, mientras que la “precisión” se utiliza para representar la distribución estadística del error;
c) *Disponibilidad:* la probabilidad de que el sistema realizará la función deseada desde el inicio previsto de la operación;
d) *Integridad*: la probabilidad de que un error en una determinada cantidad de un elemento de datos dado, sea detectado por el sistema;
e) *Integridad (sistema):* la probabilidad en un período determinado, de que una falla no detectada en un elemento funcional provoque una información errónea de vigilancia para el usuario final;
f) *Latencia:* la diferencia de tiempo entre el momento que se genera información válida y el momento en que se entrega la misma al usuario final;
g) *Período de actualización:* la diferencia media de tiempo entre dos reportes de información relacionados con la misma A/V y para el mismo tipo de información;
h) *Continuidad*: la probabilidad de que un sistema de vigilancia funciona de forma satisfactoria y sin interrupciones no programadas durante la operación prevista;
i) *Cobertura:* el volumen de espacio aéreo que será cubierta por el sistema de vigilancia y en el que su rendimiento cumple con los requisitos esperados; y,
j) *Fiabilidad:* frecuencia con la que ocurren fallos dentro del sistema. La probabilidad de que el sistema realizará su función dentro de los límites de funcionamiento definidos por un período determinado, en condiciones de uso esperadas;

1.5.2 Puede ser que se necesite derivar parámetros de rendimiento de nivel inferior, de los mencionados anteriormente. Por ejemplo, "los tiempos de interrupción a causa de las acciones programadas" se puede definir como un parámetro de nivel inferior que contribuirá a la disponibilidad del sistema. Se deben poner en marcha para supervisar

continuamente el rendimiento del sistema de vigilancia con el fin de asegurarse que cumple con los requisitos especificados originalmente.

2. APLICACIONES PARA SEPARACIÓN EN ATC

2.1 Consideraciones Generales

2.1.1 El contenido de esta parte del documento se aplica a los casos en los que un sistema de vigilancia se utiliza en apoyo a una aplicación de separación. Sobre esto, se han utilizado las siguientes hipótesis para simplificar la lista de requisitos de rendimiento cuantificados desde los requisitos operativos:

a) cuando dos aviones están volando con una separación dada, no se encuentran en una situación de colisión. Del mismo modo, cuando dos aviones están separados a una distancia mínima determinada, no van a estar más cerca de ese mínimo especificado en todo momento, durante el tiempo previsto en pantalla;
b) la aplicación considerada responde a un tamaño específico equivalente al máximo tamaño de la aeronave. No cubre la estela turbulenta para mínima de separación pues podría haber la necesidad de especificar diferentes tamaños;
c) el sistema deberá ser capaz de soportar la visualización de las trayectorias de las aeronaves y distinguir las aeronaves; y,
d) la separación sólo se proporciona entre aeronaves identificadas.

Los elementos de datos que generalmente son necesarios para la prestación de aplicaciones de separación se identifican a continuación (Doc. No. 9924 — *Aeronautical Surveillance Manual – Apéndice A).*

2.1.2 *Posición horizontal*. Este parámetro es la información básica utilizada por la mayoría de las aplicaciones. Se indica la ubicación de la aeronave en el plano horizontal. Dependiendo del tipo de sistema de vigilancia utilizado, la información de posición horizontal se puede suministrar como un elemento de datos de origen desde el subsistema de vigilancia remota (como en el caso de ADS-B) o calculados por el subsistema de vigilancia local (como en el caso de radar y MLATs). La información de posición horizontal es utilizada por la aplicación de separación, para garantizar una distancia mínima entre pares de aeronaves y que esta no se vea comprometida en algún momento. Los datos de posición horizontal suministrados a las aplicaciones pueden adoptar diversas formas, entre ellas:

a) rango y acimut (normalmente proporcionada por los radares);
b) la latitud y longitud (normalmente proporcionado por un sistema ADS-B); o
c) un sistema específico de coordenadas X e Y (que puede ser proporcionada por un rastreador de sensores múltiples).

2.1.3 *Altitud por presión* (también conocida como la altitud barométrica). Este dato se deriva del altímetro de la aeronave y se utiliza para visualizar la posición vertical de la aeronave. La corrección barométrica local no se considera como una parte del sistema de vigilancia, ya que se la obtiene desde una aplicación del usuario.

2.1.4 *Identidad*. Este dato se obtiene utilizando la Identificación (ID) de los aviones, al extraerla de la aeronave o de su modo SSR en una respuesta. La identidad se utiliza para garantizar que las instrucciones del ATC se pasen a la aeronave correcta. La identidad extraída de la aeronave por el sistema de vigilancia se correlaciona típicamente con los datos del plan de vuelo en la aplicación del usuario. Sin embargo, esta función de correlación no se considera como parte del sistema de vigilancia.

2.1.5 Los datos hasta aquí expuestos son esenciales para la aplicación de separación; sin embargo, hay datos adicionales que ofrecen beneficios adicionales, cuando se los tenga:

a) SPI - este dato se transmite a petición del ATC y se puede utilizar en una aplicación de separación para generar mayor confianza que la de corregir la identificación operacional y para localizar rápidamente un avión en una pantalla de vigilancia;
b) la velocidad de avance y la huella - estos dos datos pueden emplearse en las aplicaciones de usuario para predecir la futura aposición de las aeronaves; y,
c) otros elementos de datos de vigilancia, tales como:
   1) tipo de sensor
   2) datos derivados de la aeronave, incluyendo:
      - rumbo magnético
      - altitud seleccionada
      - velocidad vertical
      - ajuste de presión barométrica
   3) el tiempo de aplicación de los datos proporcionados para la evaluación de la conformidad.

2.2 Error horizontal en el final del período de actualización

2.2.1 En los radares primarios tempranos, el vídeo en bruto se muestra directamente en la posición de trabajo del controlador, en una pantalla PPI. Ese sistema tenía las siguientes características:
   a) un muy pequeño retardo de tiempo desde la detección de un objetivo hasta su visualización;
   b) una indicación clara de cuando se visualiza la nueva tanda de datos (la línea de barrido del radar de rotación); y
   c) una indicación de la edad de los datos a través de la disminución de la intensidad del vídeo del radar (blips) en el PPI.

Cuando se utilizaron estos sistemas, la separación entre aeronaves se consideraba establecida donde se observaban los puntos de las dos aeronaves con una proximidad cercana en la pantalla, por lo cual debían ser separados.

2.2.2 Los sistemas de vigilancia modernos son más complejas y con muchos subsistemas, a menudo combinando datos de diferentes fuentes para proporcionar una representación sintética de la situación del tránsito en la pantalla. Por lo que se explica, las características en los sistemas modernos se caracterizan porque:
   a) hay un retardo de tiempo entre la medición de la posición y la presentación en pantalla (o de su actualización); y

b) las posiciones de las aeronaves que se muestran sólo cambian en el momento de cada actualización de la pantalla sintética.

Por lo tanto, la imagen visualizada de la aeronave puede utilizarse en cualquier momento sin saber exactamente cuándo se ha establecido.

2.2.3 En la mayoría de los casos, la incertidumbre de una posición que se muestra está en su punto más alto, justo antes de una actualización, debido principalmente al hecho de que el avión real se ha estado moviendo durante el período de actualización. Como tal, la velocidad de la aeronave y la velocidad de actualización de pantalla son factores significativos en el análisis de error de posición horizontal.

2.3 Los errores que contribuyen a la incertidumbre de la posición final

2.3.1 Los factores que contribuyen al error total de posición horizontal en la salida del sistema de vigilancia, pueden agruparse de la siguiente manera:

a) la medición, cuantificación y otros errores de procesamiento que afectan directamente a los datos de posición; y
b) la edad de los datos que conduce a un error de posición aparente debido a la aeronave que se desplaza lejos de la posición medida por el tiempo de los datos suministrados o usados.

2.3.2 Las fuentes genéricas de error pueden combinarse para aumentar el error total de posición horizontal.

2.3.3 En general, se supone que los errores de medición, cuantificación y otra de procesamiento se asumen para ser distribuidos al azar alrededor de la posición real de la aeronave, la Figura No. 2 muestra cómo estas distribuciones error podrían afectar la separación entre aeronaves. En la figura, la separación aparente es mayor que la real, pero es posible también, debido a la distribución aleatoria de errores así como debido a los movimientos de aeronaves durante el intervalo de actualización, que las condiciones en el peor de los casos, los dos aviones muestran puede estar mucho más cerca el uno al otro o incluso uno sobre el otro.

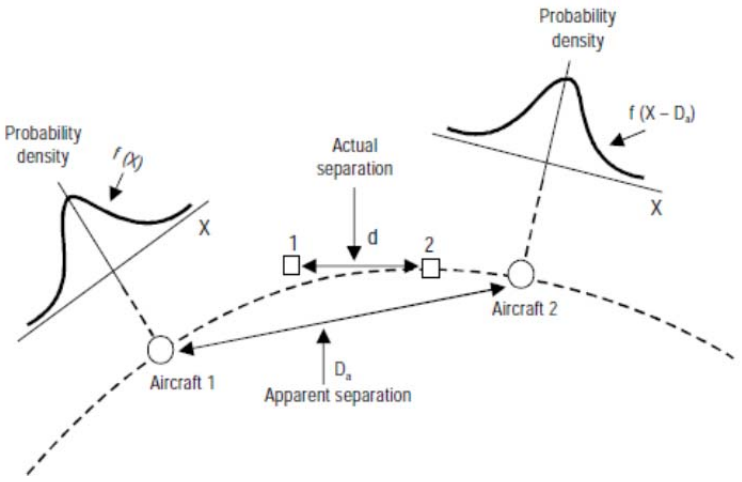


Figura No. 2 – Separación actual y aparente entre dos aeronaves

2.3.4 El error de posición horizontal al final del período de actualización es muy dependiente de las características de vuelo de la aeronave que se muestra, por lo tanto, es difícil de medir y validar. Es más común medir el error cuando los datos se emiten desde el sistema de vigilancia porque el rendimiento del propio sistema se verifica sin ser afectado por las características de vuelo de los aviones.

2.4 Velocidad de actualización / período de actualización

2.4.1 El término "velocidad de actualización" se utiliza en general, tanto para la salida del sensor como para la actualización de la pantalla. En el contexto de rendimiento, el último se utiliza con la suposición de que la salida del sistema de vigilancia se alimenta directamente en la pantalla. El período de actualización depende de las limitaciones locales, tales como el tipo de tráfico, velocidad máxima de escalada de la aeronave, tipo de estructura del espacio aéreo, sistemas heredados y las consideraciones del factor humano.

2.4.2 Los períodos de actualización elegidas para aplicación en ruta fueron inicialmente largos (por ejemplo, más de 10 segundos), pero con la introducción de nuevos sistemas, hay una tendencia a utilizar períodos más cortos. Por ejemplo, cada vez más los nuevos sistemas en ruta están utilizando un período de actualización de 5 a 6 segundos.

2.4.3 Una aeronave se considera que se mantiene en el nivel asignado mientras la información de nivel derivada de la altitud de presión que se muestra al controlador de tránsito aéreo indica que está dentro de las tolerancias apropiadas del nivel mencionado (60 m (± 200 ft) en el espacio aéreo RVSM o ± 90 m (± 300 ft) en otro espacio aéreo).

Del mismo modo, una aeronave se considera ha alcanzado el nivel al que fue asignado cuando el tiempo transcurrido de tres períodos de actualización de vigilancia, o de 15 segundos, lo que sea mayor, han pasado desde que la información de nivel de altitud de presión derivada indica que está dentro de las tolerancias apropiadas del nivel asignado. La intervención de un controlador sólo se exigirá si la diferencia entre los niveles asignados está por encima de los valores indicados anteriormente.

Si usamos la hipótesis de que el sistema debe ser capaz de ver un cambio de altitud de 300ft/200ft en un período de actualización, para el ascenso de la aeronave, o su descenso a 3.000 ft/min, significa que serían necesarios períodos de actualización al menos de 6 segundos (para no-RVSM) y 4 segundos (para RVSM), respectivamente.

2.4.4 No ha sido posible llegar a un acuerdo global sobre un período de actualización específico. La Figura No. 3 muestra un ejemplo de la relación entre el error de posición horizontal y el periodo de actualización. En el Doc. No. 9924, Apéndice A, Sección 2.5 se proporciona un método para derivar el error de posición horizontal.

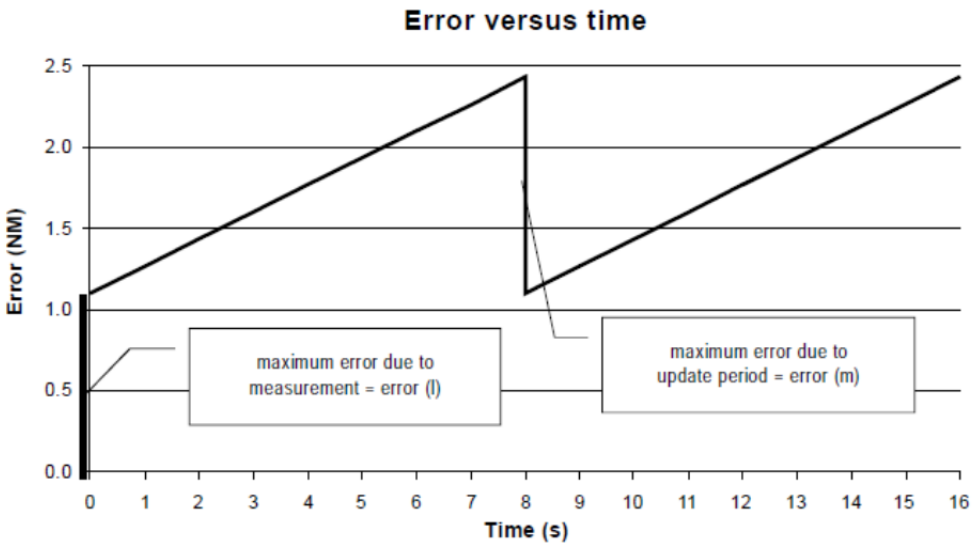


Figura No. 3 – Ejemplo de error debido al movimiento de una aeronave durante el período de actualización

Dado que una aeronave puede cesar su ascenso/descenso en cualquier momento, el error de extrapolación de altitud podría superar fácilmente los 300 ft/200 ft. Por esta razón, los sistemas de vigilancia actuales proporcionan el último (extraído) valor de medición de la altitud barométrica.

Esto podría cambiar en el futuro cuando nuevos sistemas de vigilancia puedan acceder a la información de a bordo (tales como la presión barométrica) a una alta velocidad.

2.5 Determinación del error de posición horizontal durante el período de actualización

2.5.1 *Elección del escenario operacional*. En el siguiente ejercicio, se supone (como el peor de los casos, aunque bastante improbable en la práctica) que dos aeronaves se encuentran a la misma altitud y tienen una "dirección-a", a la máxima velocidad.

2.5.2 Cálculo de la capacidad suficiente (buffer) para cubrir el desplazamiento durante el periodo de actualización. Los parámetros utilizados para calcular el resto de distancia horizontal en el momento en que los datos se envían desde el sistema de vigilancia son:

S=velocidad máxima de aeronaves controladas dentro de un espacio aéreo considerado
Z=tamaño máximo de las aeronaves
T =periodo de actualización en la presentación del sistema de vigilancia
H=separación horizontal

2.5.3 *Máximo total de un error previsible aceptado, en el momento en el cual salen los datos. S*e emplea el siguiente método para establecer los requerimientos sobre la exactitud de la posición al momento en el cual los datos salen del sistema con un período fijo de actualización. El máximo error previsto (B) debe cumplir en todo momento, al final del período de actualización, ser la mitad de la separación menos la mitad del tamaño de la aeronave, lo cual es:

$$B = H/2 – Z/2$$

2.5.3.1 Durante el período de actualización la aeronave puede moverse una distancia máxima de S x T. Por esto, el error remanente previsible al inicio del período de actualización es:

$$\text{Max error} = B – S \times T$$

Esto cubre todos los errores incluyendo las medidas de errores del sensor, cálculo de los errores dentro del sistema de ATC y cualquier otro error (ejemplo: latencia en la salida). Debe notarse que los errores debido a la aceleración de las aeronaves, generalmente son despreciables.

Se proveen dos ejemplos de errores remanentes en el cálculo de errores previsibles versus varias tasas de actualización (para 5 y 3NM de separación mínima), en la Tabla 1. Se puede observar que, como algo esperado, un largo período de actualización impondría un límite más estricto de error previsible en el sistema de vigilancia.

Hypothesis: • Maximum speed (kt) 600 • Aircraft size (m) 100 • Separation (NM) 5		
Update period (s)	*Maximum remaining error budget at surveillance output (i.e. or just after an update)*	
	(m)	*(NM)*
1	4 271	2.3
2	3 963	2.1
3	3 654	2.0
4	3 345	1.8
5	3 037	1.6
6	2 728	1.5
7	2 419	1.3
8	2 111	1.1
10	1 493	0.8
12	876	0.5

Tabla 1 – Máximo error de posición horizontal a la salida de un sistema de vigilancia para diferentes períodos de actualización en un entorno de 5NM En-Ruta

2.5.4 *Determinación de una probabilidad aceptable de error, mayor que un valor máximo*. Un análisis de seguridad debería determinar lo que ocurre cuando no se logra el requisito de máximo error. Se puede utilizar dos enfoques diferentes para el efecto:

a) la evaluación local de la seguridad muestra que se puede aceptar una baja probabilidad de ocurrencia. En tal caso, se controla el sistema para asegurar que la probabilidad de ocurrencia nunca sea mayor que el valor aceptable; o,

b) la ocurrencia del error se considera significativa desde el punto de vista de seguridad y debe analizarse para determinar si se tiene un impacto en la seguridad de la operación. Si se tiene un impacto, habrá que poner en marcha las medidas necesarias para seguir con la misma separación anterior.

2.5.5 *Derivación de requisitos sobre el error de referencia, una vez que se determina el máximo error*. En términos de seguridad, es suficiente limitar el error por debajo del valor máximo aceptable. La especificación de la distribución principal de un error de referencia es, sin embargo, necesaria para:

a) proporcionar la confianza necesaria (y comodidad) para los controladores. Por ejemplo, las trayectorias muestran en la Figura No. 4, a pesar de estar completamente dentro de los límites de seguridad, no se utilizarán; y,
b) proveer de confianza al equipo técnico en virtud de que la probabilidad de violar el máximo es extremadamente bajo, basado en las características de distribución.

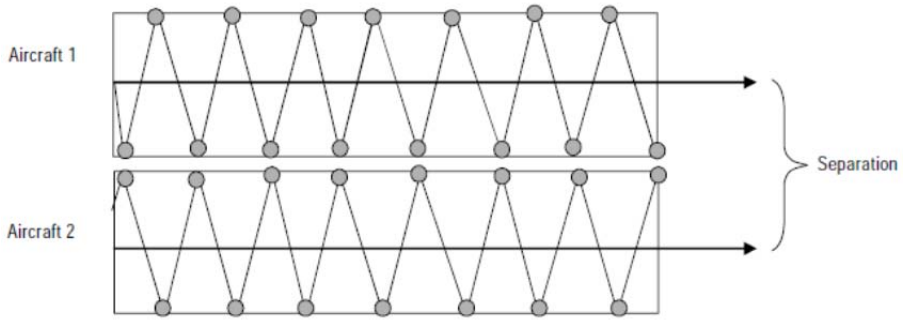


Figura No. 4 – Ejemplo de dos trayectorias con un error máximo

2.5.6 Sin embargo de lo anterior, debe anotarse que la distribución de error varía de un tipo de sistema a otro y la distribución de error de posición no puede ser modelada con una única distribución teórica simple.

2.5.7 Las siguientes gráficas muestran distribuciones típicas de error horizontal medidas a la salida de un radar (Figura No. 5), a la salida de un "tracker" de sensores múltiples (Figura No. 6) y a la salida de un receptor ADS-B (Figura No. 7) obtenidas a partir de grabaciones reales.

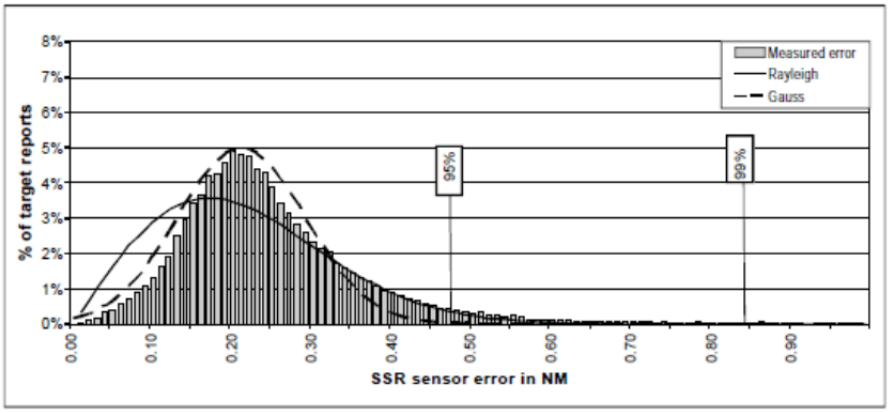


Figura No. 5 – Ejemplo de distribución del error de posición horizontal en un radar SSR

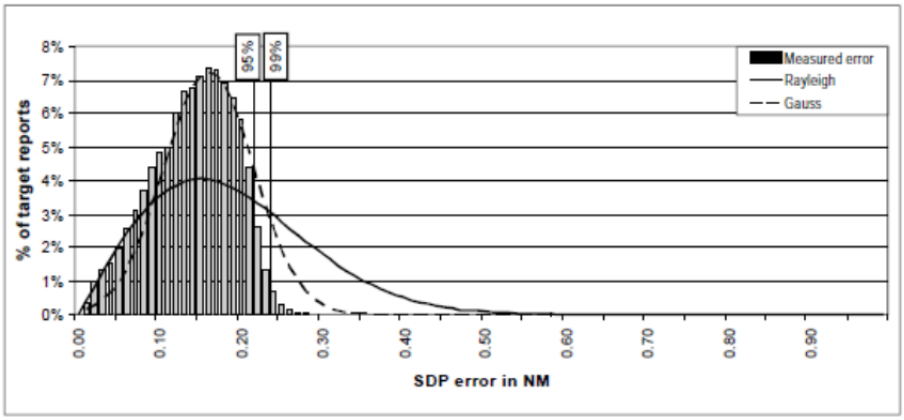


Figura No. 6 – Ejemplo de distribución del error de posición horizontal a la salida de un "tracker" con multi-sensores

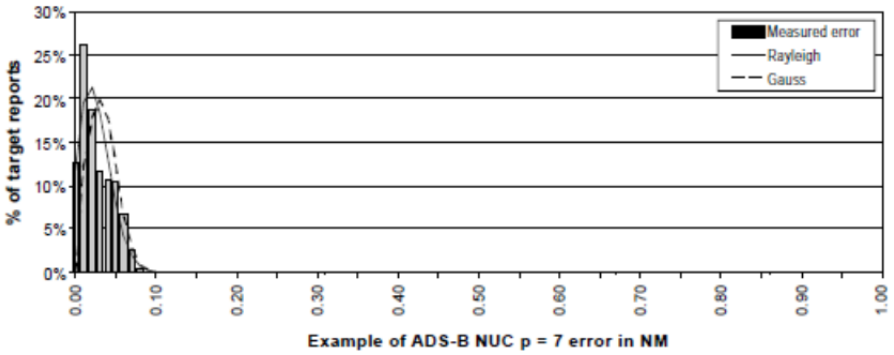


Figura No. 7 – Ejemplo de distribución del error de posición horizontal de ADS-B con NUCp=7

2.5.8 Cabe señalar que la evaluación se ha realizado sobre el volumen global de los datos de radar, mientras que sólo una parte del mismo se utilizaría como soporte de las aplicaciones 5NM de separación.

2.5.9 Los ejemplos en las Figuras No. 5, 6 y 7 muestran que:

a) la distribución no está necesariamente "centrada" alrededor de 0; y,
b) las formas de la distribución son usual y completamente diferentes de un sistema a otro.

Los criterios utilizados para restringir la distribución del error fundamental deben cubrir valores de errores sesgados y aleatorios. Se recomienda caracterizar la distribución del error fundamental, ya sea mediante el uso de un error máximo para un porcentaje cierto de las mediciones (por ejemplo, error en el 95por ciento) o utilizar un valor de RMS en el que los valores de error tienen en cuenta un posible sesgo en la distribución. Se discuten a continuación dos enfoques para determinar el error fundamental en una forma comúnmente aceptada.

2.5.10 *Primera aproximación.*Utilizar una distribución teórica para obtener una garantía de baja probabilidad de error máximo tolerable:

2.5.10.1 El primer paso es elegir un tipo de distribución. Las distribuciones reales de error dependen del diseño y tecnologías utilizadas por el sistema de vigilancia (ver ejemplos en las Figuras 5, 6 y 7). La distribución Gaussiana simple es el modelo que más comúnmente se utiliza.

2.5.10.2 El segundo paso es elegir la probabilidad de tener errores más grandes que el máximo error especificado en las Tablas Nos. 2, 3 y 4. Por ejemplo, se puede escoger el valor de 1×10-5 para este propósito; en una distribución Gaussiana, correspondea 5 sigma. Para la misma distribución Gaussiana, el 95 por ciento le correspondea 1,96 Sigma y restringe el sobrepasar el 95 por ciento de errores, como se describe en la Tabla 5.

Hypothesis: • Maximum speed (kt) 600 • Aircraft size (m) 100 • Separation (NM) 5		
Update period (s)	*Maximum remaining error budget at surveillance output*	
	(m)	*(NM)*
1	2 574	1.4
2	2 419	1.3
3	2 265	1.2
4	2 111	1.1
5	1 956	1.1
6	1 802	1.0
7	1 648	0.9
8	1 493	0.8
10	1 185	0.6
12	876	0.5

Tabla No. 2 – Máximo error de posición horizontal a la salida de un sistema de vigilancia para un período de actualización diferente en un entorno de 3NM.

Current dataset threshold	
Error <0.4 NM (741 m)	95%
Error <0.83 NM (1537 m)	99%
Error <1.75 NM (3241 m)	99.9%
Error <2.42 NM (4482 m)	100%

Tabla No. 3 – Ejemplo de error de un SSR para diferentes probabilidades.

Current dataset threshold	
Error <0.22 NM (407 m)	95%
Error <0.24 NM (444 m)	99%
Error <0.26 NM (482 m)	99.9%
Error <0.39 NM (722 m)	100%

Tabla No. 4 – Ejemplo de medición de error a la salida de un sistema SDP.

Hypothesis: • Maximum speed (kt) 600 • Aircraft size (m) 100 • Separation (NM) 5		
Update period (s)	*Maximum remaining error budget (m)*	*Error for 95%*
1	4 271	1 674
2	3 963	1 585
3	3 654	1 462
4	3 345	1 338
5	3 037	1 215
6	2 728	1 091
7*	2 419	968
8	2 111	844
10	1 493	597
12	876	350
* For the 7-second update period, 95 per cent of errors should be less than 2 419 × (2/5) or 968.		

Tabla No. 5 – Requerimiento de error básico en 95% para 5NM.

2.5.11 *Segunda aproximación*. La distribución del error está definida como una proporción directa de la separación establecida.

2.5.11.1 El objetivo es limitar la probabilidad de infringir la separación cuando se tienen dos aeronaves casi al mínimo de separación.

2.5.11.2 Por ejemplo, es posible escoger un modelo donde el 95% de los casos están dentro del error del 10% de la separación. Basados en una distribución Gaussiana, esta aproximación da como máximo resultado un error previsible de 926m para 5NM y 556m para 3NM.

3 SISTEMA DE MULTILATERACIÓN (MLAT)

3.1 Generalidades

3.1.1 Multilateración es una forma de sistema de vigilancia cooperativa e independiente que hace uso de las señales transmitidas por una aeronave (normalmente respuestas del transpondedor SSR o squitters a 1.090MHz) para calcular la posición de la aeronave. Las MLAT pueden usar las transmisiones de las aeronaves en la actualidad, por lo que pueden implantarse sin cambios en la infraestructura de las aeronaves.

3.1.2 Para el procesamiento de las señales en tierra, son obligatorias al menos 4 estaciones receptoras y una estación central de procesamiento.

3.1.3 Las técnicas de multilateración se han implementado con éxito para la vigilancia de un aeropuerto desde hace bastante tiempo.

3.1.4 En la actualidad, estas mismas técnicas se utilizan para áreas más grandes, como las áreas en ruta o de aproximación y se denominan sistemas de multilateración de área extendida o amplia (WAM).

3.2 Principios de operación

3.2.1 Una MLAT se forma con un número de antenas que reciben una señal desde una aeronave y una unidad de procesamiento central que calcula la posición de la aeronave desde el TDOA de la señal en las diferentes antenas.

3.2.2 El TDOA entre dos antenas corresponde, matemáticamente hablando, a una hiperboloide (en 3D) en la que se localiza la aeronave. Cuando cuatro antenas detectan la señal de la aeronave, es posible estimar la posición en 3D de la aeronave mediante el cálculo de la intersección de las hipérbolas resultantes.

3.2.3 Cuando están disponibles sólo tres antenas, una posición 3D no puede estimarse directamente, pero si el dato de altitud se conoce de otra fuente (por ejemplo, desde el modo C cuando la aeronave está en la superficie), entonces se puede calcular la posición de la aeronave. Esto se conoce generalmente como una solución en 2-D. Cabe señalar que el uso de la altitud barométrica (modo C) puede conducir a una estimación de la posición menos precisa del objetivo, ya que la altitud barométrica puede diferir significativamente de la altura geométrica.

3.2.4 Con más de cuatro antenas para recepción, la información adicional se puede utilizar para verificar bien la exactitud de las otras medidas o para calcular una posición media de todas las mediciones, que deben tener un error global menor. El ejemplo de la Figura No. 8 debe aclarar el principio. Se muestra un sistema WAM que consta de cinco estaciones receptoras (Numeradas de 0 a 4).

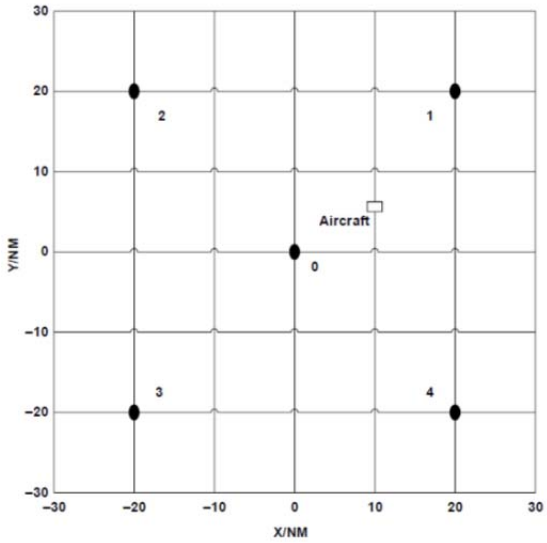


Figura No. 8 – Esquema con cinco estaciones

3.2.5 Suponiendo que se detecta la señal de la aeronave en todos los sitios, los tres primeros diagramas de la Figura No. 9 muestran los hiperboloides correspondientes a la TDOA de la señal en los sitios de 0 y 2, 0 y 3, y 0 y 4, respectivamente. La estación central de procesamiento calcula la intersección de todos los hiperboloides como se muestra en el último diagrama.

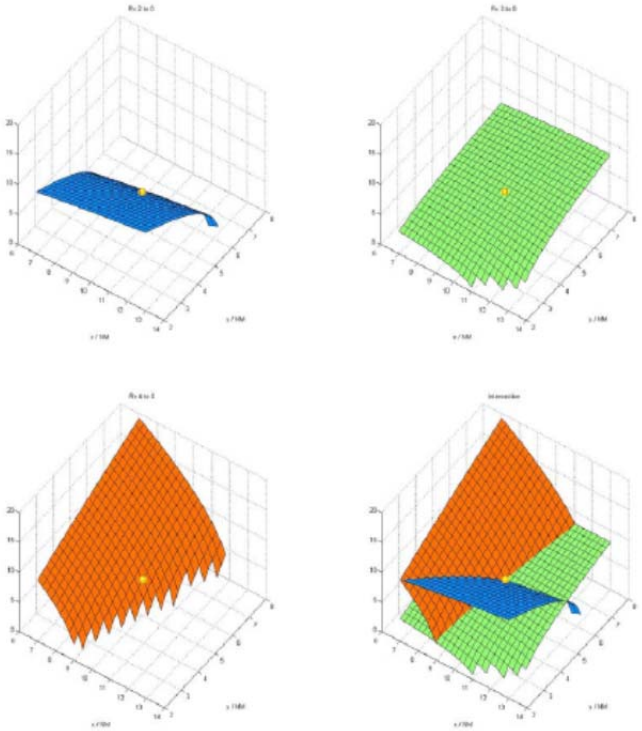


Figura No. 9 – Intersección de las hiperboloides

3.2.6 Puede haber más de una solución para el cálculo de multilateración, como los hiperboloides pueden intersecar en dos lugares, pero, típicamente la solución correcta se identifica fácilmente.

3.2.7 La geometría del sistema tiene, en general, un gran impacto en la precisión que se puede obtener. Mientras el avión se encuentra dentro de la zona 2D que engloba las antenas de tierra, la posición calculada tendrá una alta precisión; fuera de esta zona, la exactitud se degrada rápidamente.

3.2.8 Se puede distinguir también MLATs activas y pasivas. Un sistema pasivo consiste sólo de receptores, mientras que un sistema activo tiene una o más antenas de transmisión con el fin de interrogar al transpondedor SSR de la aeronave.

3.2.9 La ventaja principal de un sistema activo se encuentra en el hecho de que no es dependiente de otras fuentes para desencadenar una transmisión desde un avión. La principal desventaja es que genera interferencia adicional en canales de 1.030 MHz y 1.090 MHz

4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE MULTILATERACIÓN

4.1 Cálculo del TDOA

4.1.1 El sistema WAM se puede categorizar mediante dos criterios diferentes. Primero, ellos puede dividirse por el método utilizado para calcular el TDOA de la señal, y, segundo, por el método, cualquiera que sea, utilizado para sincronizar los receptores.

4.1.2 El método más común que se utiliza para calcular el TDOA de las señales de 1.090 MHz es medir la TOA de cada receptor en forma individual y calcular entonces la diferencia entre ellas, como se observa en la Figura No. 10. Hay otros métodos pero no se describen en este documento.

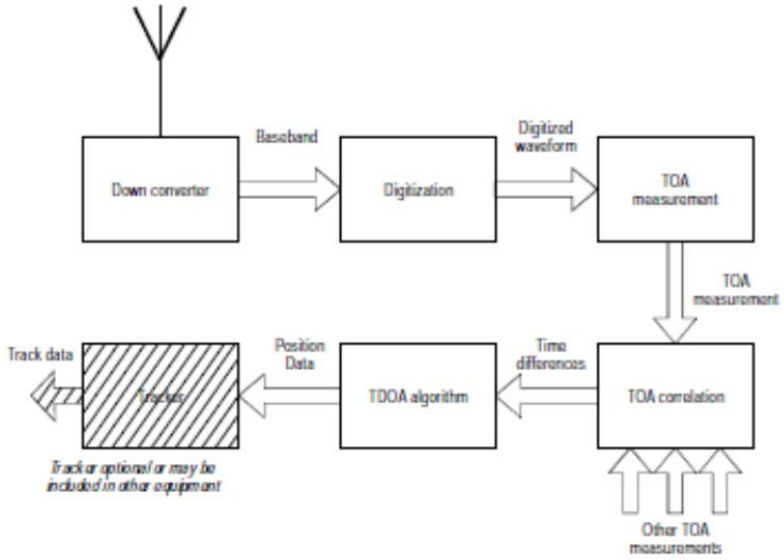


Figura No. 10 – Flujo de datos del TOA

4.2 Métodos de sincronización

4.2.1 La sincronización de tiempo es fundamental para las MLAT. Con el fin de calcular la posición, es necesario conocer la diferencia de tiempo de una señal que llega a una antena en el sistema y la llegada de la señal en otra antena en el sistema. Esto comúnmente se denomina la TDOA.

Sin embargo, la señal es una marca de tiempo durante el proceso de digitalización, que se retrasa en el tiempo respecto a la TOA en la antena, por el retardo de grupo del proceso de conversión hacia adelante.

4.2.2 Por lo tanto, para calcular con precisión el TDOA, este retraso debe conocerse y se debe tener en cuenta en forma exacta.

Además, el proceso de digitalización para cada cadena de recepción debe hacer referencia a una base de tiempo común, de lo contrario las señales en los diferentes sitios harán referencia a los diferentes relojes y no serán directamente comparables. La Figura No. 11

muestra los componentes de retardo de grupo y de sincronización. La sincronización se define como el método por el cual los procesos de digitalización de las señales a cada sitio están atados en conjunto.

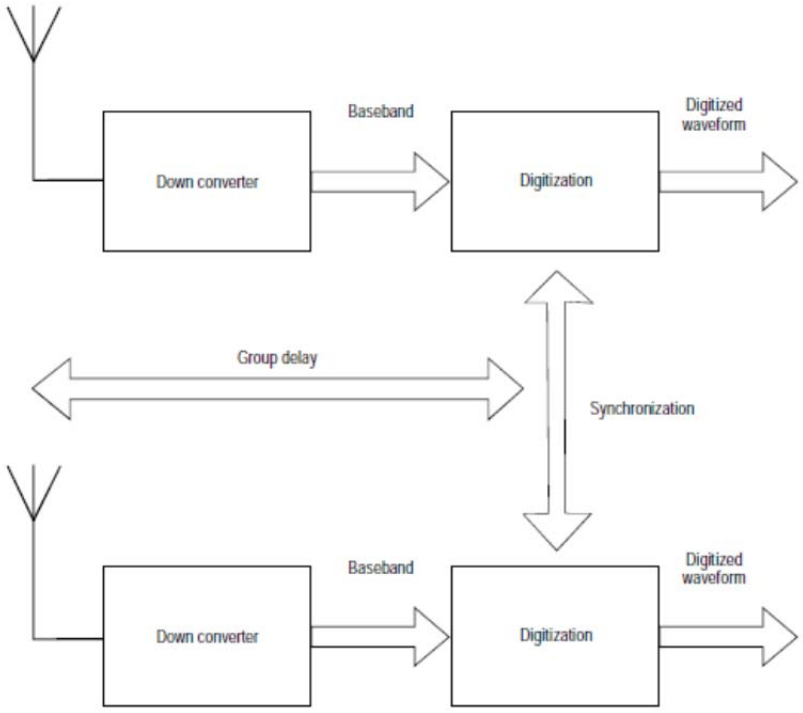


Figura No. 11 – El retardo de grupo y la sincronización

4.3 Sistemas con reloj común

4.3.1 Los sistemas que usan relojes comunes utilizan receptores simples y la mayor complejidad del mismo está en el procesamiento central.

Los sistemas con reloj común reciben las señales de RF desde la aeronave y la convierten en Frecuencia Intermedia (IF). La señal en IF se transmite desde cada receptor a un sitio central sobre un enlace analógico personalizado. La conversión a banda base o vídeo y posterior digitalización se lleva a cabo entonces en el sitio central tomando como referencia a un reloj común para cada receptor.

4.3.2 Con esta arquitectura, no hay necesidad de sincronizar cada uno de los receptores periféricos entre sí pues la digitalización se produce en el procesamiento central. Sin embargo, el retardo de grupo, entre la recepción de la señal en la antena y la digitalización en el sitio central, es grande, ya que incluye los retrasos del enlace analógico los cuales deben ser conocidos con precisión para cada receptor.

Esto significa que tanto la cadena de recepción y el enlace de datos deben ser calibrados con rigor para medir el retardo de grupo. Como el retraso en el enlace se incremente, a menudo debido a un aumento de la distancia del enlace o la línea de base del sistema, el

conseguir una precisión dada será más difícil, ya que los retrasos pueden variar como una fracción de la trayectoria total.

4.3.3 Esta arquitectura tiene como ventaja el usar un simple receptor de bajo consumo de energía, y esto conlleva a que la mayor parte de la complejidad esté en el procesador central para la multilateración. Sin embargo, el retardo de la señal entre la antena y el procesador de multilateración pone requisitos estrictos sobre el tipo y alcance del enlace. Normalmente, se utiliza un enlace de microondas de un solo salto o fibra dedicada entre los sitios, como se ilustra en la Figura No. 12. La ubicación del procesador de multilateración debe ser en el centro del sistema para minimizar las distancias entre los enlaces.

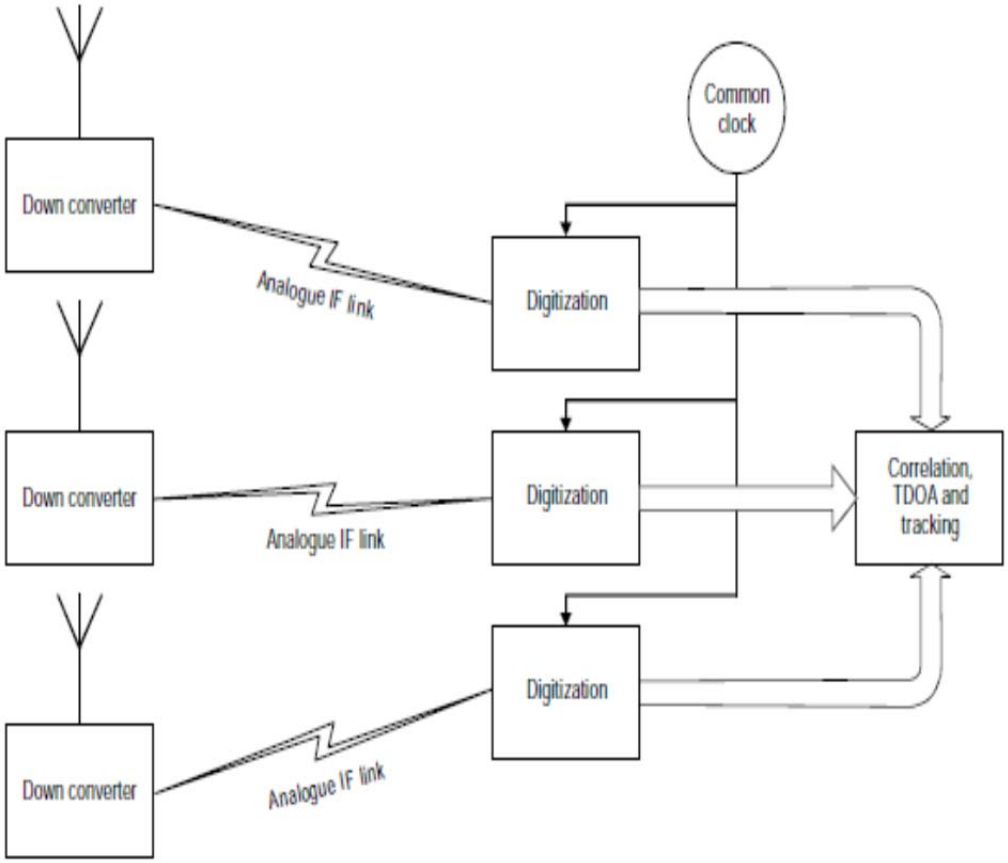


Figura No. 12 – Arquitectura de reloj común

4.4 Sistemas con reloj distribuido

4.4.1 Los sistemas con reloj distribuido utilizan receptores más complejos para reducir su dependencia de losenlaces de datos (véase la Figura No. 13). Así, la señal de RF se convierte a señal de banda base o de vídeo y luego se la digitaliza, se extrae el código y se mide el TOA, todo en el receptor.

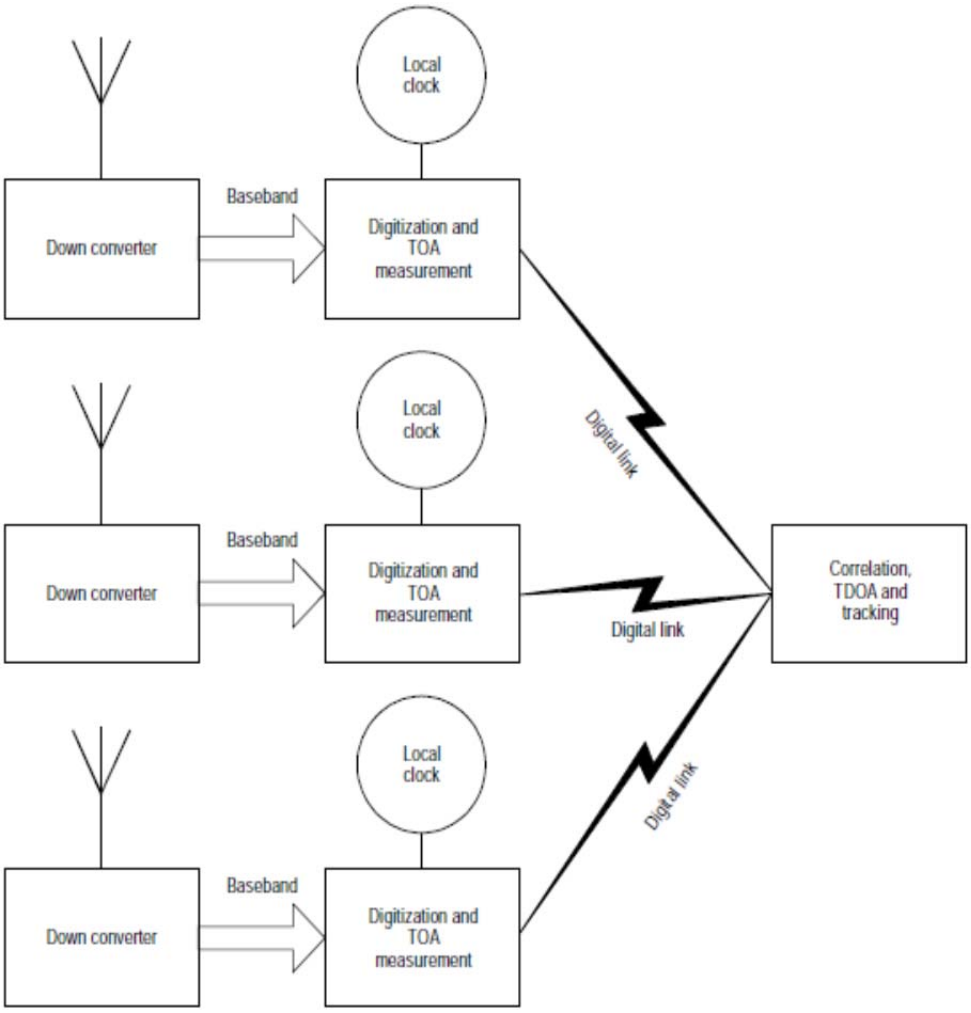


Figura No. 13 – Arquitectura de reloj distribuido

4.4.2 Esto le da una gran flexibilidad en el enlace de datos pues solo necesitan el valor del código SSR y el TOA para transmitirla al sitio de procesamiento de cada receptor. Se puede entonces utilizar cualquier enlace de datos digital, y la latencia por el enlace no es crítica. Sin embargo, debe utilizarse un mecanismo para sincronizar los relojes en los sitios de las receptoras locales. Este es el método más comúnmente utilizado en los sistemas WAM.

4.5 Sistemas sincronizados con Transponder

4.5.1 Estos sistemas usan las transmisiones de un transpondedor de referencia para emparejar en tiempo a los relojes en cada uno de los sitios del receptor (véase la Figura No. 14). La señal de temporización de referencia y la transmisión del transponder SSR de la aeronave sobre la misma cadena analógica para las receptoras, generan retrasos comunes que cancelan el sesgo de retraso causado por los componentes analógicos, lo que permite tener un sistema preciso para una configuración con distancias cortas.

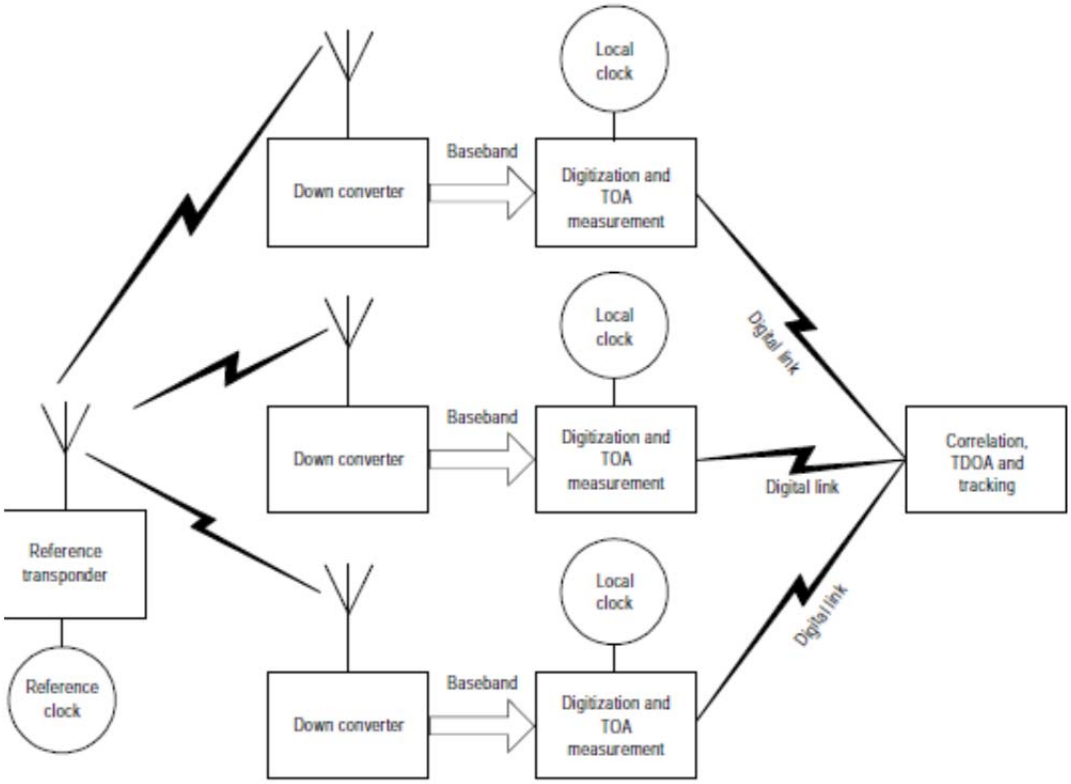


Figura No. 14 – Arquitectura sincronizada por transponder

Con una configuración para grandes distancias, los retrasos atmosféricos tienen un impacto que reduce la precisión. El transpondedor de sincronización no necesariamente debe estar en el mismo emplazamiento que el procesador central de multilateración, pero sí necesita tener línea de vista con cada uno de los receptores. Para un sistema WAM esto significa que se necesitarán mástiles o torres altas, en regiones planas.

4.5.2 Es posible utilizar múltiples transpondedores de sincronización en un sistema de gran extensión, siempre y cuando cada par de receptores esté vinculado a otro par por medio de referencias comunes.

4.6 Sistema de sincronización con GNSS independiente

4.6.1 Una referencia externa de temporización común, como la información de un GNSS independiente, se puede utilizar para proporcionar una referencia de temporización para cada uno de los receptores. La sincronización con un GNSS se mantiene muy precisa por lo que se puede utilizar como una referencia común para los receptores.

4.6.2 Para las MLAT es sólo la diferencia de tiempo entre los sitios del receptor la que tiene interés, no el tiempo absoluto. Por tanto, es posible sincronizar los receptores de un MLAT a tiempos de 10-20 nanosegundos mediante el uso de un oscilador basado en GPS y muy estable, en cada sitio.

4.6.3 Los sistemas sincronizados por GNSS son mucho más fáciles de ubicar que los sistemas de reloj y el transpondedor, ya que no necesitan torres altas para la sincronización y se puede utilizar cualquier enlace de datos. La comprobación de integridad de la temporización GNSS se basa en la integridad del receptor GNSS, por lo que es esencial la selección de un receptor adecuado con capacidad RAIM. La arquitectura se ilustra en la Figura No. 15.

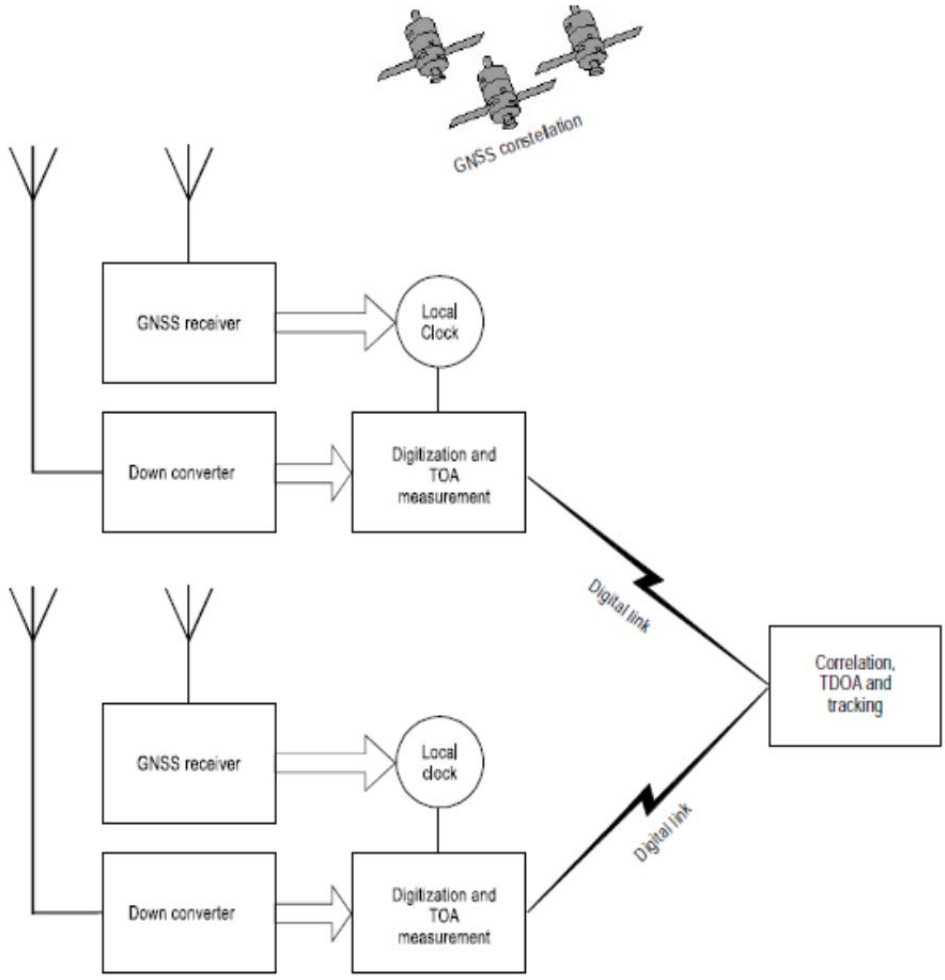


Figura No. 15 – Arquitectura sincronizada por GNSS

4.7 Sistema sincronizado por un GNSS común

Para situaciones en las que la sincronización GNSS independiente entre los receptores no es suficientemente preciso, puede utilizarse un método de sincronización común para todos. Los sistemas comunitarios utilizan satélites GNSS que están a la vista de todos los receptores (ver Figura No. 16). Esto permite que un gran número de errores de origen se retiren en la medida en que son comunes entre las señales y por tanto, proporciona una solución de sincronización significativamente más precisa. Pueden lograrse precisiones más bajas que nanosegundos usando esta técnica.

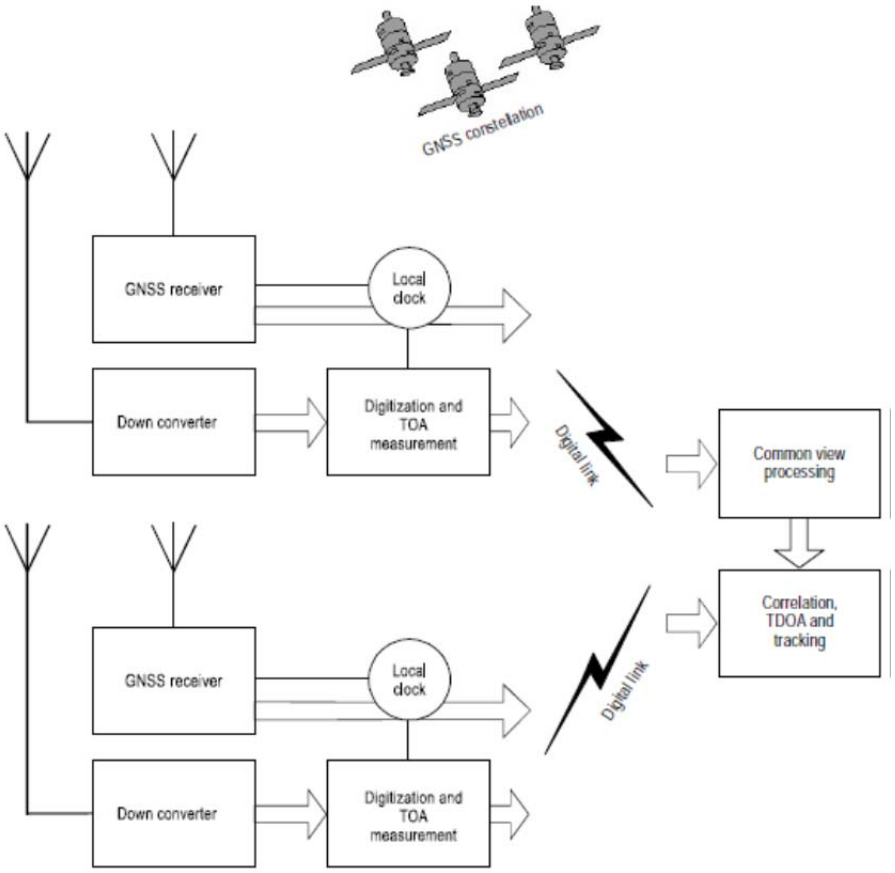


Figura No. 16 – Arquitectura sincronizada por un GNSS común

4.8 Resumen de sincronización

Las características de los diversos esquemas de sincronización con respecto a su aplicación para WAM se resumen en la Tabla No. 6. Cabe destacar que se trata de un intento de resumir los fundamentos de cada arquitectura sobre líneas generales y no se comenta sobre las implementaciones específicas.

	Accuracy	*Baseline*	*Link choice*	*Mast*	*Line of Sight*
Common clock	Medium	Medium	Microwave Fiber	High Low	Yes No
Transponder synchronization	Medium	Medium	Any	High	Yes
Standard GNSS	Low	Any	Any	Low	No
Common-view GNSS	High	Large	Any	Low	No

Tabla No. 6 – Métodos de sincronización WAM

4.9 Sistemas pasivos y activos

Una MLAT puede ser pasiva o activa. Los sistemas pasivos dependen de las transmisiones de transponder de la aeronave que se solicitan por parte de otros equipos y en las respuestas

espontáneas no solicitadas. Los sistemas activos pueden solicitar su propia respuesta a las aeronaves en adición a cualquiera detectada pasivamente. Los sistemas se describen a continuación.

4.9.1 MLATs pasivos

4.9.1.1 Los MLATs pasivos no interrogan al transpondedor de la aeronave; esto ofrece dos ventajas en términos de uso del espectro. En primer lugar, no se requiere licencia de transmisión para la instalación y uso del sistema. En segundo lugar, no hay un aumento en el número de interrogaciones a 1.030 MHz o respuestas a 1.090 MHz provocadas por el sistema.

4.9.1.2 En general, la MLAT pasiva detectará aviones dentro del alcance del sistema si una o más de las siguientes situaciones es presenta:

a) la aeronave está equipada con un transpondedor en Modo S;
b) la aeronave está equipada con un transpondedor en Modo A/C y dentro del alcance de uno o más interrogadores de tierra; y,
c) la aeronave está equipada con un transpondedor en Modo A/C y dentro del alcance de una o más aeronaves con ACAS.

4.9.1.3 Esto significa que, en general, las MLAT pasivas son las más adecuados en:

a) zonas ocupadas con un alto volumen de tráfico con ACAS;
b) zonas con infraestructura de vigilancia MSSR existentes;
c) las áreas donde el uso de Modo S es obligatoria; y,
d) las zonas donde el ES ADS-B es obligatorio.

4.9.1.4 En general, las MLATs pasivas no trabajan muy bien en el Modo A/C con aviones a baja altura, ya que usualmente hay menos interrogadores Modo A/C para iluminar la aeronave si están por debajo de la cobertura de los interrogadores de tierra.

4.9.1.5 También hay que señalar que si bien técnicamente es factible rastrear los aparatos con Modo S y señales espontáneas, esto no proporciona información suficiente para las necesidades operacionales actuales. Actualmente, tanto la ID de la aeronave como la altitud de presión son los datos que requieren los controladores. Esta información no está disponible en la recepción de señales espontáneas en Modo S, pero si lo provee el Modo S del tipo ES.

4.9.2 SistemasWAM activos

4.9.2.1 Los MLAT activos realizan todas las funciones que tienen los sistemas pasivos, y, además, pueden solicitar sus propias respuestas de las aeronaves. La antena para un MLAT activo es mucho más simple que para un interrogador MSSR. No se requiere una antena de rotación como se lo hace para un radar SSR; en su lugar, pueden utilizar una antena omnidireccional o una antena sectorizada.

4.9.2.2 Un escenario que puede requerir el uso de un MLAT activo es el de vigilancia de un área terminal. La técnica pasiva puede utilizarse para detectar aviones circundantes que están

dentro de la cobertura de sistemas MSSR existentes. Se puede utilizar un interrogador de corto alcance para detectar aviones a baja altura y para el caso de que caigan por debajo de la cobertura de MSSR existente sistemas.

4.9.2.3 En un entorno de Modo S, los aviones pueden ser detectados por el MLAT y la transmisión de señales espontáneas. Para la aplicación en área terminal, las aeronaves en aproximación podrían esperar una tasa de actualización más alta, ya que esto mejora la precisión y la probabilidad de detección. Por lo tanto, cada aeronave puede ser interrogada de forma selectiva con más frecuencia.

4.9.2.4 La MLAT activo también pueden utilizarse para obtener datos específicos de las aeronaves debidamente equipadas para radares Modo S. La adquisición en Modo S de señales espontáneas se puede utilizar para detectar una aeronave de forma pasiva por la dirección Modo S, y las interrogaciones de vigilancia se pueden utilizar para obtener datos adicionales tales como el modo de un código, ID aeronaves (por ejemplo distintivo de llamada) y la altitud por presión.

4.9.2.5 Otra consideración en un área terminal, es sobre las respuestas potenciales de las aeronaves en tierra a todas las interrogaciones de llamada. Debe encontrarse un sitio para que la antena activa no ilumine las calles de rodaje o plataforma. Otro método para excluir áreas es el uso de antenas direccionales.

4.9.2.6 El uso de interrogaciones selectivas y direccionadas para vigilancia, reducirá respuestas no deseadas. Si esto se usa en conjunto con una antena sectorial, es posible limitar las solicitudes de enlace ascendente, para un sector en particular.

4.9.2.7 Las MLAT activas también se pueden utilizar para calcular la distancia al blanco de la misma manera que lo hacen los sistemas MSSR y ACAS. Esta información puede complementar la posición calculada usando el TDOA. Además, se puede utilizar para mejorar la precisión de la posición fuera de la huella de multilateración.

4.9.3 Los sistemas WAM pasivos /activos

4.9.3.1 sistemas WAM activos proporcionan algunas ventajas pero a expensas de la interferencia potencialmente significativa si existen múltiples sistemas WAM que están desplegados en entornos de alta densidad. El uso de antenas omnidireccionales para solicitar respuestas en Modo S causa una interferencia significativa porque todas las aeronaves en Modo S en el rango de señal, están ocupadas por 35 microsegundos por cada interrogación, ya que deben decodificar la interrogación para determinar si el interrogatorio contiene su dirección.

4.9.3.2 Todos los sistemas WAM con capacidad activa deben diseñarse para usar las transmisiones activas sólo cuando no hay datos pasivos disponibles. Por ejemplo, la técnica Modo S ES ADS-B proporciona en forma pasiva transmisiones suficientes para la multilateración y toda la información operativa que normalmente se requiere (por ejemplo, ID aeronave y la altitud de presión). Excepto para mejorar la precisión, nunca se debería tener la necesidad de interrogar activamente una aeronave equipada en Modo S con capacidad de funcionamiento anormal ES en 1.090MHz (ver 4.9.2.7 anterior).

4.10 Identificación y determinación de la altitud de las aeronaves

4.10.1 Hay una diferencia entre los requisitos para la identificación técnica y los requisitos actuales para la identificación operativa. Técnicamente la dirección en el Modo S es la información adecuada para asociar con precisión los nuevos plots con un track. Esto significa que el modo S las señales espontáneas proporcionan la base para un MLAT a fin de detectar y rastrear una aeronave incluyendo la medición de la altura geométrica.

4.10.2 Por otra parte, operativamente el controlador necesita conocer la ID de la aeronave (por ejemplo, señal de llamada) y la altitud de presión de la aeronave. Esto significa que puede necesitarse una capacidad activa por razones operativas en lugar de técnicas.

4.10.3 No serán necesarias las transmisiones activas para el Modo S de aeronaves equipadas con 1.090 MHz ES, ya que la identificación de las aeronaves se proporciona de forma pasiva.

5 CONSIDERACIONES TÉCNICAS

5.1 Características del receptor

5.1.1 Sensibilidad

La sensibilidad se define comúnmente como la potencia mínima de señal que el sistema puede detectar. Como la potencia de cualquier señal cae en relación al cuadrado de la distancia (de una vía), es claro que la sensibilidad definirá el rango de la MLAT. Además, como la precisión del TOA es una función de la relación señal a ruido (SNR), esta afectará también la sensibilidad de la precisión del sistema.

5.1.2 Rango dinámico

El rango dinámico define qué niveles de potencia pueden detectarse de forma simultánea por parte de un receptor. Idealmente, un receptor debería tener el suficiente rango dinámico como para detectar simultáneamente aeronaves entre el máximo y mínimo rango requerido. Si esto no es posible, las señales de menor potencia se pueden perder (incluso cuando la potencia está por encima del nivel de sensibilidad) o un receptor puede estar enviando una compresión distorsionada en la señal de salida.

Por lo tanto, el rango dinámico y sensibilidad deben ser considerados conjuntamente a la hora de predecir la cobertura de un receptor.

5.1.3 Reloj

Fundamentalmente, mientras más rápida la tasa de velocidad de reloj, mayor será la precisión del TOA o medición del TDOA.

5.1.4 Retardo

El retardo de la señal entre la antena y la digitalización debe conocerse. Este retardo es mucho mayor para los sistemas de reloj común que para los sistemas de reloj distribuido,

pues la digitalización se produce después de que la señal ha sido transmitida al sitio central.

Se puede suponer entonces que el retardo de grupo se medirá y calibrará durante las actividades del sistema de puesta en marcha de cualquier MLAT. Por lo tanto, la principal área de preocupación es la precisión de esta calibración y cómo el retraso variará su uso.

Para este fin, el sistema debe estar diseñado para garantizar que los cambios de retardo son o bien calibrados o conocidos con variación del nivel de potencia recibida y la frecuencia, y los efectos ambientales tales como las variaciones de temperatura o envejecimiento, relacionados.

5.1.5 Antenas

5.1.5.1 *Elección de la antena*. La elección de la antena, tanto para SSR 1.090 MHz y señales GNSS, si se requiere, es crítica y se discute brevemente a continuación.

5.1.5.2 S*eñales para antena SSR*. La antena utilizada para las señales de SSR tiene tres parámetros fundamentales:

a) Ganancia pico, la cual, junto con la sensibilidad del receptor, define la cobertura del sistema;
b) Ganancia/haz de radiación, que debe ser adecuado para limitar el multitrayecto al tiempo que asegura una cobertura uniforme contra el ángulo de elevación. Si es necesario, las antenas no-omnidireccionales pueden ser utilizadas para incrementar el rango en una dirección dada; y
c) Ancho de banda, es importante para limitar el ruido fuera de banda y mejorar el rendimiento del sistema.

5.1.5.3 *Antena para señales GNSS*. Si un sistema utiliza la sincronización GNSS, es importante que se elija una antena apropiada para minimizar el efecto de trayectoria múltiple y la interferencia. También se requieren otros componentes de RF para reducir la reflexión interna y por lo tanto mejorar la VSWR.

5.2 Corrupción de la señal (respuestas/interrogaciones)

5.2.1 La señal del transpondedor recibida por el sistema puede estar sujeta a corrupción, y puede ser causada por una combinación de trayectos múltiples, distorsión e interferencia.

5.2.2 El multitrayecto puede causar varias copias de la misma señal que pueden ser generadas debido a los reflejos de objetos tales como el suelo, el agua, los edificios u otras aeronaves. La elección de la antena puede ayudar a reducir los múltiples trayectos.

5.2.3 Las pequeñas diferencias en un recorrido corto causan que la misma respuesta llegue múltiples veces con pulsos superpuestos. Típicamente, la señal que toma el camino más directo y más rápido tendrá un alto nivel de potencia que la señal de las trayectorias reflejadas. Estos pulsos se superponen pero atenuados provocan una distorsión en la

forma del pulso de la señal directa recibida y pueden tener un serio impacto en la precisión del TOA.

5.2.4 Las grandes diferencias en las trayectorias dan como resultado múltiples copias de la misma respuesta que se recibe. Si esto no se detecta, puede generar pistas fantasmas.

5.2.5 La distorsión o mutilación (garble) se produce cuando dos o más señales diferentes se reciben al mismo tiempo y en forma solapada. La probabilidad de "garble" se incrementa por una señal relacionada con la densidad de señal SSR en el entorno.

5.2.6 Ambos, trayectos múltiples y garble, tienen un impacto en la precisión de los receptores de multilateración y afectan la probabilidad de detección también. En muchos casos, especialmente con trayectos múltiples, la señal puede ser recuperada de forma suficiente para fines de identificación. Sin embargo, la deformación de la señal afecta a la exactitud de la medición de cualquier TOA o la correlación cruzada. La exactitud puede mantenerse al rechazar estas señales, pero a expensas de la probabilidad de detección.

5.2.7 Si se presentan niveles de interferencia más altos de lo esperado en un receptor, esto también puede degradar la exactitud. Esto es porque la SNR de la señal recibida tiene una influencia directa sobre la precisión. Si la SNR es particularmente pobre, la probabilidad de detección y la capacidad de decodificación también puede verse afectada. En general, los receptores de multilateración son relativamente estrechos en banda, y se limitan a las señales en 1.090 MHz, por lo que la interferencia está directamente dentro de banda (por ejemplo, otros sistemas operativos en la banda de 1 090 MHz) o en las bandas laterales no intencionales de otros sistemas (por ejemplo, el DME).

.

5.3 Línea de base del Sistema

5.3.1 La línea de base se define como la distancia entre los sitios adyacentes. La altura mínima que un MLAT puede ver a se rige por la línea de base de los receptores. Con un sistema MSSR, la altura mínima de cobertura se rige por el horizonte radar. Con un MLAT, deben tomarse en cuenta el horizonte del radar de múltiples receptores.

5.3.2 La altura mínima de detección se determina por el horizonte de los múltiples receptores. Una solución completa para 3D requiere de cuatro o más receptores para ver el objetivo. Si sólo tres receptores ven el objetivo, la posición se puede determinar si la información de altura está disponible desde otra fuente (por ejemplo, el modo C).

5.3.3 La Figura No. 17 muestra el impacto de la curvatura de la tierra en la visibilidad de una aeronave asumiendo un terreno plano y con los receptores a nivel del suelo. En este caso el objetivo es visible para R×0 y R×2 pero no para R×1. De esto se puede observar que cuanto mayor sea la línea de base receptora de una MLAT, peor será la cobertura de bajo nivel del sistema.

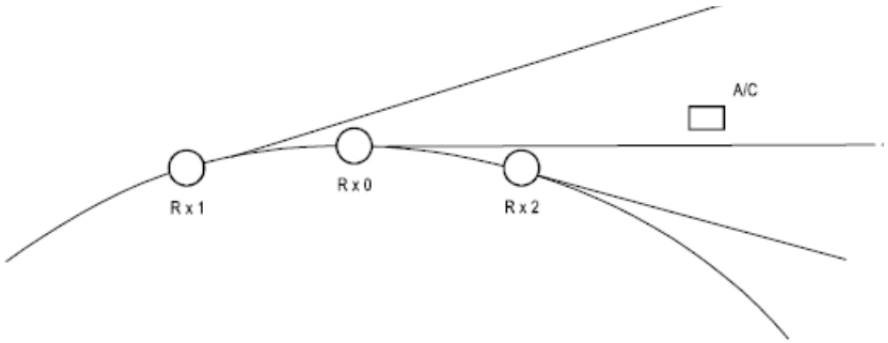


Figura No. 17 – Variación de la línea de vista con línea de base

5.3.4 El diseño más básico de multilateración es un sistema de cuatro receptores como se muestra en la Figura No. 18. En bases generales de referencia se utilizan 10-20 NM para lograr una cobertura de bajo nivel. Sin embargo, el impacto de las alturas del terreno y de la antena deben considerarse en cualquier instalación específica del sistema.

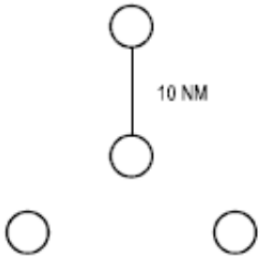


Figura No. 18 – Esquema básico de 4 receptores

5.3.5 El esquema básico se puede ampliar mediante la adición de receptores para aumentar el área de cobertura mientras se mantenga la cobertura de bajo nivel. La Figura No. 19 muestra una disposición de cinco receptores que ofrece un área de cobertura muy uniforme, y un sistema de seis receptores que ofrece un área de cobertura alargada. El sistema se puede extender a cualquier número de receptores para cubrir cualquier área, a pesar de que alguna arquitectura o configuración pueda limitar esto.

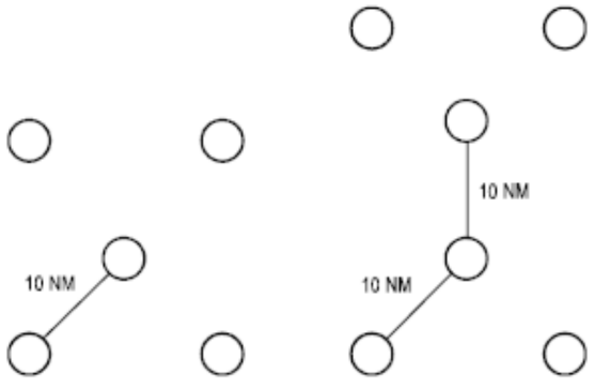


Figura No. 19 – Esquemas extendidos de 5 y 6 receptores

5.3.6 Para cubrir grandes áreas con múltiples receptores, hay que señalar que la forma de la GDOP define que ciertos diseños son más adecuados que otros (véase la Figura No. 20). No es simplemente un caso de identificación de la geometría con la densidad del receptor más bajo.

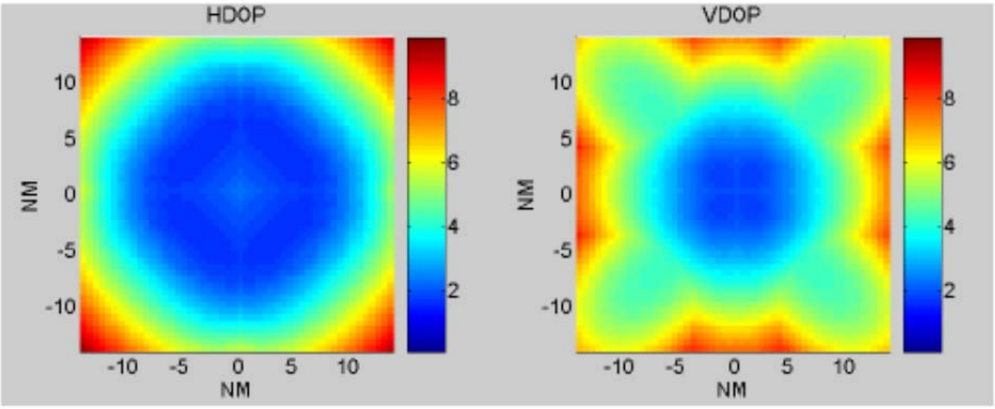


Figura No. 20 – GDOP para el esquema de receptores de la Figura No. 8

6 EJEMPLOS DE APLICACIONES WAM

6.1 Vigilancia En-Ruta

6.1.1 Esta aplicación implica vigilancia de largo alcance en altitudes típicas de 29.000 a 41.000 pies. Un sistema WAM típico con un diseño cuadricular de 5, una extensa línea de base de 60 NM y características técnicas vigentes, generalmente se considera adecuado para aplicaciones En-Ruta (ver Tabla No. 7):

Parameter	*Value*
Sensitivity	–85 dBm
Reply rate factor	2.5
Antenna	DME antenna with 3º squint
Bandwidth	22 MHz
Transmit power	24 dBW (typical SSR transmit power level)
Synchronization accuracy	1 ns

Tabla No. 7

6.1.2 La Figura 21 muestra la precisión frente a la cobertura tanto para el WAM antes mencionado y un MSSR calculados a una altitud de 35.000 pies. Observe que para la precisión horizontal, el MSSR no puede calcular la altura. Si es necesario, los receptores más periféricos de la WAM podrían añadirse a la línea de base de 60 NM para formar un pentágono, hexágono, etc. Sin embargo, esto generalmente se hace por razones de disponibilidad o cobertura, ya que no tendrá un impacto significativo en la exactitud, por lo tanto, no se muestra en la Figura 21.

Vigilancia

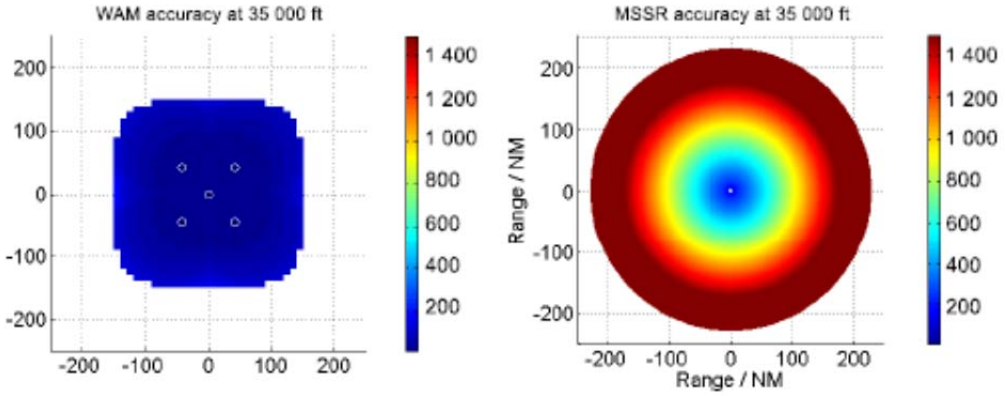


Figura No. 21 – Exactitud (ft) de WAM vs. SSR para vigilancia En-Ruta

6.1.3 Los “plots” en la Figura No. 21 asumen 1 nanosegundo de exactitud sincronizada, que se puede conseguir usando un método de sincronización por GNSS. Para las técnicas de precisión inferiores habrá cierta degradación en la precisión horizontal y una degradación más significativa en la precisión vertical.

6.1.4 El área blanca alrededor del borde de los “plots” WAM indica que el alcance máximo de la aeronave puede visualizarse; con líneas de base cortas esta área sin cobertura se reducirá, pero la precisión disminuirá rápidamente. El uso de un rango de 60NM se considera que es un buen compromiso entre estos dos requisitos opuestos, aunque hay que señalar que no todas las arquitecturas de sincronización podrían apoyar líneas de base de este tamaño. Sin embargo, esto reduce la cobertura total ya que no sólo se requiere que el sitio más cercano visualice la aeronave.

Por ejemplo, teniendo en cuenta el gráfico de la izquierda en la Figura No. 21, en la esquina noreste, no sólo el receptor más nororiental debe recibir el impulso de SSR, sino también los receptores en los sitios central y noroeste y sureste. Este efecto, común a todas las MLAT, implica que la cobertura estará limitada por cuestiones de línea de vista a distancias más cortas que un sistema de un solo sitio.

6.1.5 Con el fin de ampliar la cobertura WAM por encima de 180 NM aproximadamente, existen tres opciones:

a) formar una compuesta con sistemas continuos simples de muchos receptores, como se muestra en la Figura No. 22;

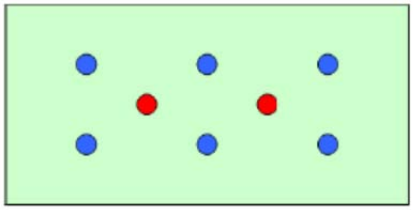


Figura No. 22 – Esquema extendido de múltiples-receptores

b) utilizar múltiples conjuntos de receptores similares como se muestra en la Figura No. 23; y,

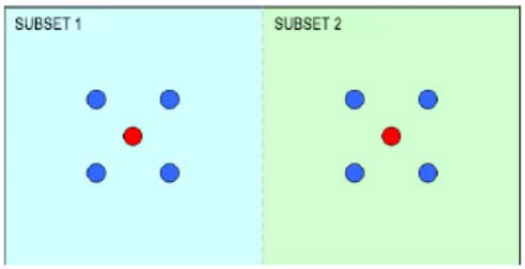


Figura No. 23 – Esquema extendido de sistemas múltiples

c) elevar en altura al sitio - esto es probable que también se requiera para un MSSR a fin de garantizar que la cobertura esté disponible para 250NM.

6.1.6 Cuando la cobertura se extiende a una gran distancia, más allá de la línea de base, es probable que la segunda opción sea más rentable con subconjuntos discretos de sitios para formarun sistema global. Un único sitio de procesamiento todavía se puede usar si la arquitectura de sincronización soporta las grandes líneas de base requeridas.

6.1.7 Es evidente que dentro del área de cobertura, el sistema WAM ofrece mucho mejor precisión que el MSSR, excepto a distancias muy cortas (<10 NM), donde se pueden obtener resultados similares (véase la Figura No. 21).

6.2 Vigilancia en Área Terminal (TMA)

6.2.1 La vigilancia en una Área Terminal necesariamente es menor en altitud y alcance en comparación con la vigilancia En-Ruta. La figura No. 24 muestra la precisión de un típico MSSR, y la Figura No. 25 muestra una serie de sistemas de WAM con diferentes líneas de base para rangos de hasta 60 NM, en ambos casos a 1.000 y 3.000 pies.

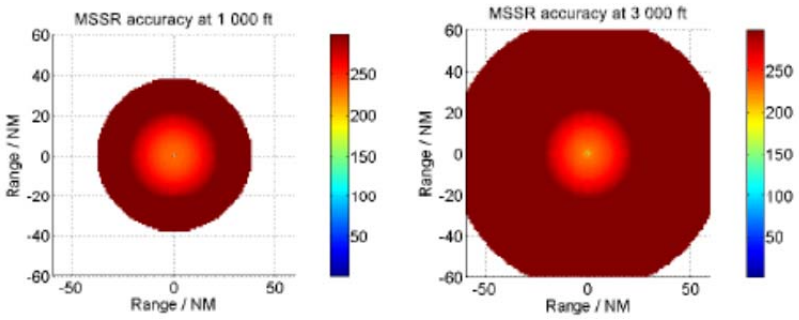


Figura No. 24 – Precisión (ft) de un MSSR en área terminal

6.2.2 Como se muestra en la Figura No. 25, donde existe una cobertura suficiente, un sistema WAM generalmente superará al MSSR en exactitud. A estas bajas alturas bajas, la visibilidad en línea de vista prevalece sobre los requisitos de sensibilidad y de antena.

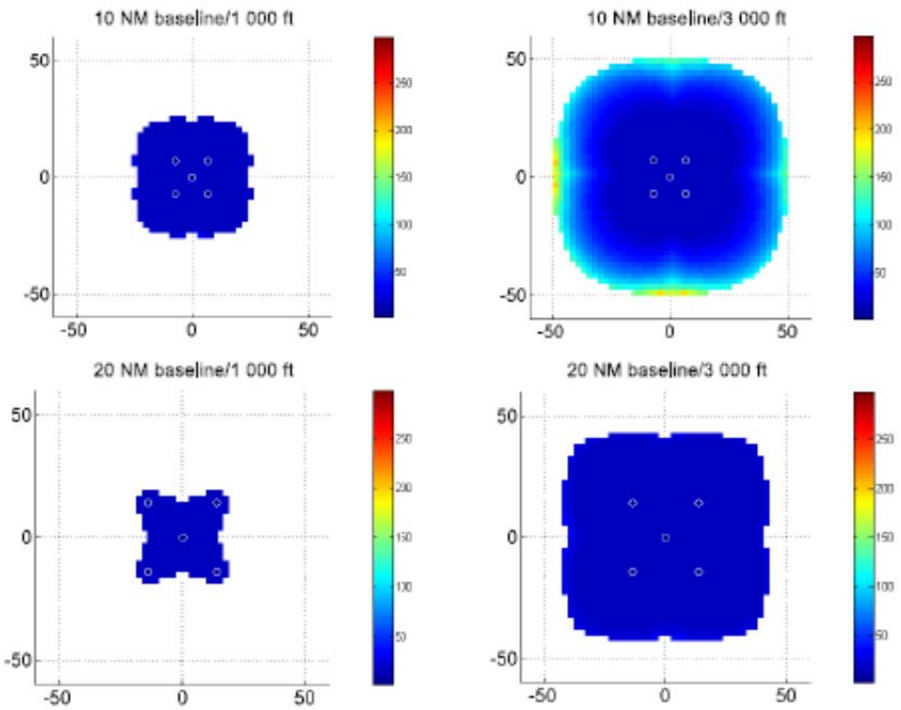


Figura No. 25 – Precisión (ft) de una WAM en área terminal

6.2.3 El gráfico de la Figura No. 26 ilustra la caída de la cobertura con el aumento de la línea de base asumiendo que la máxima distancia que un receptor puede ver es 38.9 NM (1.000 pies basado en el factor de radio de tierra equivalente a 4/3). Se puede observar que para que una aeronave a 1.000 pies, una línea de base de longitud cero proporciona un alcance máximo de 38,9 NM. A medida que aumenta la línea de base, el rango del sistema a 1.000 pies se reducirá. Cuando la línea de base alcanza 38,9 NM, ya no es posible ver una aeronave a 1.000 pies, ya que el número de receptores que verán la aeronave es insuficiente.

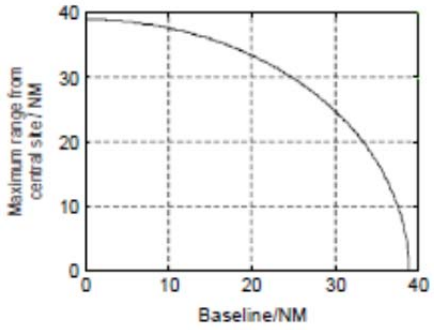


Figura No. 26 – Máxima cobertura a 1.000 ft con un incremento de la línea de base

6.3 Validación del rendimiento de ADS-B

Una WAM puede ser usada para monitorear el desempeño de los sistemas ADS-B. Hay un número de funciones que podría desempeñar multilateración, tales como:

a) *Verificación de la precisión de navegación*. Los datos ADS-B se contrastarán con los datos de multilateración para verificar el rendimiento del seguimiento de un objetivo con la aviónica de la aeronave;
b) *Comprobar la integridad ADS-B*. La WAM se puede utilizar para controlar la integridad de ADS-B como una técnica de vigilancia. Esto se podría hacer para reunir datos de algún estudio de seguridad y para controlar la integridad de los sistemas en servicio. Por ejemplo, un sesgo en la posición de una aeronave es un problema de seguridad grave para los ADS-B sólo de vigilancia, sin embargo, un sistema WAM podía identificar esto inmediatamente;
c) *Anti-spoofing*. Un ADS-B es vulnerable a la suplantación de identidad. Los sistemas WAM pueden utilizarse para identificar a una aeronave genuina y a la fuente de transmisiones falsos; y,
d) *Camino de migración a la ADS-B*. La WAM puede proporcionar vigilancia aeronáutica similar al tipo de vigilancia MSSR existente. Además, cada receptor puede funcionar como un receptor ADS-B a 1.090MHz que provee datos para vigilancia, tanto para el tráfico ADS-B como para el no ADS-B.

SECCIÓN III

IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN

INTRODUCCIÓN

Hasta esta parte de la guía, se han definido y descrito los sistemas de vigilancia y la multilateración, conforme a los documentos de la OACI, de ahora en adelante se revisa la gestión de la multilateración como sistema, el manejo de un proyecto de implantación, la experiencia en procesos similares y otros elementos como los recursos, sitios, proveedores y clientes que suman sus esfuerzos para implantar un servicio específico de vigilancia con un sistema de multilateración.

Al partir de lo expuesto, se busca también la calidad de servicio requerida por los usuarios y clientes de este sensor para vigilancia aeronáutica, por lo que se toma como una metodología de actuación lo que dice el ITIL (Information Technologies Infrastructure Library) sobre lo que es un servicio:

Un servicio es un medio para entregar valor a los clientes facilitándoles un resultado deseado sin la necesidad de que estos asuman los costes y riesgos específicos asociados.

Con esto podemos iniciar también la descripción de la guía de implantación de un sistema de multilateración, tomando como base lo que es el ciclo de vida de un sistema en general, y, aplicando estos conceptos para el desarrollo de la servicio de entrega de datos de vigilancia aeronáutica suministrados por un sistema de multilateración.

1. GENERALIDADES DEL CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA

1.1 Conceptos preliminares

¿Qué es ITIL?

ITIL es esencialmente una serie de documentos que se usan para ayudar en la implantación de una estructura fundamental de soporte para la Gestión de los Servicios de Tecnologías Informáticas u otras tecnologías similares. Esta estructura fundamental de apoyo personalizada define como se aplica dentro de la organización la gestión de los servicios.

A pesar de que ITIL fue creada originalmente por la CCTA, una agencia gubernamental del Reino Unido (UK), ahora está siendo adoptada y usada mundialmente como un estándar de facto para las mejores prácticas en la provisión de servicios de tecnologías informáticas. Por

otra parte y aunque la cobertura de ITIL es para numerosas áreas, principalmente se enfoca a la Gestión de Servicios de IT.

El ITIL estructura la gestión de los servicios sobre el concepto de **Ciclo de Vida de los Servicios**. Este enfoque tiene como objetivo ofrecer una visión global de la vida de un servicio desde su diseño hasta su eventual abandono sin por ello ignorar los detalles de todos los procesos y funciones involucrados en la eficiente prestación del mismo.

1.2 Ciclo de vida de los servicios

En forma gráfica, puede verse los ciclos de vida como una rueda que gira en forma continua (tomado de http://itilv3.osiatis.es/ciclo_vida_servicios_TI.php) mientras el servicio está vigente.

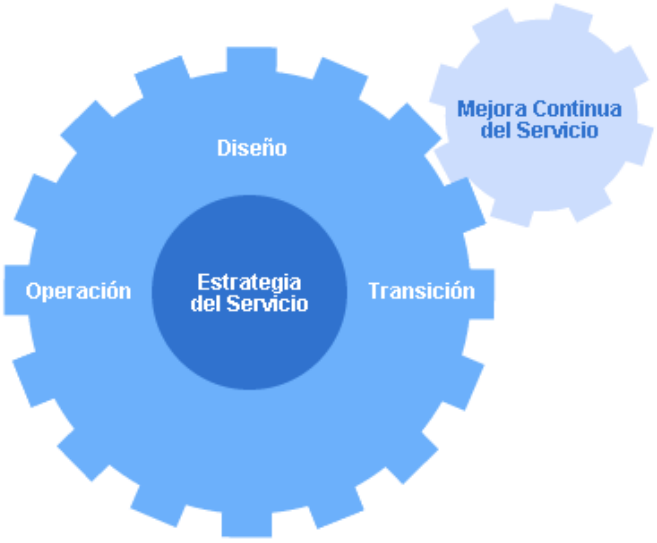


Figura No. 27 – Ciclo de vida de un servicio

ITIL distingue **cinco grupos de procesos** que tienen lugar a lo largo del ciclo de vida de un servicio:

1.2.1 **Estrategia de servicio**: Tiene que ver con la selección, la definición y el posicionamiento de los servicios que se ofrecen o van a ofrecerse. Su principal objetivo es **alinear los servicios con las necesidades de negocio** del cliente para asegurar la aportación de valor añadido. Incluye los procesos de gestión del portfolio de servicios, gestión de la demanda y gestión financiera.

1.2.2 **Diseño del servicio**: Se refiere al **diseño del servicio y de los elementos que le darán soporte**. Incluye la gestión del catálogo de servicios, del nivel de servicio, de la disponibilidad del servicio, de la capacidad del servicio, de la continuidad del servicio, de la seguridad del servicio y de la gestión de proveedores.

1.2.3 **Transición del servicio**: Tiene que ver con la **introducción de nuevos servicios y la gestión de cambios en los servicios ya ofrecidos**. Incluye los procesos de gestión de cambios, gestión de configuración, gestión de entregas e implantación, la planificación de la transición, validación y testeo, evaluación y gestión del conocimiento.

1.2.4 **Operación del servicio**: Se refiere a la fase en que el servicio está operando y **se ocupa de que el servicio opere dentro de los parámetros definidos**. Algunos de los procesos incluidos son: gestión de incidencias, gestión de problemas, gestión de eventos, gestión de peticiones de servicio y la gestión de accesos.

1.2.5 **Mejora continua**: En ITIL **la mejora continua está guiada por el ciclo de Deming PDCA** (Plan-Do-Check-Act) **y se hace especial énfasis en la importancia de unas métricas adecuadas** para controlar de forma objetiva el desempeño e introducir las medidas correctivas adecuadas.

2. ESTRATEGIA (SERVICIO DE VIGILANCIA)

Principio:

Define el posicionamiento de los servicios que van a ofrecerse, ya sea como nuevos o como reemplazos de un servicio similar. El principal objetivo de la estrategia es **alinear los servicios con las necesidades de negocio** del usuario/cliente a fin de asegurar un valor añadido para ellos. Para el efecto, se analiza lo siguiente:

2.1 Servicio a entregarse y su objetivo

- Los Servicios de Control del Tránsito Aéreo requieren de una visualización de la situación del tránsito de aeronaves en el espacio aéreo bajo su responsabilidad, para incrementar la eficacia de conciencia situacional de ese tránsito y, adicionalmente se puede reducir la separación entre aeronaves para agilitar el servicio.

  Implica que con la información que proporcionan los sistemas de vigilancia aeronáutica, es factible mejorar la efectividad del ATC para todos los usuarios/clientes directos e indirectos (pilotos).

- El valor agregado es significativo, pues los datos de posición de una aeronave es una información muy apreciada para los Controladores de Tránsito Aéreo, como usuarios del servicio, para conocer la situación de las aeronaves en el espacio aéreo que controlan en tiempo real.

  El valor agregado, dicho de otra manera, es incrementar significativamente la seguridad operacional con los datos a entregar y esto constituye el objetivo final dentro de la estrategia de los sensores de vigilancia.

- Los clientes, como se puede notar, son los proveedores de servicios para la navegación aérea del sector de Control del Tránsito Aéreo y se espera, como ya se mencionó, el incremento de la seguridad operacional y la agilidad del tránsito que se atiende en el espacio aéreo de su responsabilidad.

- Los usuarios del ATC, a su vez, para incrementar la importancia del sensor de vigilancia, requieren ver la información de una aeronave de manera continua y que igual suceda con todas las aeronaves en el espacio aéreo o ruta para ser dirigidos de la mejor forma y que se sientan cómodos y confiados con la guía de ese ATC.

- Se puede considerar este servicio de vigilancia aeronáutica como prioritario, pues la seguridad operacional es para evitar incidentes o accidentes que puedan generar la pérdida de vidas humanas, y también de recursos materiales.

- No se estima necesario calcular el retorno a la inversión, pues es un servicio público que además puede diferir mucho en su gestión financiera en cada caso o Estado y, por otra parte, no existe competencia por ser un servicio mayormente público.

Causas negativas que pueden afectar a un servicio:

- *Pérdida de control del proceso*, por falta de parámetros bien definidos en la entrega de datos de vigilancia o por falta de recursos humanos, materiales o financieros.

- *Calidad degradada del servicio*, con referencia a un nivel previamente acordado del mismo, debido a los equipos de mala calidad o falta de recursos del proveedor del servicio.

- *Costos onerosos de equipo y mantenimiento*, si estos son obsoletos, de mala calidad o el proveedor tiene solo costos de oportunidad. Pero no debe confundirse con el hecho de que la gestión del servicio no recupera los costos de inversión y, consecuentemente, no se cuenta con recursos para su renovación o su mantenimiento normal.

2.2 Tecnología para la entrega del servicio de vigilancia

- La tecnología para vigilancia existe, y, al menos en los sensores, están basados en varias técnicas para adquirir los datos requeridos. Lo fundamental para cualquiera de estos mecanismos es obtener el dato de posición de la aeronave, al menos en dos dimensiones (2D).

- Los sistemas para vigilancia aeronáutica civil actuales y que utilizan diferentes técnicas son: radar secundario Modo S; Multilateración; y, ADS/B.

- Cabe destacar en este punto lo que se estableció en la **PLAN DE IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA DE NAVEGACIÓN AEREA BASADO EN RENDIMIENTO PARA LA REGION SAM,** Versión 1.4, noviembre 2013, respecto a la evolución de los sistemas de vigilancia, en el sentido de que la estrategia para esa implantación será llegar a utilizar el ADS/B desde los sistemas de radar, con una transición en los sistemas MLAT/WAM.

- Por otra parte y dependiendo de la técnica del sensor es factible obtener más información, tal como la posición en tres dimensiones (3D), coordenadas de la aeronave o datos adicionales de la aeronave.

NOTA 1.- Primera premisa: El servicio es útil por el objetivo a alcanzarse y existe la tecnología necesaria para soportar ese servicio. Esto implica que la tecnología se alinea con el negocio, cumpliéndose el primer paso del ciclo de vida y lo hace con los detalles que se describen a continuación y tomando en cuenta el plan de la Región para la evolución descrita.

2.3 ***Línea de base del servicio***

- ***Conforme a los criterios revisados y que son parte de las buenas prácticas del ITIL, es un argumento fundamental (para un servicio de vigilancia aeronáutica en un espacio aéreo donde se desarrollan operaciones aéreas) la cobertura de este servicio.***

- También es importante la disponibilidad, continuidad y capacidad del servicio, pero se iniciará siempre con la cobertura deseada.

Se puede notar entonces que **e**l servicio es factible y existe en la industria actual, por lo que es necesario ahora establecer y solicitar todo tipo de garantías de servicio a lo largo de la vida útil del sistema, a cualquier fabricante.

2.4 ***Tecnología adecuada a los requerimientos***

Si hay 3 tipos de sistemas para vigilancia aeronáutica utilizados en la práctica (SSR-MLAT/WAM-ADS), entonces surge la pregunta, cuál de ellos es el más adecuado para las necesidades del ATC. Para resolver esto planteamos las siguientes preguntas:

2.4.1 La cobertura requerida para vigilancia es para: ¿un aeródromo o zona reducida (Referencia: 0-5 NM)?; ¿un área terminal o zona amplia (Referencia: 0-50NM)?; o, ¿En-Ruta (Referencia: mayor a 50NM)? Las zonas más extensas pueden contener a las zonas más pequeñas.

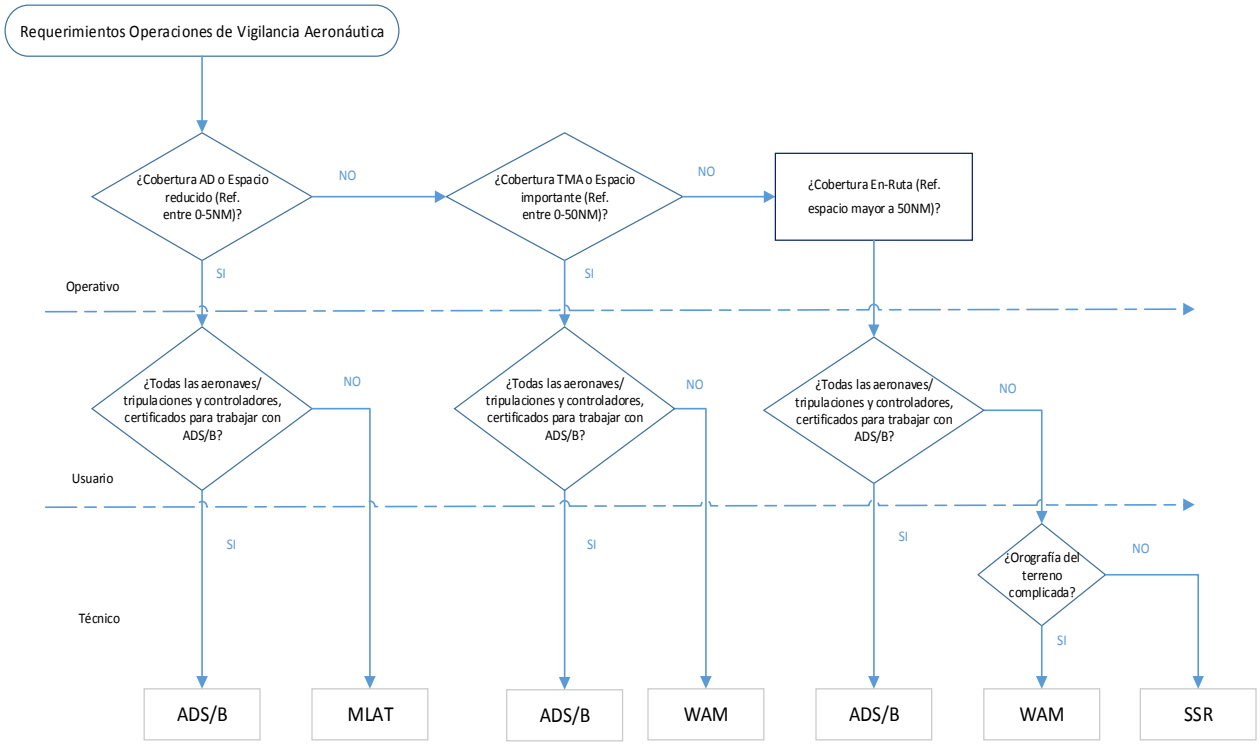
2.4.2 ¿Cuál es la cantidad de flujo de aeronaves que tiene un transponder con capacidad de generar Extended Squitter (ES) y que la tripulación de las aeronaves está preparada para gestionar el ADS/B? Se asume que todas las aeronaves tienen un transponder útil.

2.4.3 ¿Existen sistemas de vigilancia circundantes al sitio donde se instalará el nuevo sistema de vigilancia? ¿Existen sistemas que utilizan radio frecuencia en las cercanías de los sitios donde se instalarán los sistemas de vigilancia requeridos? Esto debe considerarse para determinar si es factible o no el sitio para instalar los sistemas de vigilancia.

2.4.4 ¿El proveedor de los servicios de vigilancia es interno de la organización o es externo a la organización?

2.5 Estrategias para la implantación:

2.5.1 La primera y segunda respuestas puede obtenerse del diagrama de flujo general que se presenta a continuación:



Como la guía es sobre un sistema de multilateración, asumimos que se ha escogido este tipo de sensor, debido a que:

- La cobertura para espacios no mayores a 50NM tiene los sitios adecuados y en número suficiente para la implantación de un sistema de multilateración de alcance extendido (WAM). Aunque debe advertirse que se estima que el proyecto factible para medianas o grandes extensiones (mayores a 50NM), su complejidad podría incrementarse considerablemente.

- El tráfico del espacio aéreo o ruta que se ha solicitado tenga cobertura de vigilancia, no está preparada para generar los ES que servirán para los receptores ADS/B, ni los pilotos y controladores están certificados para gestionar esta facilidad.

Cabe señalar que el número de estaciones puede variar significativamente por el alcance de cobertura, tipo de terreno, redundancia requerida, y los costos asociados. Para precisar estos parámetros, es necesario elaborar los diagramas de cobertura con las herramientas informáticas que debe proporcionar el fabricante.

Lo único seguro es que podamos decir que un MLAT/WAM debe tener como mínimo 5 estaciones, porque son cuatro indispensables con al menos una estación para redundancia.

Por ejemplo, la herramienta utilizada por la empresa Indra es propia, aunque existe entendemos una herramienta comercial denominada EMACS de la empresa IDS.

2.5.2 La tercera respuesta se puede obtener de las estadísticas de movimientos de aeronaves en el espacio aéreo que se mantendrá o implantará la vigilancia aeronáutica, que estén equipadas con transponders que pueden generar ES y que la tripulación de a bordo, al igual que los controladores de tránsito aéreo, sean capaces de gestionar la facilidad ADS/B. Debe considerarse una proyección de al menos 10 años, que es la vida útil mínima de los sistemas de vigilancia.

2.5.3 ¿Existen sistemas de vigilancia circundantes al sitio donde se instalará el nuevo sistema de vigilancia? Actual y futuro.

Si no existen sistemas de vigilancia circundantes, esto facilita el proceso de interrogación/respuesta, pues no se esperaría sobrelapamientos o coincidencias en las señales digitales que conllevan datos.

Si existen sistemas de vigilancia cercanos, habrá que flexibilizar la configuración de interrogaciones a un nivel óptimo en frecuencia y establecer las identificaciones de cada sensor para evitar datos erróneos en general.

2.5.4 ¿Existen sistemas que utilizan radio frecuencia en las cercanías de los sitios donde se instalarán los sistemas de vigilancia requeridos? Actual y futuro.

Si no existen sistemas de radiofrecuencia, lo cual debe verificarse en cada sitio de las estaciones MLAT y en especial en la estación central, se espera que las señales de interrogación/respuesta para la vigilancia no se degraden o se interfieran.

Si existen equipos que utilizan radiofrecuencias en las estaciones, es fundamental conocer el valor de esas frecuencias para estudiar las posibles armónicas y los productos de

intermodulación que se puedan generar en el sitio. Con los resultados se puede analizar si existen afectaciones a las frecuencias de vigilancia en 1.030 y 1.090 MHz y a las frecuencias de los enlaces de radio para el traslado de datos.

2.5.5 ¿El proveedor de los servicios de vigilancia es interno de la organización o es externo a la organización?

Usualmente no pasa, al menos para las autoridades aeronáuticas nacionales, que el proveedores de los datos de vigilancia generados por sensores SSR/MLAT/ADS, sea un proveedor externo.

Por lo anterior, es factible tener un control más directo sobre los procesos de generación y traslado de datos, sin embargo, es indispensable generar un acuerdo de nivel de servicio para mantener los parámetros de actuación dentro de este nivel para no afectar la seguridad operacional.

De lo que se expone, independientemente del proveedor, siempre es mejor tener una lista de parámetros de funcionamiento para la entrega/recepción de datos, que requiere el proceso de visualización para el ATC y que debe entregar el proveedor de los datos de vigilancia.

2.6 Factibilidad Tecnológica de componentes asociados para MLAT/WAM

Se puede decir también que es factible disponer de:

- Equipos informáticos y telecomunicaciones sin consideraciones especiales en la parte de software y en la parte de software de base
- Software de aplicación disponible, aunque de fabricantes específicos para ATC
- Herramientas de configuración para los sensores de vigilancia y para calibración de sistema de telecomunicaciones, están disponibles de manera genérica y específica.

Esta factibilidad apoya la implantación, calibración, configuración y puesta en marcha de un sistema de multilateración en cualquier sitio donde se haya definido su utilidad.

2.7 Confirmación de la operación del nuevo sistema propuesto:

- Demostrar que el sistema funciona conforme a los requerimientos operacionales que soporten el objetivo inicial;
- Demostrar que las diferentes fallas que se han presentado han sido analizadas y corregidas;

NOTA 2.- Por lo que se ha definido en la ESTRATEGIA DE SERVICIO y el haber escogido un sistema de Multilateración como soporte para la vigilancia aeronáutica, a continuación se diseña el servicio para este tipo de sensor.

3. DISEÑO DEL SERVICIO

Principio:

D**iseña el servicio y los elementos de soporte**. Para este caso, el nivel de servicio, la disponibilidad, capacidad, continuidad y la seguridad del servicio, y la gestión de proveedores en el entorno. En el desarrollo del diseño se considera lo siguiente:

Para el caso específico del servicio de provisión de datos de un sensor como es la MLAT/WAM, a continuación se presenta un diagrama de bloques que ilustra los fundamentos del Diseño del Servicio, para luego desarrollarlos en forma individual.

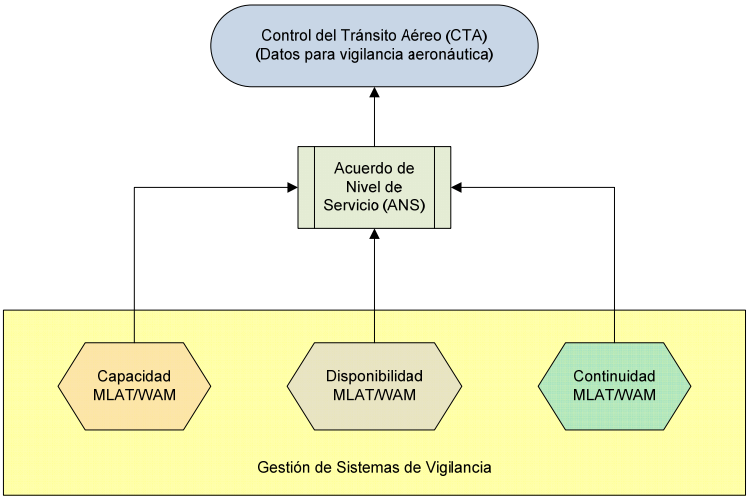


Figura No. 28

Para el efecto, se asume lo siguiente: todas las aeronaves que operarán en el espacio aéreo que cubre el sistema de multilateración cuentan con un transponder útil; y, se ha definido previamente la cobertura requerida en el espacio aéreo para el ATC.

3.1 Nivel de Servicio

El Acuerdo de Nivel de Servicio (ANS) debe recoger en un lenguaje no técnico, o cuando menos comprensible para el cliente, todos los detalles de los servicios brindados. Tras su firma, debe considerarse el documento de referencia para la relación con el cliente en todo lo que respecta a la provisión de los servicios acordados, por tanto, es imprescindible que

contenga claramente definidos los aspectos esenciales del servicio tales como su descripción, disponibilidad, niveles de calidad, tiempos de recuperación, etc.

Al efecto se hace una lista referida a la provisión de datos de multilateración para el usuario/cliente final: **Participantes: ATM – CNS**

Detalle del Servicio: Información generada por el Sensor de Vigilancia MLAT-WAM

- Componentes básicos:

  - Procesador central (PC)
  - Ruteador central (RuC)
  - Estación receptora (ERx)
  - Antena receptora (ARx)
  - Antenas GPS (AGPS)
  - Ruteador remoto (RuR)
  - Estación receptora/interrogadora (ERI)
  - Antena interrogadora (AIx)
  - Estación interrogadora (EIx)
  - Enlace de Radio (ODU-IDU)
  - Antena enlace de radio (AERF)
  - Equipo eléctrico de respaldo (EER)
  - Control remoto (CREM)

- Parámetros del servicio

No.	*Concepto*	*Acuerdo*	*Observaciones*
1	**Horario Servicio**	24x7	
2	**Respuesta del Servicio:**		
	Dato aeronave	< 1 segundo	
3	**Tipos de Fallas:**		
	Pérdida de la señal	< 10 segundos	
	Señales fantasmas	< 10 segundos	
4	**Disponibilidad de Datos:**		
	MLAT-WAM	98%	
5	**Errores en el Servicio:**		
	MLAT-WAM	< 20m horizontal < 40m vertical	
6	**Mantenimiento Preventivo Programado**		
	MLAT-WAM	Cada mes	Incluye limpieza física

7	**Mantenimiento Correctivo**		
7.1	**Tiempo Respuesta a Fallas**		
	MLAT-WAM	< 5 minutos	
	Sistema eléctrico	< 5 minutos	
7.2	**Tiempo Solución a fallas**		
	MLAT-WAM	Mínimo < 60 minutos	Depende de la falla y sitio
	Sistema eléctrico	Mínimo < 60 minutos	Depende de la falla y sitio
8	**Seguridad del servicio**		
	MLAT-WAM	95%	Datos
9	**Revisión Servicio**		
	MLAT-WAM		
	Horario	Inicial cumplido	Nueva fecha de revisión
	Respuesta	Inicial cumplido	Nueva fecha de revisión
	Fallas	Inicial cumplido	Nueva fecha de revisión
	Disponibilidad	Inicial cumplido	Nueva fecha de revisión
	Errores	Inicial cumplido	Nueva fecha de revisión
	Mantenimiento Preventivo	Inicial cumplido	Nueva fecha de revisión
	Mantenimiento Correctivo	Inicial entendido	Nueva fecha de revisión
	Seguridad	Suficiente	Nueva fecha de revisión
10	**Administración de cambios**		
	Solicitud de Cambio	Permitido	
	Cambios sin costo	Aplica de inmediato	
	Cambios con costo	Estudio de presupuesto	
11	**Hojas de Enmiendas**		
	Novedades Servicio	Registro Formal	
12	**Soporte Técnico**		
	Datos del Responsable	Responsable Vigilancia; Teléf. + xxx (x) xxx xxxx;	nombre. apellido@dominio.xx
	Datos Alternos Proveedor	Teléf. + yyy (y) yyy yyyyy;	nombre.apellido@dominio.xx
	Tiempo Respuesta	< 1 hora	Horario Administrativo

3.2 Capacidad

La capacidad se define como el dimensionamiento correcto en la cobertura requerida de los servicios, con el cual se logra para alcanzar el objetivo del negocio en forma perfecta. El dimensionamiento no debe tener un exceso o defecto, al tomar como referencia la línea de base del diseño previamente definido.

Sin un correcto dimensionamiento, los recursos no se aprovechan adecuadamente y se realizan inversiones innecesarias que acarrean gastos adicionales de mantenimiento y administración. O aún peor, los recursos son insuficientes con la consecuente degradación de la calidad del servicio.

Para la MLAT/WAM, la capacidad se mide en la cantidad de cobertura que tiene en el espacio aéreo, esto es, el alcance de sus señales asociadas para obtener el producto que se espera del sistema de manera adecuada y para aplicación de vigilancia aeronáutica. Esta cantidad debe ser comparada por la cantidad de cobertura especificada por el proveedor del servicio.

El cálculo teórico de la cobertura se la hace mediante las herramientas informáticas específicas. Esto nos proporciona los datos para establecer la capacidad del sensor y predice el grado de confiabilidad de la información utilizando la dilución de precisión horizontal y vertical en el área de cobertura.

Parte A: Capacidad teórica para una cobertura de una WAM (0-40NM)

Recurso	**Alcance o capacidad**	**Observaciones**
Cobertura total (COB)	40 NM	
Procesador central (PC)	N estaciones remotas	N = número de estaciones
Ruteador central (RuC)	N puertos	N = número de estaciones
Estación receptora (ERx)	Modo S	
Antena receptora (ARx)	0-40NM	
Antenas GPS (AGPS)	Circular	
Ruteador remoto (RuR)	4 puertos	
Estación interrogadora (EIx)	Modo S	
Antena interrogadora (AIx)	0-40NM	
Enlace de Radio (ODU-IDU)	2 Mbps	
Antena enlace de radio (AERF)	0-20NM	
Equipo eléctrico respaldo (EER)	5 Amperios	

Nota: Si la cobertura es menor, el alcance de las antenas estarían acorde a la cobertura requerida, al igual que las estaciones remotas necesarias para atender esa cobertura.

Parte B: Capacidad medida

Recurso	Alcance o capacidad	Observaciones
Cobertura total (COB)	40 NM	
Procesador central (PC)	N estaciones remotas	N = número de estaciones
Ruteador central (RuC)	N puertos	N = número de estaciones
Estación receptora (ERx)	Modo S	
Antena receptora (ARx)	0-40NM	
Antenas GPS (AGPS)	Circular	
Ruteador remoto (RuR)	4 puertos	
Estación interrogadora (EIx)	Modo S	
Antena interrogadora (AIx)	0-40NM	
Enlace de Radio (ODU-IDU)	2 Mbps	
Antena enlace de radio (AERF)	0-20NM	
Equipo eléctrico respaldo (EER)	5 Amperios	

3.3 Disponibilidad

La disponibilidad del sensor para vigilancia aeronáutica es el contar con los datos que proporciona el sistema MLAT/WAM de manera cierta (detecta una aeronave) y correcta, en forma permanente, en particular cuando los usuarios deseen hacer uso de ellos. Para esto, es necesario garantizar el nivel de disponibilidad del servicio, monitorizando la disponibilidad del sistema y sus componentes.

La disponibilidad puede medirse por el porcentaje de tiempo sobre el total acordado, en el cual el servicio MLAT/WAM ha sido accesible al usuario y ha funcionado correctamente.

Parte A

Recursos MLAT/WAM	Disponibilidad Requerida [%]	Observaciones
Procesador central (PC)	99	Crítico
Ruteador central (RuC)	99	Crítico
Estación receptora (ERx)	99	Crítico
Antena receptora (ARx)	99	Crítico
Antenas GPS (AGPS)	95	
Ruteador remoto (RuR)	95	
Estación interrogadora (EIx)	95	
Antena interrogadora (AIx)	95	
Enlace de Radio (ODU-IDU)	95	
Antena enlace de radio (AERF)	95	
Equipo eléctrico respaldo (EER)	95	
Control Remoto (MCR)	80	

Disponibilidad Esperada = Disp. PC * Disp. RuC * ……. *Disp. AERF * Disp. EER = 0,67
La Disponibilidad TOTAL ESPERADA es del 67%.

Parte B: Disponibilidad Medida

Recursos MLAT/WAM	Disponibilidad Medida [%]	Observaciones
Procesador central (PC)	99	Crítico
Ruteador central (RuC)	99	Crítico
Estación receptora (ERx)	99	Crítico
Antena receptora (ARx)	99	Crítico
Antenas GPS (AGPS)	95	
Ruteador remoto (RuR)	95	
Estación interrogadora (EIx)	95	
Antena interrogadora (AIx)	95	
Enlace de Radio (ODU-IDU)	95	
Antena enlace de radio (AERF)	95	
Equipo eléctrico respaldo (EER)	95	
Control Remoto (MCR)	80	

Disponibilidad Medida = Disp. MLAT/WAM = 0,67

La Disponibilidad TOTAL MEDIDA es del 67%. Igual a la esperada, entonces el sistema MLAT está dentro de los parámetros aceptables de funcionamiento.

Parte C: Impacto a usuarios

AIFC (Análisis de Impacto por Falla de Componente)			
Ítem	**FVN** **F**unción **V**ital del **N**egocio	**Usuarios Directos**	**MTBF (horas)**
Procesador central (PC)	Si	10	40.000
Ruteador central (RuC)	Si	10	40.000
Estación receptora (ERx)	Si	10	40.000
Antena receptora (ARx)	Si	10	40.000
Antenas GPS (AGPS)	Si	10	40.000
Ruteador remoto (RuR)	Si	10	40.000
Estación interrogadora (EIx)	Si	10	40.000
Antena interrogadora (AIx)	Si	10	40.000
Enlace de Radio (ODU-IDU)	Si	10	40.000
Antena enlace de radio (AERF)	Si	10	40.000
Equipo eléctrico respaldo (EER)	Si	10	40.000
Control Remoto (MCR)	No	4	20.000

3.4 Continuidad

La **Continuidad del Servicio** tiene relación con las medidas a tomarse para impedir una interrupción imprevista del servicio MLAT/WAM se produzca, debido a fallas de elementos o

componentes del sistema, y esto tenga consecuencias importantes para el ATC. Para el efecto se combina equilibradamente procedimientos:

1. proactivos: que buscan impedir o minimizar las consecuencias de una interrupción del servicio (ejemplo: simplificación de caminos de datos para evitar eslabones en la cadena de fallas); y,
2. reactivos: cuyo propósito es reanudar el servicio tan pronto como sea posible (y recomendable) tras la falla del sistema.

Parte A: Riesgos

Amenazas Leyenda: Bajo = B; Medio = M; Alto = A

Equipo / Componente	Amenaza	Riesgo			Prevención	Mitigación
		B	M	A		
Estación Central	Falla Energía	X			UPS / Baterías	Grupo Electrógeno
	Vandalismo	X			Seguridades Edificio	Guardias Seguridad
	Incendio	X			Detector de humo	Bomberos
	Daño físico	X			Instalación adecuada	Reforzar seguridades
Estación Receptora Remota	Falla Energía	X			UPS / Baterías	Grupo Electrógeno
	Vandalismo		X		Cerramiento malla	Guardias Seguridad
	Incendio	X			Detector de falla	
	Daño físico	X			Instalación adecuada	Reforzar seguridades
Estación Interrogadora Remota	Falla Energía	X			UPS / Baterías	Grupo Electrógeno
	Vandalismo		X		Cerramiento malla	Guardias Seguridad
	Incendio	X			Detector de falla	
	Daño físico	X			Instalación adecuada	Reforzar seguridades

Vulnerabilidades

Equipo / Componente	Vulnerabilidad	Riesgo			Prevención	Mitigación
		B	M	A		
Estación Central	Falla selección componente			X	Estudio previo especificaciones	Reemplazo
	Falla Equipo		X		Redundancia	Reemplazo
	Error Humano	X			Téc. Especializados	Capacitación recurrrente
	Daño casual	X			Procedimientos	Concienciación
Estación Receptora Remota	Falla selección componente			X	Estudio previo especificaciones	Reemplazo
	Falla Equipo		X		Redundancia	Reemplazo
	Error Humano	X			Téc. Especializados	Capacitación recurrrente
	Daño casual	X			Procedimientos	Concienciación
Estación Interrogadora Remota	Falla selección componente			X	Estudio previo especificaciones	Reemplazo
	Falla Equipo		X		Redundancia	Reemplazo
	Error Humano	X			Téc. Especializados	Capacitación recurrrente
	Daño casual	X			Procedimientos	Concienciación

Parte B: **Plan de Recuperación**

1	**Documento de Control**

Concepto	**Definido**	**Cambios**	**Fecha último cambio**
Distribución	Si	No	
Revisión	Si	No	
Aprobación	Si	No	

2	**Información de Soporte**

Inicial	**Definido**	**Observaciones**
MLAT/WAM		
Revisión Visual del Equipo	Si	
Revisión Visual de Alarmas	Si	
Revisión de Conexiones	Si	
Determinación Falla de Servicio	Si	
Diagnóstico Falla Equipo/Proceso	Si	
Inicio corrección de Falla	Si	
Verificación correcciones	Si	
Pruebas de Funcionamiento	Si	
Puesta en Servicio	Si	

3	**Estrategia de Recuperación**	**Definido**	**Observaciones**
	MLAT/WAM		
	Sistema Redundante	Si	
	Retorno a último estado normal	5 minutos	automático
	Equipo Alterno	No	
	Tiempo requerido de recuperación	15 minutos	automático
	Tiempo de recuperación	1 hora	manual

4	**Invocación**	**Definido**	**Cumplido**
	Técnico de Turno	Si	
	Supervisor	Si	
	Jefe de Área	Si	

5	**Guía General**	**Definido**	**Cumplido**
	Mantener la calma	Si	
	Evitar conversaciones largas	Si	
	Información precisa	Si	
	Acciones a ejecutarse	Si	

6	**Lista de Verificación**		
	Descripción	**Verificación**	**Fecha/Hora**
	Presencia de señal		dd/mm/aa
	Medición de Potencia		dd/mm/aa
	Identificación		dd/mm/aa

Oficinas

Sistema	**Documento**	**Contacto**
MLAT/WAM	Manuales de instrucción	No

Equipo de Recuperación	

Nombre del Técnico	Título	Contacto
Servidores ACC - CNS	Técnico de Turno	XXXXXXXXX

Lista de Verificación del Equipo de Recuperación	

Tarea	Objetivo Terminado	Estado Actual
Confirmar que se ha producido una	si	En proceso la llamada

invocación		
Iniciar el árbol de llamadas y establecer el Equipo de Recuperación	si	
Identificar los resultados y advertir a Equipo Administrador de la Crisis	si	
Arranque de los medios de respaldo, embarque de partes vitales desde bodegas lejanas para recuperar el sitio	si	
Establecer Lista de Equipo de Recuperación	si	
Confirmar el progreso de los requisitos reportados	si	
Informe de los requisitos reportados por el Equipo de recuperación	si	
Confirmar requisitos de arrendamiento con otros Equipos Recuperación	no	
Iniciar las acciones de recuperación	si	
Estimar el tiempo de recuperación del sistema e inicio de las pruebas	si	
Estimar el tiempo para cuando el sistema estará lista para el proceso de usuario	si	

Una vez diseñado el servicio que soportará el sistema de multilateración, y para continuar con el ciclo de vida de este sistema, se pasa al proceso de implantación de sistema ya sea por renovación o por implantación, para lo cual debe haber un proceso de TRANSICIÓN que se describe a continuación.

4. TRANSICIÓN DEL SERVICIO

Principio:

Cuando se requiere: **introduce los nuevos servicios y los cambios en los servicios ya ofrecidos**. Incluye los procesos de cambios, nueva configuración, entregas e instalaciones, además de la transición tomando en cuenta la validación y pruebas, evaluación y capacitación.

La transición del servicio se inicia una vez que se ha diseñado el mismo y luego de que se ha justificado su implantación, en otras palabras, es ya necesario ejecutar el proceso de adquisición, instalación y puesta en marcha del nuevo sistema.

Como existen algunos fabricantes de estos sistemas y en virtud de que una competencia técnica y financiera, usualmente permite tener ofertas más convenientes para quien desea

implantar un sistema de vigilancia aeronáutica, este proceso se inicia con el desarrollo de un proceso precontractual o dicho de una manera más clásica, una licitación.

Aunque las Leyes o Procedimientos para compras de bienes pueden varias de un país a otro, se estima que los pasos fundamentales son los mismos siempre, empezando por desarrollar las bases generales y técnicas y luego todo el proceso de compra.

Los pasos a seguir usualmente son los siguientes:

4.1 *Especificaciones Generales y Técnicas*

El primer paso para ejecutar el proyecto de implantación de un sistema de multilateración (a todos los sistemas en general) es elaborar las especificaciones generales y técnicas que describen el sistema de manera detallada en cuanto a lo que se espera de su funcionamiento general y específico para obtener los datos de posición de una aeronave.

Es muy importante establecer que el sistema debe funcionar como lo describen los estándares internacionales y/o nacionales (si las hubiera) y obtener los datos de la forma como se ha establecido internacionalmente, pues las aeronaves que serán interrogadas no solo son nacionales sino internacionales también.

El primer requerimiento debe describir la cobertura esperada y exigir a los potenciales proveedores explicar en la oferta como se logrará esta cobertura. También debe señalarse el sitio donde se ubicará la estación central a fin de dimensionar los canales de datos entre las estaciones remotas y esta estación central.

Posteriormente deben plantearse los planes de pruebas preliminares en fábrica, en sitio, la instalación, la puesta en marcha y la capacitación del personal técnico en todo el sistema y el personal operativo si fuera necesario.

4.2 Proceso precontractual

El proceso precontractual (previo a contrato) podría ser diferente en cada estado, sin embargo, se estima que todos cumplen las partes básicas sobre la disponibilidad de las especificaciones generales y técnicas, recursos financieros, factibilidad legal, informes de justificación del proyecto y las resoluciones de inicio del proceso precontractual como primera fase.

Posteriormente, se llevará a cabo la licitación propiamente dicha, con reglas bien definidas sobre el proceso, claridad en la información entregada, fechas de los procesos a ejecutarse, ofertas recibidas, ofertas analizadas y calificadas, reuniones para adjudicación y adjudicación.

4.3 Contratación

Una vez que el proceso precontractual ha terminado, se genera el contrato para la provisión de los bienes, en el cual deben constar las disposiciones legales a cumplirse por parte del contratante y el proveedor, conjuntamente con las condicionantes del sistema a adquirirse. La información de base del contrato es el plazo y los hitos fundamentales a cumplirse:

1. Firma de contrato
2. Anticipo de pagos (usualmente en este momento es cuando se inicia la ejecución)
3. Reunión para la elaboración del Documento de Diseño del Sistema (definitivo)
4. Documento de inicio de la fabricación y proceso de compra de insumos de hardware
5. Capacitación en fábrica (si amerita)
6. Pruebas del sistema en fábrica (hito fundamental)
7. Proceso de importación de equipos
8. Adecuación de sitios con obras civiles, eléctricas y mecánicas (torres metálicas)
9. Proceso de traslado y puesta en sitio de equipos y accesorios
10. Instalación de equipos y encendido inicial
11. Pruebas preliminares, calibración y configuración
12. Pruebas de servicio y optimización de parámetros operativos
13. Pruebas formales de entrega en sitio
14. Vuelo de verificación
15. Proceso administrativo de terminación de contrato

En este aspecto, es fundamental gestionar el cronograma de la manera más exacta posible, pues las dificultades que pudieran presentarse tienen que ir corrigiéndose o justificándose, a medida que avanza el plazo de ejecución del proyecto. Esto evitará complicaciones en el aspecto técnico y administrativo.

4.4 Preparación de los sitios (arrendamiento/compra/donación/acuerdos)

Dentro de la ejecución del contrato y lo que más demanda de tiempo y recursos es la consecución de los sitios y, mientras más sitios se requieran mayor es la cantidad de tiempo y recursos.

Se inicia con la verificación del lugar con cuatro condiciones fundamentales: acceso por vehículo terrestre; energía eléctrica; espacio de terreno suficiente (aunque no se requiere mucho) y dueño único (natural o jurídico) con capacidad para contratar.

Por otra parte, se preferirá un sitio con pocas antenas o estructuras metálicas a su alrededor, pues las reflexiones en RF o las inducciones en estos sitios podrían llegar a ser importantes.

Seguridad contra agentes externos como: vandalismo; lluvias fuertes; descargas eléctricas; fuego; etc.

4.5 Concesión de frecuencias (autoridad de telecomunicaciones)

Otra cuestión fundamental, si se utiliza enlaces de radio por atmósfera, es la previsión de las frecuencias y su concesión. Este proceso usualmente toma entre dos y tres meses como poco tiempo, por lo que es recomendable iniciar el trámite luego de la firma del contrato.

No se recomienda utilizar canales de comunicaciones de terceros, pues los requerimientos de exactitud de los tiempos de viaje llegan a ser hasta de nanosegundos, razón por la cual, es inconveniente contratar un proveedor que no nos asegure totalmente que el tiempo de viaje será siempre el mismo.

No se estima práctico enlaces con cable físico para todas las estaciones.

4.6 Capacitación

Técnica. Esta debe incluir los aspectos de:

1) Concepto del MLAT/WAM (interrogación/respuesta)
2) Arquitectura del sistema (procesadores, ruteadores, equipos de RF)
3) Flujo de información
4) Presentación en pantalla e interpretación de señales
5) Fallas usuales
6) Mantenimiento preventivo
7) Mantenimiento correctivo
8) Uso de herramientas de configuración y calibración
9) Uso de herramienta de monitoreo y mantenimiento

Operativa

1) Concepto del MLAT/WAM (interrogación/respuesta)
2) Arquitectura del sistema (procesadores, ruteadores, equipos de RF)
3) Flujo de información
4) Presentación en pantalla, interpretación de señales y formas de visualización
5) Fallas usuales

4.7 Pruebas en Fábrica

Fundamentales en base a protocolos y una plataforma de pruebas que incluya todas las estaciones o al menos un 70% de ellas.

El protocolo debe estar basado en el flujo de la información y las evidencias de que este flujo se cumple en todas las etapas.

Se verificará el funcionamiento del sistema con sobrecargas de datos para verificar el nivel de respuesta como sistema, en un período de al menos 24 horas.

También debe contemplar la revisión de todo el equipamiento para verificar que la arquitectura del sistema está completa y redundante si es el caso.

4.8 Internación (si debe importarse el equipamiento)

Proceso importante en países que no tiene una fábrica de sistemas de MLAT, sin embargo, solo se deja como un paso más, porque las Leyes de Aduanas serán diferentes en todos los países.

4.9 Transporte y distribución

Para el transporte, siempre será necesario un vehículo de doble tracción, pues normalmente las estaciones remotas se encuentran en sitios a los que se accede por caminos de segundo o tercer orden y con altitudes mayores a la base central, por lo que las pendientes a recorrer pueden ser importantes.

También debe preverse recorridos de equipos o materiales, por medio de animales de carga o personas, por diferentes temporales y períodos de tiempo dependiendo del sitio.

4.10 Instalación

Antes de la instalación, debe contarse con:

- permisos de ocupación de los terrenos
- obras civiles para la instalación de la caseta
- toma y acometida de energía eléctrica
- Sistema de tierra
- torre metálica donde se ubicarán las antenas

También debe elaborarse una lista de todos los elementos a utilizar:

- ✓ Herrajes completos para sujeción de antenas
- ✓ Cables para antenas en distancias suficientes y con capacidad de tolerancia mínima
- ✓ Conectores para cables en número adecuado
- ✓ Amarras de varios tamaños y muy fuertes

4.11 Calibración

Con datos de tráfico de oportunidad y un vuelo específico de configuración, además del uso de un transponder como baliza fija, es factible calibrar un dato de posición para referencia y también ejes de referencia.

4.12 Configuración

Cobertura y facilidades asociadas al sistema.

Es muy importante la inclusión de estos datos en la red de telecomunicaciones aeronáutica, o red local, para traslado al o los centros de ATC.

4.13 Pruebas preliminares en sitio y puesta en marcha

Fundamentales en base a los protocolos desarrollados en fábrica e incluye a todas las estaciones funcionando completamente.

El protocolo debe estar basado en el flujo de la información real y las evidencias de que este flujo se cumple en todas las etapas.

Se verificará el funcionamiento del sistema en un en un período de al menos 24 horas al menos. También debe contemplar la revisión de todo el equipamiento para verificar que la arquitectura del sistema está completa y redundante si es el caso.

4.14 Vuelo de verificación

Verificación con vuelos de oportunidad y el vuelo de una aeronave dedicada a procedimientos, rutas de llegad/salida (mínimos de aerovía), mínimos de altura en órbitas por cada 5NM alrededor del centro de cobertura del sistema y sitio especiales por ubicación de obstáculos o riesgos.

Adicionalmente, cabe analizar la posición y calibración con el transponder que es instalado como baliza.

4.15 Recepción definitiva del equipo

Finalmente debe llegarse a un acuerdo para la recepción definitiva del equipo. Con un período de al menos una semana de prueba en operación.

Una vez que se ha instalado y puesta en marcha el sistema de multilateración, continuamos con el ciclo de vida del mismo, pasando al proceso de OPERACIÓN y que se describe a continuación.

5. OPERACIÓN DEL SERVICIO

Principio:

Cuando el servicio está en marcha, **se ocupa de que el servicio opere dentro de los parámetros definidos**. Los procesos incluidos son: gestión de incidencias y problemas en el equipo; peticiones de servicio y accesos.

Se inicia con la recepción definitiva del equipo, y no debemos olvidar que la asistencia técnica es para toda la vida útil del sistema, el tiempo de garantía, solo significa que el contratista en este período no tendrá que pagar por los daños, trabajos en general y otros que afectan al servicio de la MLAT.

Para iniciar este período debemos responder a las siguientes preguntas:

- ¿Se cumple la entrega del servicio, conforme el nivel de servicio acordado?
- ¿Se cumple con la entrega de los datos que requiere el ATC?
- ¿La cobertura del espacio aéreo planificado inicialmente es satisfactoria o existen zonas donde la cobertura no es adecuada? ¿Estas zonas están en las trayectorias de las aeronaves?
- ¿La configuración del sistema genera los datos suficientes para el ATC?
- ¿La calibración del sistema no genera pérdidas de las señales de interrogación/respuesta o de traslado de los datos?
- ¿El mantenimiento preventivo está bien definido y se cuentan con los recursos para el cumplimiento conforme al nivel de servicio?
- ¿El mantenimiento correctivo es atendido conforme al nivel de servicio?
- ¿Las garantías técnicas se reciben conforme a lo definido en el contrato?

Si en una o más de las preguntas el resultado es negativo, debemos tomar acciones para lograr que el funcionamiento del sistema en general o particular, responda a lo que queremos en base a: calibración, configuración o mantenimiento correctivo, y si definitivamente no responde o no entrega ninguna información, acudimos al mantenimiento correctivo.

Por lo expuesto, puede determinarse que se requerirán actividades para:

5.1 ***Calibración:*** actividades con insumos técnicos adecuados y suficientes para lograr que un equipo electrónico responda y entregue las señales con niveles acorde a lo previamente definido por el fabricante para que funcione normalmente, con la capacidad esperada y en forma continua.

Los recursos para esta actividad podrán ser humanos, financieros y materiales, de acuerdo con las necesidades de la actividad a ejecutarse.

5.2 ***Configuración:*** actividades con insumos técnicos adecuados y suficientes para lograr que un equipo electrónico/informático responda y entregue la información como datos acorde a lo

previamente definido por el fabricante para que su aporte sea normal, con la capacidad de flujo esperada y en forma continua.

Los recursos para esta actividad podrán ser humanos, financieros y materiales, de acuerdo con las necesidades de la actividad a ejecutarse.

5.3 ***Mantenimiento preventivo:*** El mantenimiento preventivo es, fundamentalmente, un mantenimiento planificado, lo que quiere decir que todos los usuarios conocen previamente la actividad a ejecutarse, al difundirse el plan correspondiente, y que el servicio se interrumpirá en un período de tiempo razonablemente corto, si esto es necesario.
La planificación de este mantenimiento permite establecer las actividades a ejecutarse en el transcurso del tiempo, conforme a las características del sistema, equipos componentes, sitios de ubicación, entorno de la instalación (servicios externos al sistema), y los recursos disponibles, humanos, financieros y materiales.

La finalidad del mantenimiento preventivo es que el sistema siempre sea capaz de entregar el producto a su cargo sin interrupciones en el transcurso del tiempo salvo las programadas previamente.

Cabe indicar que también podría requerirse procesos de calibración y configuración.

5.4 ***Mantenimiento correctivo:*** El mantenimiento correctivo es, fundamentalmente, un mantenimiento no planificado, lo que quiere decir que los usuarios no conocen previamente de la interrupción del servicio.
Aun cuando este tipo de mantenimiento no es planificado, siempre existe un procedimiento previamente definido para ejecutar las actividades de mantenimiento correctivo que tiene mucho que ver con los procedimientos y recomendaciones del fabricante.

El procedimiento para mantenimiento correctivo permite definir las actividades a ejecutarse en forma ordenada conforme a las características del sistema, equipos componentes, sitios de ubicación, entorno de la instalación (servicios externos al sistema), y los recursos disponibles

La finalidad del mantenimiento correctivo es restablecer o rehabilitar el servicio y que el sistema sea nuevamente capaz de entregar el producto a su cargo sin interrupciones en el transcurso del tiempo salvo las programadas previamente.

Cabe indicar que también podría requerirse procesos de calibración y configuración.

5.5 ***Administración del servicio***. A más de todas las actividades de mantenimiento, debe tomarse en cuenta que la OPERACIÓN involucra una administración de las facilidades del servicio, por lo cual, es fundamental definir un administrador o encargado de esta actividad. A modo de ejemplo, es el encargado de proveer acceso las personas que tienen responsabilidades en una

u otra actividad, o de efectuar configuraciones de los equipos de comunicaciones para mayor o menor ancho de banda, etc.

Generalmente, en sistemas complejos que usan equipos electrónicos e informáticos, siempre hay una facilidad de visualizar el estado de los equipos, redes de comunicaciones, flujo de datos, etc., que ayudan al administrador a comprender el estado actual del sistema, verificar su funcionamiento o generar actividades de mantenimiento.

Estas actividades están definidas de una manera general, estarán más detalladas por parte de los fabricantes de acuerdo al sistema suministrado.

Para un sistema de multilateración, la generalidad es la siguiente:

5.6 Calibración: Los elementos que requieren calibración son los enlaces de radio (antenas y ODUs); las antenas interrogadoras y receptoras; y, en general, los cables de RF. Además de la posición de las estaciones componentes del sistema.

5.7 Configuración: Los elementos que requieren configuración son las direcciones IP de la red del sistema, las estaciones de recepción, etc.

5.8 Los mantenimientos preventivo y correctivo se planifican en base a los acuerdos de nivel de servicio, tomando también como línea de base la disponibilidad, capacidad y continuidad requeridas en el servicio.

Una vez que el sistema de multilateración está operando de forma continua y con las prestaciones que se esperan, es importante ir perfeccionado continuamente dicho sistema para mejorar su funcionamiento y aprovechar mejor sus bondades, por lo que en forma simultánea ejecutamos el proceso de MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO que se describe a continuación.

Cabe señalar que los procesos de OPERACIÓN y MEJORA CONTINUA deben ser ejecutados durante toda la vida útil del sistema de multilateración.

6. MEJORA CONTINUA DEL SERVICIO

Principio

En ITIL **la mejora continua está guiada por el ciclo de Deming PDCA** (Plan-Do-Check-Act) **y se hace especial énfasis en la importancia de unas métricas adecuadas** para controlar de forma objetiva el desempeño e introducir las medidas correctivas adecuadas.

- Disponibilidad – calibración/configuración/simplificación/repuestos
- Capacidad – incremento/disminución
- Continuidad – energía/protecciones/repuestos/

Parte A – Mejoramiento *parámetros del servicio*

No.	*Concepto*	*Acuerdo*	*Observaciones*
1	**Horario Servicio**	24x7	
2	**Respuesta del Servicio:**		
	Dato aeronave	< 1 segundo	
3	**Tipos de Fallas:**		
	Pérdida de la señal	< 10 segundos	
	Señales fantasmas	< 10 segundos	
4	**Disponibilidad de Datos:**		
	MLAT-WAM	98%	
5	**Errores en el Servicio:**		
	MLAT-WAM	< 20m horizontal	
6	**Mantenimiento Preventivo Programado**		
	MLAT-WAM	Cada mes	Incluye limpieza física
7	**Mantenimiento Correctivo**		
7.1	**Tiempo Respuesta a Fallas**		
	MLAT-WAM	< 5 minutos	
	Sistema eléctrico	< 5 minutos	
7.2	**Tiempo Solución a fallas**		
	MLAT-WAM	Mínimo < 60 minutos	Depende de la falla y sitio
	Sistema eléctrico	Mínimo < 60 minutos	Depende de la falla y sitio
8	**Seguridad del servicio**		
	MLAT-WAM	95%	Datos

Parte B – Mejoramiento de la disponibilidad

Recursos MLAT/WAM	Disponibilidad Requerida [%]	Disponibilidad Medida [%]	Diferencia (<100%)
Procesador central (PC)	99	99	
Ruteador central (RuC)	99	99	
Estación receptora (ERx)	99	99	
Antena receptora (ARx)	99	99	
Antenas GPS (AGPS)	95	95	
Ruteador remoto (RuR)	95	95	
Estación interrogadora (EIx)	95	95	
Antena interrogadora (AIx)	95	95	
Enlace de Radio (ODU-IDU)	95	95	
Antena enlace de radio (AERF)	95	95	
Equipo eléctrico respaldo (EER)	95	95	
Control Remoto (MCR)	80	80	

Disponibilidad Esperada = Disp. PC * Disp. RuC * ……. *Disp. AERF * Disp. EER = 0,67
La Disponibilidad TOTAL ESPERADA es del 67%.

Equipo	**MTBF o Redundancia**	**Acción a tomarse**	**Tiempo Requerido**
Procesador central (PC)	40.000		
Ruteador central (RuC)	< 40.000	Reemplazo	2 meses
Estación receptora (ERx)	40.000		
Antena receptora (ARx)	40.000		
Antenas GPS (AGPS)	40.000		
Ruteador remoto (RuR)	40.000		
Estación interrogadora (EIx)	40.000		
Antena interrogadora (AIx)	40.000		
Enlace de Radio (ODU-IDU)	40.000		
Antena enlace de radio (AERF)	40.000		
Equipo eléctrico respaldo (EER)	40.000		

Parte C – Mejoramiento de la capacidad del servicio

MLAT/WAM	**Alcance o capacidad**		***% menor al 100% => mejorar***
Recurso	**Requerida**	**Real**	**% alcanzado**
Cobertura total (COB)	40 NM	40 NM	100

Procesador central (PC)	N est. remotas	N est. remotas	100
Ruteador central (RuC)	N puertos	N puertos	100
Estación receptora (ERx)	Modo S	Modo S	100
Antena receptora (ARx)	0-40NM	0-40NM	100
Antenas GPS (AGPS)	Circular	Circular	100
Ruteador remoto (RuR)	4 puertos	4 puertos	100
Estación interrogadora (EIx)	Modo S	Modo S	100
Antena interrogadora (AIx)	0-40NM	0-40NM	100
Enlace de Radio (ODU-IDU)	2 Mbps	2 Mbps	100
Antena enlace radio (AERF)	0-20NM	0-20NM	100
Equipo eléctrico respaldo (EER)	5 Amperios	5 Amperios	100
Procesador central (PC)	N est. remotas	N est. remotas	100
Ruteador central (RuC)	N puertos	N puertos	100

Parte D – Mejoramiento **de la continuidad del servicio:**

Amenazas Leyenda: Bajo = B; Medio = M; Alto = A

(Verificar las causas de alto riesgo)

Equipo / Componente	Amenaza	Riesgo			Prevención	Mitigación
		B	M	**A**		
Estación Central	Falla Energía	X			UPS / Baterías	Grupo Electrógeno
	Vandalismo	X			Seguridades Edificio	Guardias Seguridad
	Incendio	X			Detector de humo	Bomberos
Estación Receptora Remota	Falla Energía	X			UPS / Baterías	Grupo Electrógeno
	Vandalismo		X		Cerramiento malla	Guardias Seguridad
	Incendio	X			Detector de falla	
	Daño físico	X			Instalación adecuada	Reforzar seguridades
Estación Interrogadora Remota	Falla Energía	X			UPS / Baterías	Grupo Electrógeno
	Vandalismo		X		Cerramiento malla	Guardias Seguridad
	Incendio	X			Detector de falla	
	Daño físico	X			Instalación adecuada	Reforzar seguridades

Vulnerabilidades (Verificar las causas de alto riesgo)

Equipo / Componente	Vulnerabilidad	Riesgo			Prevención	Mitigación
		B	M	**A**		
Estación Central	Falla selección componente			X	Estudio previo especificaciones	Reemplazo
	Falla Equipo		X		Redundancia	Reemplazo
	Error Humano	X			Técnicos Especializados	Capacitación recurrrente
	Daño casual	X			Procedimientos	Concienciación
Estación Receptora Remota	Falla selección componente			X	Estudio previo especificaciones	Reemplazo
	Falla Equipo		X		Redundancia	Reemplazo
	Error Humano	X			Técnicos Especializados	Capacitación recurrrente
	Daño casual	X			Procedimientos	Concienciación
Estación Interrogadora Remota	Falla selección componente			X	Estudio previo especificaciones	Reemplazo
	Falla Equipo		X		Redundancia	Reemplazo
	Error Humano	X			Técnicos Especializados	Capacitación recurrrente
	Daño casual	X			Procedimientos	Concienciación

7. CASO PRÁCTICO DE IMPLANTACIÓN

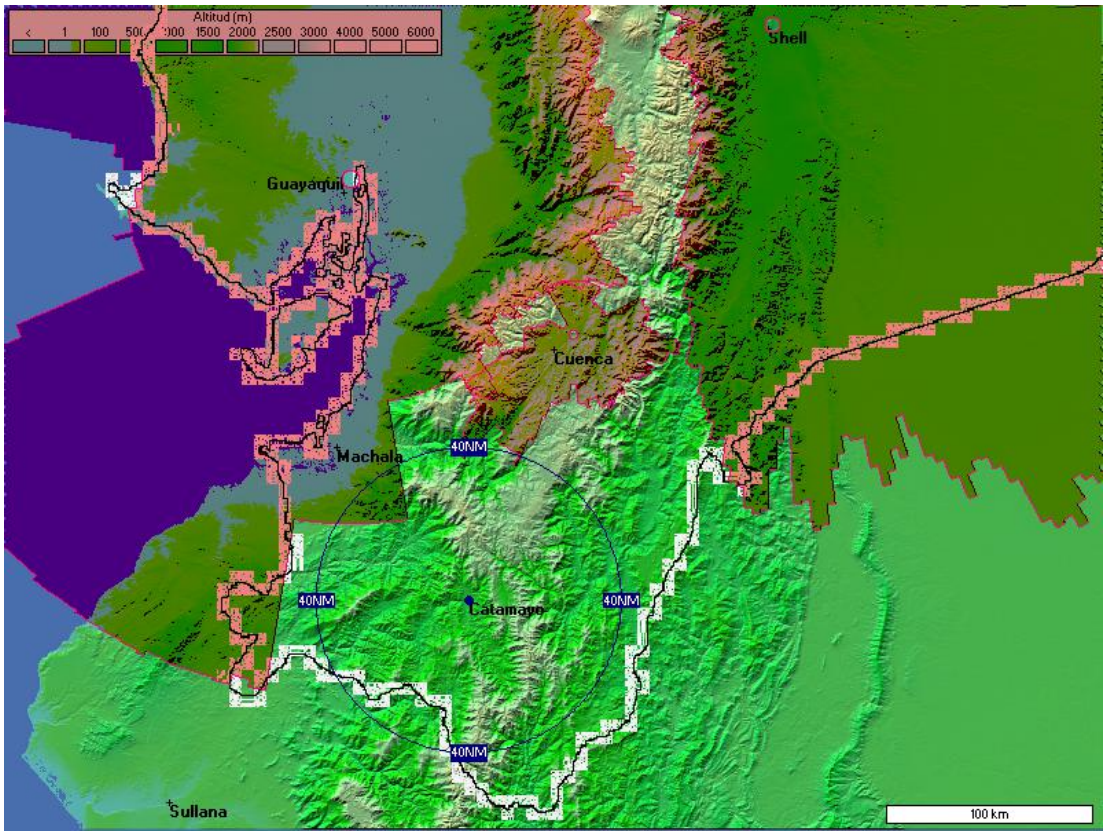
Como caso real de implantación, se presente la puesta en marcha del servicio de vigilancia con un sistema de multilateración en el Aeropuerto de Catamayo, Ecuador. Los datos de vigilancia están ahora disponibles y se prevé utilizarlos para complementar la cobertura en el sistema de visualización del ACC-Guayaquil y el en el mismo Aeropuerto de Catamayo.

Aplicando los criterios antes mencionados del ciclo de vida de un servicio, se inició el proyecto anotando que no había cobertura de vigilancia en el sector austral del país y menos en el Aeropuerto de Catamayo, con los sistemas en operación (radares secundarios de Guayaquil, Cuenca y Shell) por el tipo de terreno existente.

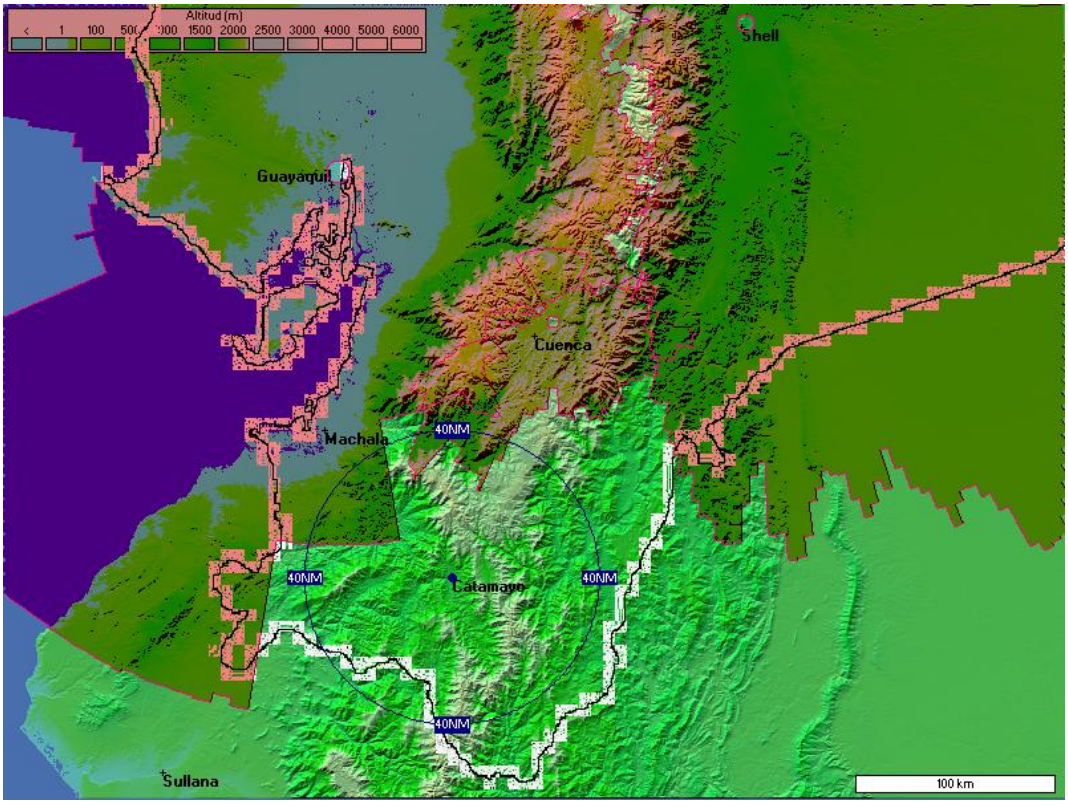
Además, es necesario disponer de estos datos en el centro de control de ruta en Guayaquil, para vigilar todas las rutas y las entradas y salidas de las operaciones en el Aeropuerto de Catamayo.

7.1 Estrategia del servicio - Cobertura

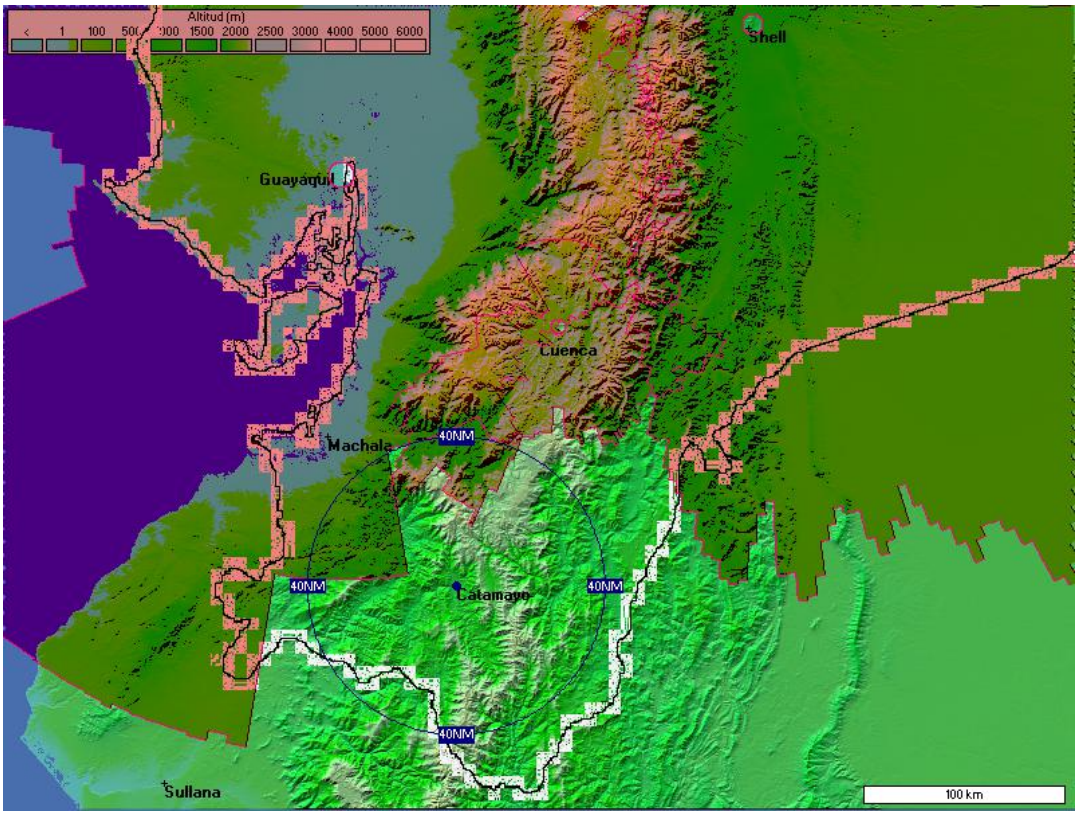
Los siguientes gráficos determinan la cobertura en el sector austral del Ecuador y la cobertura existente.



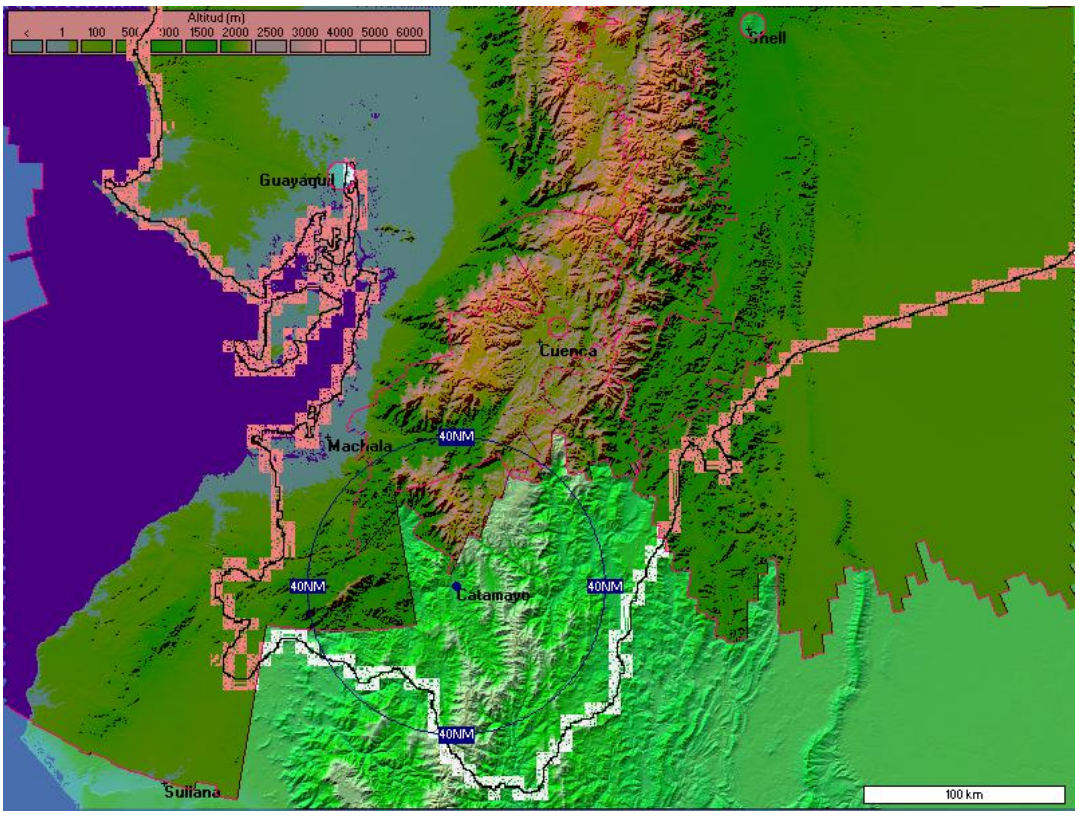
Cobertura radares a 150 FL



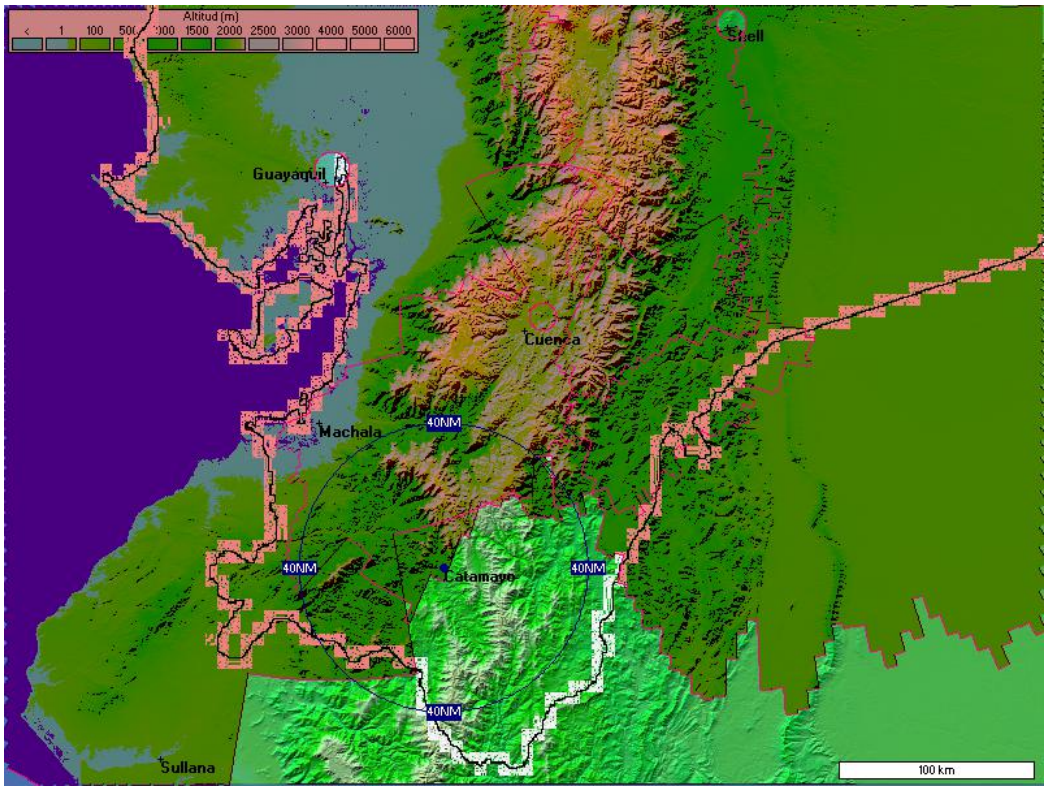
Cobertura radares a 180 FL



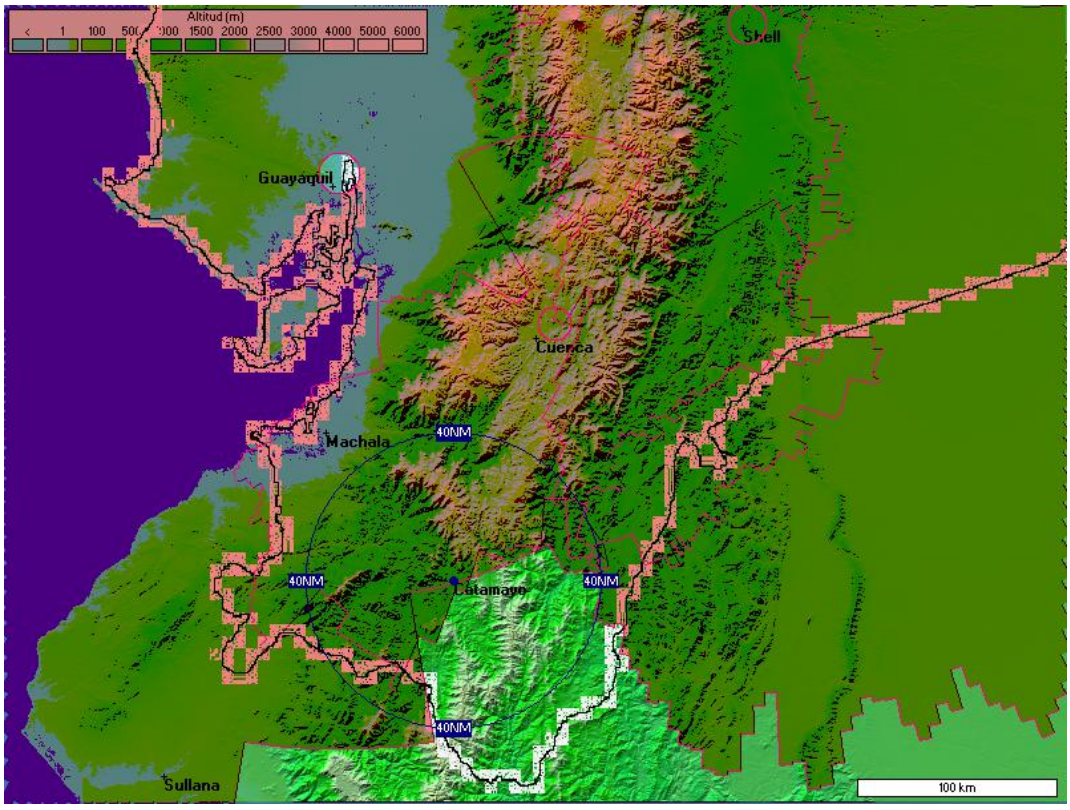
Cobertura radares a 200 FL



Cobertura radares a 240 FL

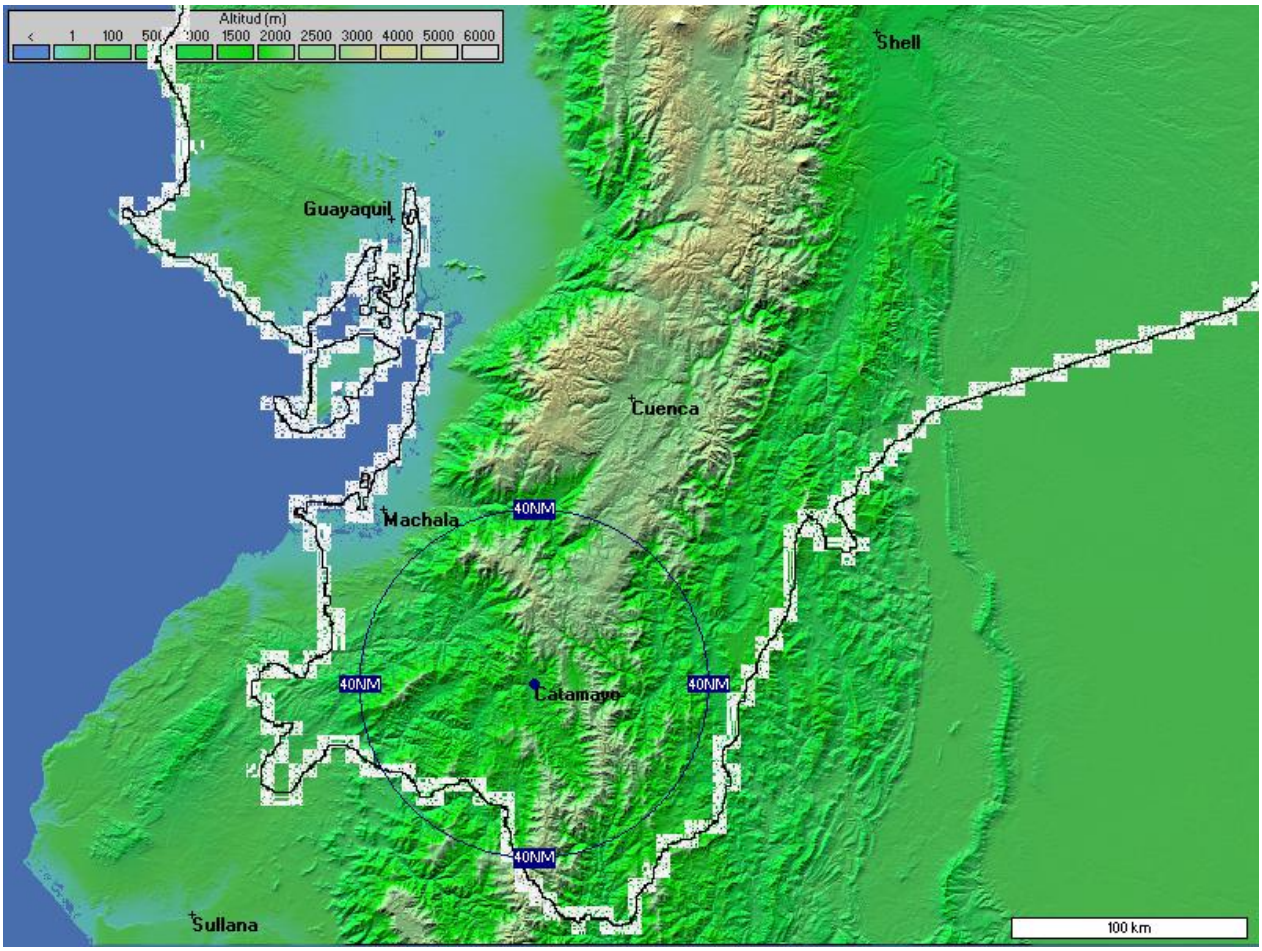


Cobertura radares a 300 FL



Cobertura radares a 350 FL

En el gráfico que sigue muestra el tipo de terreno que circundante en Catamayo. Es un terreno muy irregular que no tiene altas montañas ni valles extensos.



Vista general del sector austral

7.2 Diseño del servicio – Sistema de soporte

Se puede mirar en el Anexo A el flujo de decisión para la tecnología y en numeral 7.1 los gráficos que no permiten tomar la decisión de colocar una WAM en el sector austral del Ecuador, pues con ello se cubriría el espacio aéreo en esta parte sur del Ecuador continental y el Aeropuerto de Catamayo también se beneficiaría de este servicio.

La cobertura escogida de 40NM se consideró suficiente para no pasar de la frontera ni para que se observen espacios aéreos considerables sin cobertura, pues hacia el norte se dispone de cobertura de al menos tres radares secundarios, razón por la que no era necesario tener algo más de alcance.

Estaciones

Conforme los cálculos del oferente que ganó la Licitación para la provisión de este sistema, se colocaron **9 estaciones (1 central y 8 remotas),** para alcanzar la cobertura de 40NM. Como se ve en la figura que sigue:

De acuerdo a lo expresado en la fase de diseño para el cálculo del número de estaciones, se estima que a más de las 5 estaciones básicas se colocaron 4 más para esa superficie de cobertura horizontal. Esto entendemos extendió la zona de cobertura para el servicio. Los enlaces para el flujo de datos aparecen en las líneas de colores entre estaciones.

Las estaciones se ubicaron en sitios cuyos propietarios se detallan:

1. Aeropuerto – Propiedad de la DGAC de Ecuador
2. Villonaco – Estación privada
3. El Cisne – Estación privada
4. Colambo – Estación de Comuna Colambo
5. San Pedro de la Bendita – Estación de operadora de comunicaciones móviles
6. Velacruz – Estación de operadora de comunicaciones móviles
7. Guachaurco – Estación de operadora de comunicaciones varias
8. Reppen – Estación de operadora de comunicaciones varias

9. La Torre - Estación de operadora de comunicaciones varias

Una muestra de los equipos utilizados se encuentra en el Apéndice B. Al igual que unas imágenes de las estaciones en torres existentes.

Para cada una de los pedidos de ocupación de terreno y torres metálicas en estaciones de operadoras de comunicaciones, se exigieron anteproyectos con los detalles de la estación de multilateración. Un ejemplo de ellos está en el Apéndice C.

7.3 Transición del servicio

Se utilizaron las especificaciones generales y técnicas que se anexan a esta guía y como base legal la Ley de Contratación Pública del Ecuador. Las especificaciones técnicas se encuentran en el Apéndice A.

El proyecto fue gestionado por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, entre los años 2013 y 2015. Actualmente los datos se presentan solo en el Aeropuerto de Catamayo, para luego proveer estos mismos datos al centro de control de ruta en Guayaquil.

7.4 Operación / Mejora continua

La operación se ha iniciado y está en proceso de optimización. No hay al momento argumentos o datos para trabajar sobre el tema de operación y mejora continua.

7.5 Dificultades relevantes o datos no previstos inicialmente

Los problemas más relevantes que se tuvieron que resolver son los siguientes:

- Consecución de espacios físicos – en algunos casos los anteproyectos deben ser aprobados por el arrendatario y la aprobación de los mismos toman algunas semanas, dependiendo de la empresa de comunicaciones. Ellos analizan toda la parte electrónica y de RF, además de las cargas de las antenas para las torres existentes.
- Para las instalaciones de los equipos, se exige que los instaladores tomen las precauciones del caso y cumplan con las normas de seguridad industrial y riesgos del trabajo vigentes.
- Concesión de frecuencias – en virtud de que se requieren los permisos de ocupación de los espacios físicos como parte de los documentos del estudio, esto tuvo una demora adicional que afectó el proyecto en el plazo de ejecución. Usualmente, con los documentos en orden y completos, este proceso toma entre 3 y 4 meses.
- Logística – Los sitios escogidos no tienen caminos de primer orden para acceso en vehículo normal en el 90% de los casos, razón por la que es importante contar con una gestión especial de transporte y puesta en sitio, con autos todo terreno, y siempre debe esperarse caminos anegados, con deslaves o solo senderos para personas, hasta la estación.

- Los datos sobre GNSS son fundamentales para calibrar los relojes y distancias entre estaciones, y para ello se requieren de datos rinex muy confiables. Para el efecto hay que buscar en las entidades especializadas en ciencias geográficas. En el Ecuador la colaboración del Instituto Geográfico Militar fue fundamental para obtener los datos necesarios.

8. RECOMENDACIONES GENERALES

8.1 Este es documento inicial y básico, por lo cual se espera que los futuros lectores lo enriquezcan a través de la OACI-Lima, enviando sus opiniones, comentarios o correcciones si fuera el caso.

8.2 La primera parte que debe asegurarse para la implantación de la MLAT/WAM es haber definido muy claramente los sitios a utilizar, con los accesos, espacios físicos para el gabinete y su dueño, torres metálicas para las antenas, energía eléctrica y tierra eléctrica, línea de vista para enlaces de radio, entorno despejado para antenas de recepción y/o interrogación y ambiente libre de contaminación de radio-frecuencia.

8.3 Es fundamental establecer la cobertura alcanzada con el MLAT/WAM en servicio. Para ello, debe generarse un informe de la empresa en base con un vuelo específico de una aeronave según un plan previamente definido, esto permitirá no solo tener la línea de base de cobertura para determinar los cambios que se pudieran dar en el transcurso del tiempo, sino para demostrar la confiabilidad del sistema de vigilancia implantado.

8.4 Asegurarse de que el sistema funcione conforme los requerimientos técnicos de capacidad, disponibilidad y continuidad (con las pruebas hechas). Para el efecto ya es posible utilizar los cuadros sugeridos para cada aspecto técnico, sin que ello signifique que sean los únicos parámetros a tomarse en cuenta, pues se podrían colocar otros que se considere adecuados.

8.5 Asegurarse de que tienen el soporte de garantía para el tiempo acordado, por parte del proveedor, y por el tiempo de vida útil. Esto no solo con como una actividad específica, sino con un protocolo de notificación (cadena de llamadas), información técnica requerida previamente, tiempos de atención, tiempos de resolución de problemas, cierre de eventos y, como importante, que penalizaciones existen si no se cumple este protocolo.

8.6 Asegurarse de que cuentan con los insumos necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo, durante la vida útil del sistema, después de que la garantía por contrato haya finalizado.

8.7 Asegurarse de que cuentan con el personal técnico capacitado, inicial y recurrentemente, para mantener al sistema en operación continua.

Apéndice A

ADQUISICIÓN DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN

ESPECIFICACIONES GENERALES

SECCION A: Generalidades

1. Ámbito
2. Normas
3. Alternativas
4. Documentos del oferente
5. Garantía Técnica
6. Asignación de Subsistencias DSA
7. Declaración de Trabajo
8. Nivel de esfuerzo

SECCION B: Servicios

1. Revisión del Documento de Diseño del Sistema
2. Soporte de Mantenimiento
3. Partes de Repuesto
4. Documentación técnica
5. Entrenamiento
6. Instalación
7. Pruebas de Aceptación en fábrica FAT
8. Pruebas de aceptación en sitio SAT

SECCION C: Entorno y condiciones de servicio

1. Entorno
2. Energía Eléctrica
3. Compatibilidad electromagnética/puesta a tierra
4. Requerimientos mecánicos y eléctricos
5. Requerimientos de los componentes

SECCIÓN D: Especificaciones técnicas

SECCIÓN A: GENERALIDADES

1. ÁMBITO

1.1 La Entidad Aeronáutica a fin de Adquirir, Instalar y Poner en marcha un sistema de multilateración, define en este Apéndice A las Generalidades y las Especificaciones Técnicas para el Proyecto:

PROVISIÓN DE UN SISTEMA DE MULTILATERACIÓN PARA xxxxxxx

1.2 El Contratista será responsable de la administración total del proyecto de provisión del sistema completo, aseguramiento de la calidad, estudios de sitio, diseño de la solución, fabricación, transporte, liberación, del equipamiento y todo lo relacionado con la instalación y la construcción de la infraestructura asociada, pruebas y comisionamiento, entrenamiento, garantía técnica, documentación técnica y administrativa, procedimientos y manuales relativos a cada Equipamiento objeto del contrato y todos los accesorios y facilidades relacionadas.

2. NORMAS

2.1 Todos los diseños, materiales y técnicas de fabricación industriales seguirán los más altos estándares y las mejores prácticas técnicas y comerciales internacionales, para este tipo de equipamiento de aplicación en aeronáutica civil.
2.2 El equipamiento cumplirá totalmente o excederá, los requerimientos técnicos y de funcionamiento, estipulados en los Anexos de la OACI aplicables al sistema.
2.3 El oferente también cumplirá las Normas Nacionales, en lo que corresponda, para todo o cualquier parte específica del equipamiento y de obras civiles, mecánicas o eléctricas, asociadas.
2.4 El oferente debe proponer equipos y sistemas que tengan una reducción muy importante de operaciones manuales relacionadas con los ajustes y calibraciones, a fin de minimizar tareas de mantenimiento; y deben tener una capacidad de expansión suficiente para un crecimiento futuro.
2.5 El material y equipos estandarizados de los fabricantes, deben estar comprometidos regularmente en su producción.
2.6 El diseño y fabricación de las unidades de estado sólido se harán utilizando técnicas modulares. Los ensamblajes serán módulos removibles tipo “plug-in” y fácilmente intercambiables con sus partes de repuesto.
2.7 Los equipos se describirán utilizando el Sistema Métrico Decimal.

3. ALTERNATIVAS

3.1 EL oferente puede proponer cualquier equipo, accesorio, instalaciones de soporte asociadas y configuración de sus sistemas que, en su opinión, sean iguales o superiores a los requerimientos descritos en todos los Anexos que serán entregados.
3.2 Cualquier alternativa o variación, deben ser total y claramente definida, justificada y valorada, a fin de sea posible determinar rápidamente su conveniencia y, equivalencia o superioridad.

4. DOCUMENTACION DEL OFERENTE

4.1 Se proveerán dos (2) copias impresas y dos (2) copias en medios magnéticos de la documentación del oferente en idioma Español. La falta de referencia para cualquier requisito será objeto de una reducción de puntaje en el cumplimiento de especificaciones. La documentación técnica propia de los sistemas y equipos, puede ser presentada en idioma inglés.

4.2 **Declaración de Cumplimiento:** El Oferente declarará obligatoriamente, contra cada numeral de ésta Especificación General y de las Técnicas de su interés y participación, el tipo de cumplimiento de la especificación o requerimiento. Debe describirse además, obligatoriamente también, el documento de apoyo (hoja técnica, manual, etc.), en el que soporta su afirmación.

4.3 **Documentación de apoyo:** El oferente sustentará su declaración con documentación técnica adecuada, incluyendo hojas de datos, diagramas, hojas de desempeño, catálogos técnicos e ilustraciones, para cada sistema propuesto y configuración de instalación.

4.4 **Documentación de la Oferta*:*** Se refiere a toda la Documentación solicitada en los Pliegos del Proceso de Compra de Bienes.

5. GARANTÍA TÉCNICA

5.1 El Contratista garantizará que todos los equipos entregados bajo un eventual contrato (incluyendo cualquier componente del equipo fabricado por sus proveedores) cumplan con todas las especificaciones, descripciones y otras características incluidas en su oferta; y que estarán sin defectos en el diseño, materiales y construcción. Ante la falta de alguna característica requerida, el oferente debe cambiar/incrementar y/o intercambiar el equipo inadecuado y/o infraestructura y/o el software, si es necesario, con el objeto de cumplir totalmente las funciones solicitadas.

5.2 La garantía del Contratista deberá permanecer efectiva por un periodo de ***dos (2) años*** desde la fecha de recepción final, al nivel y formas logradas y aprobadas en las Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT) y Pruebas de Aceptación en Sitio (SAT). En caso de que se exista un sistema, equipo, parte o infraestructura, reparado, el período de garantía se extenderá por un período de la garantía equivalente al tiempo utilizado para la reparación y puesta en servicio de ese sistema, equipo, parte o infraestructura.

5.3 El Contratista será responsable de procesar todas las exigencias bajo-garantía y cubrirá todo los gastos involucrados en el Transporte, Liberación de Aduanas, Embarque e Instalación del sistema, equipo o parte defectuoso, desde y hacia el país que compra el sistema.

5.4 El Contratista entregará al comprador una copia del acuerdo (o acuerdos) con el representante de las compañías locales, responsables del servicio de garantía, si fuera el caso.

5.5 Si cualquier sistema, equipo, parte o infraestructura falla durante el período de garantía, el comprador, informará inmediatamente al contratista del particular, especificando el lugar de la posible falla. El Contratista decidirá sobre la reparación local del ítem o el retorno a sus instalaciones del fabricante para reparación. Si las partes de repuesto o reemplazo no están

disponibles para restaurar la operación del sistema, equipo, parte o infraestructura, el Contratista proporcionará inmediatamente un reemplazo del ítem defectuoso para restaurar la capacidad operacional inmediata y sin ningún costo para el comprador. El oferente garantizará un tiempo máximo de treinta (30) días para el reemplazo de los ítems defectuosos (excluyendo tiempo de envío y liberación de aduana).

5.6 Si el problema reportado no es resuelto en treinta (30) días, el comprador como usuario de los sistemas, tendrá derecho a:

- Regresar el equipo y solicitar al contratista repararlo y realizar su reenvío,
- Reparar el sistema, equipo, parte o infraestructura a través de terceros, en cuyo caso, el contratista asumirá inmediatamente el costo de reparación, ó
- Solicitar al contratista la entrega de un nuevo equipo de reemplazo.

5.7 El retorno y reenvío del equipo, así como su reparación, serán de responsabilidad del Contratista. De igual manera el comprador, tendrá derecho a recuperar del Contratista, todos los costos razonables y demostrables incurridos en retiro de equipo o ensamblajes y en la reinstalación del equipo reparado o reemplazado.
Se entiende que el trabajo de reparación en garantía se llevará a cabo, en fábrica o localmente, en los medios del representante designado, excepto en el caso de una falla en los sistemas que podría requerir el viaje de los ingenieros del Contratista hacia el Ecuador o de una solución remota por conexión remota.

5.8 Si se ha determinado que los equipos enviados al oferente, bajo esta Garantía, no eran defectuosos, el costo de envío desde el sitio hacia la fábrica y su retorno, no será cubierto por el Contratista.

5.9 Los derechos bajo esta Garantía serán ejecutados por el comprador

5.10 Los derechos del comprador bajo esta Garantía no son exclusivos y cualquier otro derecho proporcionado por el Contratista o por la Ley, se reservan.

5.11 Esta garantía no se aplica por el desgaste normal de los materiales. Esta no cubrirá el equipo o partes modificadas después de su entrega sin previo acuerdo escrito del contratista. La garantía solo se aplicará cuando el equipo haya sido usado y mantenido de acuerdo con los manuales de operación y mantenimiento del oferente y bajo condiciones normales de operación.

5.12 Dentro del período de la garantía, el Contratista visitará los sitios al menos una vez al año y proveerá asistencia para mantenimiento en atención a llamadas por servicio requerido, sin ningún costo para el comprador, sea a través de su representante local, vía medios remotos o personalmente si es del caso.

5.13 El Contratista proporcionará un soporte técnico en el sitio, primero a través de la participación inmediata del personal técnico del representante local para fallas críticas. Si es necesario, enviará un especialista desde fábrica con setenta y dos (72) horas desde la fecha en que el comprador lo solicite o notifique por escrito, durante el período de garantía.

5.14 El servirse del representante local, no disminuirá las responsabilidades y obligaciones del oferente, bajo un eventual contrato. Cualquier modificación o actualización del equipo y asociados, a los valores predeterminados, serán proporcionados por el oferente sin ningún costo extra para el comprador, dentro del período esperado de funcionamiento del sistema.

5.15 Si el funcionamiento o el uso de equipo/materiales no cumplen con las especificaciones técnicas o con las características de efectividad requeridas, el comprador tendrá el derecho para operar y usar tal material o equipo, hasta que ellos puedan retirarse del servicio para reparación de tales defectos, errores, u omisiones y sean reemplazados por todo o una parte, si es el caso.

5.16 Durante el periodo de garantía, si cualquier equipo, o una parte del mismo, falla y este equipo o componente no está incluido en la lista de partes de repuesto recomendado por el oferente, el oferente, previo al reemplazo del equipo o componente, proporcionará dicha parte o componente como parte de repuesto, sin costo para el comprador.

5.17 El periodo de garantía empezará después de que el equipo haya sido recibido y probado en el sitio, además de comisionado y aceptado por el comprador, libre de cualquier falla o defecto, funcional u operacional.

6. ASIGNACIÓN DIARIA DE SUBSISTENCIA (DSA)

La propuesta del oferente incluirá el costo de pasajes aéreos, seguro médico de viaje y DSA (basado en lo que dispone para estos casos la Entidad compradora), para todos los beneficiarios, participantes en las actividades de: Revisión y Aceptación de la SDD, Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT), Entrenamiento en Fábrica (FT) u otro viaje que pueda ser necesario. El valor correspondiente a las DSA mencionadas, será cancelado a los beneficiarios por el Contratista.

7. DECLARACIÓN DE TRABAJO

7.1 Durante el período precontractual, es mandatorio que el oferente visite los sitios de la instalación, por sus propios medios, para evaluar y determinar el detalle de cada sitio y el alcance del trabajo. La falta de conocimiento de las condiciones locales no absolverá a ningún Oferente y eventual Contratista a cumplir con los requerimientos u obligaciones contraídas, respectivamente. Todas las visitas del sitio serán coordinadas por el comprador.

7.2 En la Documentación de apoyo del Oferente, se incluirá un reporte detallado de la visita y estudio preliminar de sitio.

7.3 El Contratista suministrará, instalará, probará y comisionará, todos los sistemas, equipos y servicios asociados a cada uno de los ítems objeto del contrato:

SISTEMA DE MULTILATERACIÓN PARA xxxxxxxxx

7.4 El Oferente, presentará un cronograma en segmentos semanales e incluirá las siguientes actividades como mínimo:

- Estudio de sitio;
- Presentación y Aprobación del Documento de Diseño Final del Sistema (SDD System Design Document) en el lugar de integración: que incluya: Estudio de sitio, Configuración final del sistema, Obras Civiles y de instalación, planos constructivos, diagramas, etc.;
- Período de Fabricación de los Equipos;
- Entrenamiento en Fábrica (FT);
- Pruebas de Aceptación en Fábrica (FAT);
- Embarque(s) del equipo;
- Preparación del sitio y obras civiles;
- Instalación del equipo;
- Entrenamiento en el campo (OJT)
- Pruebas de aceptación en sitio (SAT)
- Verificación en vuelo;
- Comisionamiento y entrega.
- Entrega – Recepción

Durante el proceso de ejecución, el Contratista preparará y presentará un cronograma global del proyecto y lo actualizará cada 30 días.

7.5 El Contratista preparará los diseños de obra civil, diagramas y procesos de instalación.

7.6 El Contratista obtendrá todos los permisos necesarios para la obra civil, conjuntamente con los de la energía eléctrica, telecomunicaciones, ambiental y otras aprobaciones obligatorias.

7.7 El Contratista presentará el programa de entrenamiento en fábrica y en el sitio, para la aprobación del comprador.

7.8 El Contratista procederá con las obras civiles según el plan y cronograma aceptados.

7.9 El Contratista procederá con las pruebas de las obras civiles y registrará todos los resultados, los cuales formarán parte del reporte final de comisionamiento.

7.10 El Contratista preparará y presentará los protocolos de pruebas técnicas de aceptación en fábrica (FAT) y de aceptación final en sitio (SAT) para la aprobación del comprador.

7.11 El Contratista efectuará las pruebas técnicas finales (SAT), conforme el protocolo aprobado y registrará todos los resultados, los cuales formarán parte del reporte final de comisionamiento.

7.12 En lo aplicable, el Contratista se someterá a vuelos de verificación y demostrará que todos los requerimientos técnicos establecidos en el presente documento y en las normas aplicables, están dentro o exceden esos requerimientos.

7.13 El Contratista presentará un reporte final, relacionado con las obras civiles, instalaciones, prueba técnicas en el equipo y de vuelo, entrenamiento. También es mandatorio presentar al final un libro de obra de todas las construcciones civiles.

7.14 El Contratista entregará los manuales de operación y mantenimiento; diagramas basados en los diseños finales y condiciones de comisionamiento.

7.15 El Contratista será totalmente responsable por el diseño, selección de materiales y componentes, construcción y técnicas de fabricación; para asegurar la integridad global de

los sistemas y la completa compatibilidad entre los elementos mayores y todas las unidades auxiliares; a fin de asegurar el funcionamiento exitoso de todas las instalaciones entregadas.

7.16 La revisión y aceptación del Documento de Diseño Final de Sistema (SDD), se efectuará en el sitio, con la presencia de técnicos del comprador, dentro de los cuarenta días calendario posterior a la recepción del anticipo y tendrá una duración de al menos 3 días hábiles. El Contratista incluirá en la SDD lo siguiente:

- Estudio final del sitio,
- Definición de responsabilidades del comprador y del Contratista,
- Configuración final del sistema,
- Detalle del Alcance del Proyecto para cada Sitio,
- Obras civiles, incluyendo todos los planos constructivos finales a nivel de detalle para las obras de infraestructura objeto del contrato, diagramas de instalaciones eléctricas mecánicas y civiles asociadas,
- Cronograma del Proceso de Fabricación y entrega de los equipos,
- Cronograma de Pruebas de Aceptación en Fábrica,
- Protocolos de Pruebas de Aceptación en Fábrica,
- Procedimiento de liberación de documentos del comprador para la importación a nombre de la Entidad que la compra.
- Programa de Entrenamiento en Fábrica FT,
- Proceso de Instalación, cronograma,
- Programa de Entrenamiento en Sitio OJT,
- Protocolo de Pruebas de Aceptación en Sitio SAT,
- Información para el Protocolo de Pruebas de Verificación en Vuelo, en lo aplicable,
- Matriz de documentos de Aceptación para: Pruebas de Aceptación en Fábrica, Entrenamiento en Fábrica y en Sitio, Pruebas de Aceptación en Sitio y Verificación en Vuelo.
- Documentos de Referencia: Pliegos del Proceso y Oferta del proveedor de bienes y servicios.
- Cronograma General.

8. NIVEL DE ESFUERZO

8.1 El oferente demostrará el nivel, competencia y calidad que tiene su personal para instalar, calibrar, probar y mantener los sistemas e instalaciones a ser provistas e instaladas.

8.2 El oferente proporcionará el organigrama de la Empresa y el “curriculum vitae” del personal técnico asignado al proyecto.

8.3 El oferente debe asignar un número suficiente de personal, con el propósito de ejecutar y evaluar el trabajo dentro del cronograma propuesto.

8.4 El Contratista mantendrá su área de trabajo limpia y libre de todo peligro de fuego. Los materiales sobrantes y de desecho, serán retirados en recipientes adecuados, hacia áreas escogidas de antemano y aprobadas por el comprador.

8.5 El Contratista será totalmente responsable por cualquier daño causado, por su personal, a la propiedad existente.

SECCION B: SERVICIOS

1. REVISIÓN Y APROBACION DE LA DOCUMENTACION DE DISEÑO FINAL DEL SISTEMA (SDD – System Design Document)

1.1 El contratista programará dentro del período de cuarenta días calendario, posterior a la recepción del anticipo, una (1) reunión técnica en el sitio, con una duración de al menos 3 días de trabajo, para la revisión y aprobación del Documento de Diseño Final del Sistema (SDD).

1.2 El contratista hará los arreglos requeridos por los representantes del comprador asistan a la ejecución de la revisión y aprobación del SDD. Las reuniones para el SDD se llevará a cabo en la ciudad donde se instalará el sistema.

1.3 El oferente especificará en su propuesta, los costos por las actividades asociadas a la SDD.

2. SOPORTE DE MANTENIMIENTO

2.1 El Oferente cotizará el costo por mantenimiento correctivo en sitio, para los dos años siguientes al período de garantía, tal requerimiento puede o no estar finalmente incluido en el contrato.

2.2 El oferente cotizará los costos por mantenimiento correctivo urgente, para los dos años siguientes al período de garantía, tal requerimiento puede o no estar finalmente incluido en el contrato, para los siguientes tiempos de atención:

- Cuarenta y ocho horas
- Setenta y dos horas

2.3 Dichos costos permanecerán efectivos por un período no menor a 4 años.

3. PARTES DE REPUESTO

3.1 El oferente proveerá una lista detallada y valorada de partes de repuestos, que sean necesarios y aparecerá en la tabla de cantidades y precios, conformados por componentes fungibles, unidades y sub unidades funcionales que soportarán a los sistemas y subsistemas de su propuesta.

LOTE **Repuestos Sistema:**				
Partes Repuesto Sistema	**No. Parte Fabricante**	**Cantidad**	**Costo unitario**	**Costo Total**

3.2 Los repuestos serán proporcionados en su empaque original, debidamente protegidos de la humedad a través de elementos deshidratados o silicón. Los repuestos serán etiquetados con su número de parte, identificación y número de unidades contenidas. Cada unidad tendrá el sello de prueba y control de calidad con la fecha de la misma.

3.3 El oferente garantizará a través de un Documento, la provisión de partes y repuestos por un período de al menos 10 años posteriores al período de garantía.

4. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

4.1 El oferente proporcionará, junto con el equipamiento, dos juegos completos impresos. y uno en medio magnético (CD), de los manuales técnicos del sistema/equipos y de los manuales de mantenimiento en idioma español. Los folletos de los equipos o sistemas pueden ser en inglés.

4.2 Todos los manuales estarán de acuerdo al equipo suministrado, incluyendo cualquier enmienda o actualización aplicada a la fecha de entrega.

4.3 Los manuales deben contener:

- Teoría del sistema, incluyendo diagramas a nivel de bloques funcionales y de circuitos mayores
- Operación del Sistema.
- Procedimientos de instalación.
- Procedimientos de mantenimiento y detección de fallas.
- Lista de partes, componentes, con número de parte y fabricante original.

LOTE **Documentación Técnica del Sistema:**				
Documentos	**No. Parte**	**Cantidad**	**Costo unitario**	**Costo Total**
Juego Manuales (Impresos)		1 por sitio+1 para oficinas regionales		
Juego Manuales (digital)		1por sitio +1 para oficinas regionales		
Costo Total US$				

5. ENTRENAMIENTO

5.1 El Oferente propondrá y cotizará un programa de entrenamiento para:

- Sistema Multilateración de xxxxxxx:
  - Técnico

5.2 Para cada sistema descrito en numeral 4.1, el entrenamiento en fábrica/local y sitio de integración, será impartido por personal técnico del fabricante o del integrador, autorizado por el fabricante, en idioma español y de acuerdo al siguiente cuadro:

Sistema	SISTEMA	CURSO EN FÁBRICA	CURSO EN SITIO (OJT)
1	Sistema Multilateración de xxxxxx:		
	- Técnico	n	N

5.3 El programa de entrenamiento cubrirá: la teoría del sistema principal y equipos asociados, instalación, configuración, detección de fallas, mantenimiento preventivo y correctivo, y, administración del sistema.

5.4 El entrenamiento será impartido por personal experto del fabricante.

5.5 El entrenamiento será programado para ser ejecutado antes del período de instalación de los sistemas.

5.6 Se cotizará el entrenamiento en fábrica (FT) ofertado, incluyendo los valores correspondientes a costos de viaje, seguro y las DSA. La duración en días hábiles de entrenamiento. Se adjuntará una copia del resumen del curso propuesto.

Curso en Fábrica	Costo curso + pasajes aéreos	Tiempo días duración	Costo DSA/ alumno	No. Alumnos	Costo Total DSA	Costo total FT
Multilateración xxxxx						
Costo Total US$						

5.7 El Contratista cotizará y efectuará el entrenamiento en sitio (OJT), de una duración no menor a 5 días laborables, para cada sistema descrito en el cuadro, antes de la ejecución de las pruebas de aceptación de los sistemas; el contratista propondrá el sitio de ejecución.

Curso en Sitio (OJT)	Costo curso	Número de Cursos	Tiempo días duración	Costo total OJT
Multilateración xxxxxx				
Costo Total US$				

6. INSTALACION

6.1 El Contratista será responsable por la instalación de todo el equipo, unidades, subsistemas, etc., en el sitio definido por el comprador y acordado durante la visita al sitio.

6.2 Todos los materiales de instalación, accesorios y equipo especial, servicios, grupo de trabajo, equipo de prueba y herramientas requeridas, serán suministrados por el Oferente.

6.3 El Contratista garantizará que el proceso de instalación se ejecutará observando los más altos estándares de calidad.

6.4 El Contratista será responsable por el embarque, bodegaje, transportación, instalación, pruebas y comisionamiento de todo el material y equipo.

6.5 Cualquier parte de repuesto proporcionado en el ámbito de este proyecto, pero utilizado para reemplazar los ítems defectuosos encontrados durante las fases de instalación, prueba y comisionamiento, hasta la aceptación final del sistema, serán reemplazados por el Contratista sin recargo y dentro de treinta (30) días.

6.6 El oferente especificará en la propuesta el tiempo estimado, el personal requerido y los costos por instalación y comisionamiento del equipo.

Sistema	**Tiempo días duración**	**Costo total Instalación + comisionamiento**
Multilateración Catamayo		
Costo Total US$		

6.7 El oferente identificará individualmente a todo el personal de instalación en términos de calidad, experiencia y denominación.

6.8 El Contratista será responsable de obtener permiso de trabajo o visas para todo su personal.

6.9 El cronograma de instalación y las prioridades serán revisadas y aprobadas durante la ejecución de la SDD.

6.10 El plan detallado de la instalación será presentado al comprador durante la ejecución de la SDD, para su aprobación. El plan contendrá toda la información necesaria requerida para instalar correctamente el equipo y la operación inicial del mismo.

6.11 El plan de instalación será actualizado para reflejar los cambios realizados al diseño original, diagramas de cableado, instrucciones de instalación y procedimientos de pruebas durante la instalación. El documento se dejará en el sitio luego de completar la instalación.

6.12 El Contratista será responsable por la limpieza de los sitios después de concluir con las Pruebas de Aceptación en Sitio.

7. PRUEBAS DE ACEPTACION EN FABRICA (FAT)

7.1 El oferente será requerido para efectuar las pruebas de funcionamiento del sistema completo, en forma previa a cada uno de los embarques programados. Estas Pruebas de Aceptación de Fábrica se realizarán de acuerdo con un Plan de Pruebas de Aceptación en Fábrica preparado y aprobado durante la SDD, e incorporará procedimientos de prueba específicos que demostrarán claramente el cumplimiento del equipo con la especificación técnica en todos los aspectos, generales, operacionales y técnicos.

7.2 Las pruebas de aceptación en fábrica serán obligatorias para los siguientes sistemas:

- Sistema Multilateración de Catamayo:
  - Técnico

Las Pruebas en fábrica, se ejecutarán de acuerdo al siguiente cuadro:

No.	**SISTEMA**	**NÚMERO PRUEBAS FAT**	**NÚMERO TOTAL TÉCNICOS**
1	Sistema Multilateración para xxxxx	1	N

7.3 Las Pruebas se basarán en los Protocolos de Pruebas y procedimientos denunciados en la SDD respectiva.

7.4 El equipo de prueba utilizado por las pruebas en fábrica será un equipo comercial estandarizado y no será modificado, todo el equipo auxiliar requerido será proporcionado por el fabricante. En el documento FAT se registrará el Equipo de Prueba utilizado, marca, modelo, última fecha de calibración.

7.5 La Aceptación en Fábrica se realizará para todo el equipo, hardware, software y repuestos antes del envío. También se verificarán las capacidades funcionales y operacionales del equipo.

7.6 Todos los resultados de la FAT serán debidamente registrados y firmados por el Contratista y el Delegado del comprador.

7.7 Todas las observaciones acordadas y discrepancias anotadas serán corregidas por el oferente, previo al embarque del equipo. Se documentará la corrección de discrepancias.

7.8 El oferente programará las FAT en forma previa al embarque de cada grupo de sistemas y equipos, conforme las definiciones de la SDD correspondiente; Las Pruebas se efectuarán para todos los sistemas listos para el embarque.

7.9 El oferente hará los arreglos requeridos por los delegados del comprador, para que asistirán a la ejecución de la FAT.

7.10 Las pruebas de aceptación en fábrica serán ejecutadas en la fábrica (caso de fabricantes directos) o en laboratorios de prueba (caso de Integradores) de los contratistas, de acuerdo con los procedimientos aprobados en la SDD. La intención será que las condiciones de los sistemas aceptados en la fábrica se reproducirán funcionalmente en el sitio.

7.11 Las pruebas de aceptación en fábrica serán ejecutadas en presencia de los representantes del comprador, cuyos nombres serán notificados al contratista no menos de tres semanas antes del inicio de las pruebas.

7.12 Si las pruebas no satisfacen las especificaciones, los representantes designados por el comprador no firmarán el Certificado de Aceptación en Fábrica, ellos notificarán por escrito inmediatamente al contratista. Las fallas menores que no afecten la eficiencia o funcionamiento del sistema serán aceptadas previa la definición del procedimiento de rectificación y descritas en el documento de aceptación.

7.13 Ante la razón del comprador para la no aceptación, el oferente dará declaración de cómo piensa rectificar el equipo para que el comprador pueda repetir las pruebas con los equipos que no cumplieron inicialmente y también con respecto a las partes del equipo afectadas para su rectificación. El oferente correrá con todos los costos asociados de re-comprobación FAT (es decir costos de viaje, alojamiento y subsistencia para los participantes representantes del comprador).

7.14 Los equipos serán considerados aceptados en fábrica por el comprador cuando se demuestre que la ejecución de las Pruebas de Aceptación es satisfactoria, estén certificadas en los documentos de prueba pertinentes y estén firmados por los representantes designados por el oferente y por los representantes designados por el comprador. Se enviarán tres (3) copias de los registros mencionados al comprador.

7.15 El oferente garantizará que todo el equipamiento incluido bajo un contrato eventual, así como sus partes de repuesto, herramientas, equipos de prueba, accesorios y documentación estén disponibles durante la Aceptación en Fábrica, para la inspección, revisión y aprobación por parte del comprador.

7.16 El oferente incluirá en los costos de la FAT, los correspondientes a Subsistencia diaria, seguro y pasajes aéreos para los funcionarios del comprador.

Pruebas de Aceptación en Fábrica	Costo de Pruebas	Tiempo días duración	Costo día DSA por dos personas	Costo Total DSA	Número de FAT	Costo total Pruebas de Aceptación en Fábrica
Multilateración						
Costo Total US$						

8. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN SITIO (SAT)

8.1 La SAT contemplará una serie de pruebas para confirmar que los requerimientos y especificaciones técnicas se cumplen al estar dentro del entorno de instalación en el sitio y en la región de información de vuelo del país que compra. Esta se iniciará después de que todas las instalaciones se hayan completado.

8.2 El Contratista, diez días antes del inicio de pruebas de aceptación en sitio (SAT), entregará al comprador el cronograma de pruebas. El comprador notificará al Contratista su decisión dentro de los tres días posteriores.

8.3 Las Pruebas se basarán en los Protocolos de Pruebas y procedimientos denunciados en la SDD respectiva.

8.4 El Contratista demostrará en la SAT, que todo el equipamiento, repuestos, manuales, infraestructura y servicios proporcionados dentro de este proyecto, cumplen con las especificaciones y requerimientos técnicos.

8.5 Las deficiencias menores identificadas durante la SAT, se corregirán en un plazo de treinta días y se registrarán en el documento de Aceptación Final del sistema.

8.6 El Contratista proporcionará todo el equipo de prueba requerido para la SAT. Todo el equipo utilizado durante estas pruebas estará debidamente calibrado y comprobado para el efecto. Se registrará el Equipo de Prueba utilizado, marca, modelo, última fecha de calibración.

8.7 Las características del sistema que no sean evaluadas por las pruebas físicas, serán establecidas por análisis.

8.8 Para el sistema de multilateración, el oferente coordinará y participará activamente en los procesos de verificación en vuelo, y será responsable por los ajustes y calibraciones requeridas antes y durante el vuelo mencionado.

8.9 Todas las pruebas recomendadas en el Manual de Pruebas de Ayudas a la Navegación, Doc. 8071 de la OACI, se llevarán a cabo durante la verificación aérea del sistema de multilateración. Se pueden efectuar pruebas adicionales, como sean requeridas, para garantizar la integridad de las señales a lo largo de las rutas operacionales y/o de aproximaciones.

8.10 La contratista proporcionará una aeronave para la calibración en vuelo, con tripulación y personal de tierra calificado, libre de costo, con un máximo de diez (10) horas de vuelo.

8.11 Todos los resultados de la SAT serán debidamente registrados y firmados por el Contratista. Estos resultados formarán parte de la aceptación de la instalación y de los registros de cada estación.

8.12 El equipo que no sea satisfactorio en las Pruebas de Aceptación de Sitio establecidas anteriormente, no será aceptado.

8.13 Entrega final: Los representantes del comprador, llevarán a cabo la aceptación final del trabajo si y solo si, todos los requerimientos de esta especificación hayan sido completados, el reporte de entrega haya sido recibido y cuando todas las deficiencias registradas hayan sido corregidas.

SECCION C: ENTORNO Y CONDICIONES DE SERVICIO

1. ENTORNO

1.1 Los sistemas, equipos y unidades auxiliares, serán diseñadas para operación continua bajo las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura:
  - Equipo Electrónico : -10ºC a +55ºC
  - Equipo Irradiante : -20ºC a +70ºC
- Humedad Relativa : Sobre 90%
- Velocidad del viento : Sobre 160 km/h
- Elevación: Hasta 4.000 m, msnm.
- Lluvia: 50 milímetros por hora.
- Terremotos: La infraestructura, se diseñará para resistir sismos clase D, según la tabla del código de la construcción internacional 2000.
- Rayos: Los sistemas de vigilancia y telecomunicaciones, se equiparán con protecciones contra rayos (para una Probabilidad de ocurrencia del rayo de 0.243 por el km² por año).
- Radiación solar: Los componentes y equipos de los sistemas instalados a la intemperie, deben resistir la exposición directa de la radiación solar continua (Irradiación solar pico=1148 W/m2 a una reflectancia de primer plano de 0.30).
- Resistencia a los UV: Los componentes y equipos de los sistemas instalados a la intemperie, como radomos de antenas, gabinetes o cubiertas, se fabricarán para resistir UV durante por lo menos 15 años sin partirse, romperse o pelarse.
- EMI / EMC: MIL-STD-461A o IEEE equivalente / ANSI / el EN / UL (por ejemplo EMC Directive 89/336/EEC).
- Ruido acústico: 90 dBA sostenido (Leq)
- Presión atmosférica (ASL): Hasta 3.000 m.
- Tamaño de granizo No-destructivo: 12,5 mm.

1.2 El enfriamiento se realizará preferentemente por convección y se asegurará que todos los componentes operen dentro del rango de su especificación.

1.3 Se tomarán las precauciones adecuadas para prevenir un aumento significativo de temperatura con el gabinete de operación y transmisores en reposo, así como sus elementos de antena, debido al incremento de temperatura por radiación solar.

1.4 Las condiciones climáticas en el Ecuador pueden producir alto efecto corrosivo en todos los equipos expuestos. Todos los equipos suministrados y sus componentes eléctricos y electrónicos deberán ser protegidos para:

- Corrosión por vapor de agua;
- Corrosión por salinidad del ambiente;
- El ingreso de arena y polvo (sobre 150 micrones), bichos y gases corrosivos.

1.5 El oferente declarará el proceso utilizado para lograr la protección del equipo y unidades asociadas. También indicará el nivel de protección suministrado.

2. ENERGÍA DE ENTRADA

2.1 Todo el equipo será operado desde la línea comercial local. La fuente eléctrica primaria será de: 120/208 VAC +/-10%, 60 Hz +/- 5%, 4 hilos ; o 220VAC de fase.

2.2 Se dará entera consideración a la fluctuación y transientes de la energía y se proporcionarán e instalarán un número adecuado de protectores o supresores, para lograr un alto grado de protección. Se proporcionará un UPS a cada estación de multilateración y estación central.

2.3 En caso de falla de la energía primaria, el equipo se alimentará con energía proveniente de un sistema de generación eléctrica auxiliar en los aeropuertos y estaciones el comprador, donde se dispone de generación de energía de emergencia a través de un dispositivo de transferencia automática.

3. COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA /PUESTA A TIERRA

3.1 El equipo deberá operar en un entorno electromagnético diverso sin sufrir o causar degradación inaceptable de efectividad, como resultado de una emisión o respuesta desde cualquier fuente electromagnética.

3.2 Los equipos se conectarán a tierra para minimizar la radiación y/o conducción de emisiones, minimizar la susceptibilidad para radiar y/o conducir las emisiones y minimizar los riesgos de electroshock, al personal técnico principalmente.

3.3 Todos los componentes deben estar protegidos de sobre tensiones eléctricas (ej. descargas atmosféricas, sobre voltajes, aumento y disminución, descargas electrostáticas, etc.). Los cables provenientes del equipo deben estar protegidos y terminados adecuadamente.

3.4 Los cables del equipo estarán blindados y terminados adecuadamente. Se usarán filtros de EMI/FI conforme se requiera. También se usarán, conforme se requiera, pares trenzados, doble blindaje, etc.

3.5 Se conectarán a tierra adecuadamente las LRU´s y los gabinetes del equipamiento. Los paneles frontales, posteriores y laterales, y las puertas proporcionarán el efecto de “jaula de Faraday”.

3.6 Correas de malla de aterramiento: unirán y blindarán las entradas de los filtros y los filtros en-línea, además, las empaquetaduras conductivas se usarán como pueda requerirse para blindaje eléctrico.

3.7 Los sistemas de puesta a tierra de todas las edificaciones, equipos y sistemas radiantes, deberán estar interconectados. Deberán tener la impedancia más baja posible con respecto a la conexión ideal de tierra (Zo < 5 ohm). La impedancia debe ser medida y registrada por el proveedor.

3.8 Los cables de energía, control y comunicaciones y los cables de RF, donde sea aplicable, se alojarán en ductos independientes.

3.9 La conexión a tierra se efectuará utilizando componentes adecuados para cada sitio, conforme a las condiciones de conductividad del terreno, de tal manera que aseguren el valor de impedancia solicitado en el numeral 3.7. Se especificará el tiempo en que la instalación de tierra mantendrá el valor indicado.

3.10 El diseño se orientará en base a los riesgos eléctricos susceptibles e identificados en la norma IEEE 802.3 Ethernet con respecto al contacto directo entre los componentes de comunicación y control y los circuitos eléctricos o iluminación; la acumulación o aumento de carga estática en componentes y cables de comunicación; transientes acopladas hacia los cables de comunicación y control; y las diferencias de potencial entre las tierras existentes.

3.11 Se utilizará cable de cobre de diámetro (por ejemplo: #4 AWG o más, como sea requerido por la instalación específica) para conectar el sistema/equipo con la tierra central.

3.12 Se usarán dispositivos de protección de carga (SPD), también conocidos como Supresores de Transientes de Voltaje TVSS. El Supresor será del tipo auto restauración y totalmente automático. Los Dispositivos de Protecciones contendrán fusibles de seguridad térmicos y de corto el circuito.

3.13 Se aplicarán las mejores normas de práctica comercial como IEC, IEEE, ANSI, NFPA, UL, etc.

3.14 El oferente, incluirá en su propuesta los sistemas de tierra para el Sistema de Multilateración.

4. PROTECCIONES CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

4.1 El oferente dirigirá el estudio necesario para determinar el tipo de medios a ser usados en la protección de los equipos y sistemas radiantes contra las descargas por relámpagos o rayos. Se prestará particular atención a las características de tormentas eléctricas de la zona.

4.2 El oferente incluirá en su oferta protecciones contra descargas atmosféricas para el Sistema de Multilateración.

5. REQUERIMIENTOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS

5.1 El equipamiento se instalará en gabinetes estándar, los gabinetes serán fabricados de acero estructural prensado a prueba de óxido o de aluminio. En cualquier caso, deberá cumplir con la característica: a prueba de óxido.

5.2 El equipo estará bien protegido para evitar el ingreso de polvo, insectos y bichos. Si son esenciales aberturas para el refrescamiento, deberán estar protegidas adecuadamente con mallas de metal completamente garantizadas para el efecto.
5.3 El montaje de todos los componentes y sub-ensambles serán lo suficientemente fuertes para reducir al mínimo la necesidad de desmantelar y separar el embalaje de tales artículos para transporte.
5.4 Todas las pantallas de lecturas de medición o estado se instalarán de manera que puedan leerse con facilidad y exactitud, por un técnico que opere cómodamente los controles asociados.
5.5 El número de controles usados en el equipo será el mínimo necesario para asegurar una operación satisfactoria. Todos los controles variables serán proporcionados con llaves seguras o por accesos de códigos seguros, apropiados para prevenir ajustes involuntarios. Todos los enchufes y cajetines serán polarizados o diseñados de tal manera que sea imposible conectarlos de forma incorrecta.
5.6 Todas las terminaciones y arreglos fijos se diseñarán para permitir el fácil retiro y reemplazo de unidades modulares y sub-ensamblajes, y se fabricarán para resistir su uso frecuente sin deterioro.
5.7 Todas las terminaciones de cableado, como en un terminal, tapón o enchufe, se marcará claramente de acuerdo con las designaciones pertinentes del circuito. Se mantendrán las tapas de seguridad para potenciales de más de 50 voltios.
5.8 El equipo eléctrico cumplirá con el Código Eléctrico Nacional y de no disponerse de norma o requisito, puede hacerse referencia a las normas o requisitos de (IEEE, ANSI, UL).
5.9 Si son necesarios ajustes en ciertos circuitos impresos (PCBs), estos serán accesibles desde el panel frontal, sin necesidad de tarjetas de extensión.

6. REQUERIMIENTOS DE LOS COMPONENTES

6.1 El número de componentes de diferentes tipos, se conservará al mínimo.
6.2 En circuitos críticos se usarán solo componentes de alta estabilidad.
6.3 Todos los componentes sellados y encapsulados (ej. transformadores) se colocarán firmemente en sus propios montajes y no tendrán cera, brea, etc. para ubicarlos en cajas cerradas.
6.4 Cuando los componentes sean de fabricación externa o sean de diseños inusuales, el oferente indicará claramente el nombre del fabricante y mantendrá una garantía de disponibilidad de suministro continuo o reemplazo, para cualquier componente o equivalente, por doce (12) años posteriores a la garantía.
6.5 Se proporcionará protección contra falla del componente debido al desajuste inadvertido del equipo.

7. EQUIPO DE PRUEBA

7.1 El oferente cotizará y especificará en la propuesta el equipo de prueba mínimo requerido para cada uno de los sistemas, de acuerdo a su experiencia o a la especificación técnica si se la hace, y conforme la siguiente tabla:

Equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Descripción y Especificación	Costo
Costo total equipo de prueba US$					

7.2 Todo el equipo de prueba será entregado con la documentación técnica correspondiente de manejo y mantenimiento, el certificado de calibración con la fecha claramente registrada, el calendario de mantenimiento preventivo y de calibración, y la garantía técnica, para un período de dos años contados a partir de la fecha de entrega-recepción, indicando la oficina local para asistencia técnica.

SECCIÓN D

1. ESPECIFICIONES TÉCNICAS DEL MLAT

1.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA

1.1.1 Los sistemas propuestos se diseñarán e implementarán para soportar Vigilancia y Aproximación de aeronaves en el sector XXXXX asociado al Aeropuerto de YYYY.

1.1.2 Se espera que el periodo de vida útil del Sistema MLat, no sea menor a doce (12) años. Por consiguiente, el nivel de la tecnología actual que se use en el equipo y sus sistemas auxiliares será considerado al evaluar las ofertas.

1.1.3 Los equipos representarán el "State of The Art", estarán construidos con unidades y subunidades, cada una de las cuales serán fácil y rápidamente reemplazables por una persona. Se requiere que la construcción sea modular, tipo "Plug-in", para permitir el retorno rápido del servicio. El número de componentes individuales fijos dentro de los gabinetes de los equipos del sistema MLat. del tipo "no-plug-in" será mínimo, para reducir la necesidad de reemplazo de componentes en el campo.

1.1.4 Los equipos serán de diseño reciente, con alta fiabilidad (Reliability) y bajo consumo de energía. Los detalles de fiabilidad, disponibilidad (Availability) y figura de mantenibilidad (Maintainability) deben declararse claramente en la oferta.

1.1.5 Se proporcionará el equipo con un Transponder para baliza de referencia. Todas las estaciones del sistema MLat, trabajarán a través de un UPS central proporcionado por el contratista. El UPS tendrá una autonomía de 30 minutos en caso de falla de la fuente de poder principal y debe tener capacidad de auto-diagnóstico.

1.1.6 Los Equipos del Sistema MLat, estarán equipados con capacidad BITE (Built in Test Equipment), capaz de identificar las fallas del sistema y la degradación de la actuación, a nivel de "Single Replaceable Unit (SRU) y de "Line Replaceable Unit" (LRU). El BITE del Sistema ejecutará demandas individuales o periódicas de estado. Los subsistemas a nivel de LRU/SRU informarán de la falla y/o degradación de actuación a las entidades del sistema local o remoto de supervisión.

1.1.7 El Sistema de BITE proporcionará la habilidad de seleccionar y reportar toda clase de eventos, examinar el estado de los diferentes de componentes, y proporcionará la ayuda de diagnóstico para el análisis de datos relevantes para cada falla detectada. El informe de los

resultados de una falla puede usarse para ayudar en la detección, monitoreo y corrección de tendencias de falla.

1.1.8 Se proporcionará una inspección de estado jerarquizada al personal de mantenimiento, administradores del sistema y operadores, en base a un sondeo periódico de los componentes supervisados (Hardware, Software, Interfaces, comunicaciones, etc.) para establecer el estado operacional, o un reporte no solicitado de estado por ocurrencia de un evento, proveniente de las LRU/SRU, y actualización de la vista de estado, de cómo los reportes de eventos son recibidos y validados.

1.1.9 Todos los informes, solicitados y no solicitados, se guardarán para determinar los problemas repetitivos, calcular el MTBF y MTBO.

1.1.10 La presentación de eventos recibidos será proporcionada para indicar cuando estos ocurren o para recuperar los eventos guardados previamente dentro de un período de tiempo.

1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1.2.1 Configuración Básica

1.2.1.1 Estación de Presentación de Datos para Vigilancia (EPDV), para uso del ATC.

1.2.1.2 Estación Central de Proceso de los Datos (ECPD).

1.2.1.3 Estación Receptora Primaria (ERP).

1.2.1.4 Estaciones Receptoras Secundarias (ERS)

1.2.1.5 Estación Interrogadora (El)

1.2.1.6 Sistema de Tiempo.

1.2.1.7 Enlaces de datos entre Estación Central, Receptoras e Interrogadora.

1.2.1.8 Todas las Estaciones tendrán sistemas locales para Gestión y Monitoreo y Mantenimiento Remoto.

1.2.1.9 Enlaces de datos hacia las Oficinas ATC.

1.2.2 Redundancia

Como mínimo, debe tener redundancia en los siguientes subsistemas, el contratista deberá garantizar una operación continua:

1.2.2.1 Estación Central

1.2.2.2 Estación Interrogadora

1.2.2.3 Sistema de tiempo

1.2.2.4 Equipos de recepción

1.2.2.5 Líneas de Comunicación/LAN

1.2.3 Configuración Básica de las Estaciones

1.2.3.1 Estación de Presentación de Datos para Vigilancia (EPDV)

1.2.3.2 Recepción de Datos en la EPDV.

1.2.3.3 Estación Central de Procesamiento de Datos (ECPD)

1.2.3.4 Recepción y Transmisión de Datos desde/hacia la Estación Interrogadora

1.2.3.5 Recepción y Transmisión de Datos desde las Estaciones Receptoras

1.2.3.6 Transmisión de Datos para las Oficinas ATC mediante "splitter" de 6 salidas.

1.2.3.7 Estación Receptora Primaria (ERP)

- Antena
- Receptor
- Procesador de Datos Local
- Transmisión de los Datos de las ERS en forma coordinada a la ECPD

1.2.3.8 Equipo Informático suficiente, tipo COTS, con interface gráfica, LAN´s.

1.2.3.9 Estación Receptora Secundaria (ERS)

- Antena
- Receptor
- Procesador de Datos Local
- Transmisión de los Datos a la ERP

1.2.3.10 Estación Interrogadora (EI)

- Antena
- Transmisor. Configuración 1 + 1
- Procesador de Datos Local
- Transmisión de los Datos a la ECPD

1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS

1.3.1 Capacidad/Características de los Blancos

1.3.1.1 Blancos Deseados: Se establecerá claramente la capacidad del MLAT para cumplir con los siguientes requerimientos:

1. El MLAT debe ser capaz de detectar todas las aeronaves que tengan un transponder en modo A/C y S y mensajes ADS-B.
2. Las velocidades mínima y máxima del objeto que puede detectarse debe estar entre 54 Km/h (30 knots) y 1.296 Km/h (700 knots).
3. Refrescamiento de la señal, cada 1 seg.

1.3.2 Probabilidad de Detección/Validación

1.3.2.1 Probabilidad de Detección (Po): En buenas condiciones, se espera una PD de 98% con una tasa de blancos falsos o con errores del 2%, dentro del espacio aéreo considerado.

1.3.2.2 Se espera también que:

1. Blancos Falsos y Validados < 1%
2. Blancos Incorrectos y Validados < 1%

Considerando que, la señal recibida desde un transponder al sistema podría estar corrompida por una combinación de multitrayectos y/o dos señales simultáneas en el receptor (garble) y/o interferencias maliciosas o no intencionales (jamming). Esto afecta a la exactitud del sistema y la probabilidad de detección correcta, lo que da lugar a blancos falsos o incorrectos.

1.3.3 Resolución y Exactitud

1.3.3.1 En general se requieren que las resoluciones y exactitud para objetos y tiempo sean similares o mejores a los de un Radar Secundario Monopulso (MSSR) o ADS-B. La precisión en el fechado de las señales del sistema deberá ser igual o mejor que 1 nano segundo.

1.3.3.2 Las parámetros de referencia esperados para el MLAT, serán:

1. Exactitud en sentido Horizontal < 20m
2. Exactitud en sentido Vertical < 40 m
   Se explicará cualquier diferencia con los parámetros deseados

1.3.3.3 El sistema deberá ser capaz de facilitar el cálculo de posición 3D (latitud, longitud y altura) en forma totalmente independiente de la información de altura entregada por la aeronave (modo C), sin embargo, se podrá hacer uso de la altura barométrica enviada por la aeronaves para verificar el cálculo de la posición si se desea.

1.3.3.4 Retardo de señales. Se debe establecer el retardo de la señal entre la antena y el digitalizador. El parámetro de retardo será medido y calibrado durante las actividades de instalación del sistema de multilateración.

1.3.4 Estación de Presentación de Datos para Vigilancia (PDV)

1. Presentación de la situación del tránsito aéreo mediante trazas similares a las de un radar SSR.
2. Cada traza tendrá asociada una etiqueta.
3. Las etiquetas deben contener: Posición, Velocidad, Tiempo.
4. Se podrá visualizar también la trayectoria esperada por movimiento histórico de la aeronave.
5. Podrán separarse las etiquetas.
6. Se podrá establecerá la posición de una aeronave.
7. En general se proporcionará información adecuada para el trabajo de control de tránsito aéreo, sin correlación con planes de vuelo pero con mapas de fondo, acercamientos, etc.

1.3.5 Estación Central de Proceso de Datos

1.3.5.1 Proceso de Vigilancia

1. Detectar, identificar y triangular.
2. Establecer la posición de una aeronave en base a la información recibida
3. Generar la pista del blanco
4. Verificar y validar los datos
5. Seguimiento de Blancos. Deseable que el seguimiento este basado en IMM (Interactive Models - Filtro Kalman)
6. Capacidad de procesar al menos 200 vuelos simultáneamente
7. Entregar los datos de vigilancia en Asterix.
8. Actualizar la pista. Ciclo: Iteración y mezclado, predicción y actualización.
9. Controlar a la Estación Interrogadora y las líneas de comunicaciones
10. Controlar a las Estaciones Receptoras y las líneas de comunicaciones
11. Coordinar todo el sistema de MLAT

1.3.5.2 Proceso de Gestión:

1. Supervisión.
   - Vigilancia de los principales parámetros del sistema (rango de tolerancia)
   - Alarmas de integridad.
   - Avisos de Mantenimiento, etc.

2. Control
   - Acceso a estaciones de recepción para ejecución de las acciones sobre el funcionamiento de sus componentes.
   - Acceso a las configuraciones de los componentes.
   - Configuración a un estado previo de funcionamiento normal, etc.

3. Mantenimiento Local remoto
   - Diagnóstico de fallas a nivel de LRU
   - Registro de fallas con datos relevantes
   - Seguimiento de variación de parámetros de funcionamiento, etc.

4. Gestión
   - Capacidad de manejar una ERP y seis (6) o mas ERS
   - Almacenamiento de datos de (ERP, ERS, EI, etc) por 1 año para ERP/EI y seis meses para ERS
   - Arranque del sistema, menor a 5 minutos
   - Reportes cortos en menos de 30 segundos

- Reportes detallados en menos de 2 minutos
- Mapas de espacios aéreos y rutas configurables

5. Fallas
   - Automáticamente detectadas >90% del total de fallas
   - Solo en una LRU < 80% del total de fallas
   - En dos o más LRU < 10% del total de fallas

1.3.6 Estaciones Receptoras

Estación Primaria (ERP)/ Secundaria (ERS)

- Antena — Frecuencia de Trabajo: 1.090 MHz ± 5 MHz
- Antena — Dipolo con radome de protección
- Antena — Omnidireccional con polarización vertical
- Receptor — Frecuencia de Trabajo: 1.090 MHz ± 0,05 MHz
- Receptor — Sensibilidad tangencial: -70 dBm a la entrada
- Receptor — Margen dinámico: 70 dB
- Proceso — Recibe y demodula señales en Modos SSR A/C/S y mensajes ADS-B
- Proceso — Prepara las señales para enviarlas a la ECPD/ERP

1.3.7 Estación Interrogadora (El)

- Antena — Frecuencia de Trabajo: 1.030 MHz ± 5 MHz
- Antena — Dipolo con radome de protección
- Antena — Omnidireccional con polarización vertical
- Transmisor — Frecuencia de Trabajo: 1.030 MHz ± 0,01 MHz
- Transmisor — Rango de Potencia de salida: 30-18 dBw (en pasos de - 3dBw)
- Transmisor — Rechazo de Espurias: - 60 dBm o mejor
- Transmisor — Retardo en modulación: menor a 1 µseg.
- Transmisor — Inestabilidad en modulación: menor a 0,03µseg
- Transmisor — Rango de Frecuencia de Repetición de Pulsos: 100-450 Hz
- Transmisor — Entrelazados de modos: Programable
- Proceso — Facilidad de configuración, control y supervisión
- Proceso — Posibilidad de sectorización
- Proceso — Señales de coordinación se envían a la ECPD

1.3.8 Sincronización de Estaciones Receptoras

Debido a la orografía del terreno sobre el que se desea tener cobertura de vigilancia, es necesario facilitar el despliegue de estaciones receptoras para mejores resultados, por lo

cual, se preferirá que el sistema utilice lo que se define como “Common view GNSS” para la sincronización de las estaciones receptoras.

1.3.9 Parámetros del Sistema: Central de Datos/ Receptoras/Interrogadora

- **MTBF** > 40.000 horas
- **MTTR** > 1 hora promedio

1.3.10 Disponibilidad

Debe especificarse la figura de disponibilidad del sistema, basado en la redundancia de los componentes del mismo. También debe especificarse las figuras de disponibilidad de equipas instalados y en operación a la fecha de presentación de la propuesta.

1.4 INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

El Oferente tendrá a su cargo:

- La instalación y puesta en servicio del equipamiento completo, objeto de la presente especificación.
- La configuración y habilitación de los servicios, en las distintas posiciones de interrogación, recepción y visualización, conforme los requerimientos operativos.
- Los materiales de instalación necesarios para cumplir con lo establecido en el párrafo anterior, serán provistos por el Oferente.
- Los trabajos de instalación y puesta en marcha en el sitio, responderán a las mejores prácticas de ingeniería y no perturbarán de ningún modo el normal desarrollo de los servicios de comunicaciones y tránsito aéreo prestados en el sitio. Si hubiera alguna necesidad de interrumpir un servicio en particular, esto se hará en horas y días previamente establecidos y con conocimiento y autorización de la Torre de Control de Catamayo.
- El oferente proporcionará la nomina del personal con sus identificaciones individuales y de los vehículos con sus datos de registro, que realizarán los trabajos necesarios para el ingreso de los equipos, distribución e instalación de los mismos conforme lo exigido en esta especificación, con una anticipación de 10 (diez) días a la fecha de iniciación de esas actividades, a fin de obtener los permisos que correspondan.
- Los trabajos de instalación incluirán, según corresponda:
  a. Instalación total del equipamiento y elementos accesorios.
  b. Puesta en funcionamiento de las unidades instaladas.
  c. Ajuste del equipamiento instalado.
  a. Configuración del equipamiento.
  b. Habilitación de los servicios.

Los trabajos de instalación y puesta en marcha de los servicios de la Torre de Control de Catamayo, deberán formar parte de un Plan de Transición que será elaborado por el Oferente y puesto a consideración y aprobación del Contratista, previo al comienzo de esos trabajos.

1.5 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA

1.5.1 Introducción

El Oferente entregará la documentación técnica y operativa de los sistemas en lengua castellana. Esta documentación contendrá la información necesaria para operar y mantener en forma eficiente todos los sistemas y sus subsistemas constitutivos, y proporcionar al Contratista una adecuada descripción de todos esos elementos. El Oferente garantizará la validez y exactitud de toda la información técnica hasta la recepción definitiva y realizará todas las correcciones que resulten de modificaciones originadas durante la instalación.

1.5.2 Descripción de la documentación técnica. La documentación técnica estará compuesta por:

a. Manual técnico de cada Servicio (arquitectura y funciones)
b. Manuales de Equipos
c. Manuales de Operación

Se deberán entregar tres juegos de cada uno de los manuales descritos, por cada sistema a proveer, uno en papel y dos en medio magnético.

1.5.2.1 Manual técnico del Servicio

El manual incluirá:

a. Descripción general de la Estación Interrogadora y Receptora, Centro de Procesamiento
b. Instalación, configuración y operación
c. Descripción funcional
d. Mantenimiento preventivo y correctivo
e. Listado de equipos
f. Planos conforme a obra, incluyendo diagrama de cableado y de conjunto.

1.5.2.2 Manual de equipos

El manual de equipos deberá contener la información necesaria para la correcta operación y mantenimiento del sistema.

1.5.2.3 Manual de operación

El manual de operación deberá contener toda la información necesaria sobre la correcta operación de los equipos. Contendrá en forma detallada todos los pasos a seguir para cada una de las funciones operativas a ejecutar, indicando el modo de alcanzar el resultado esperado.

1.6 GARANTÍA TÉCNICA Y APOYO POST-VENTA

Desde la Recepción Final del sistema completo se iniciará el periodo de garantía de al menos 24 (veinte y cuatro) meses, mediante el cual, el Oferente garantizará la totalidad de los equipos (hardware y software) entregados y los trabajos ejecutados contra todo defecto de diseño, fabricación o mano de obra (incluidos los vicios ocultos o no percibidos). El soporte post-venta se brindará en lengua castellana.

En virtud que los componentes del hardware (COTS) poseen su propio, y en algún caso diferente, periodo de garantía, ninguna de ellas podrá caducar antes que se finalice con el periodo de garantía del SISTEMA. De ser necesario, el Oferente deberá hacerse cargo ante el Contratista, de mantener vigentes dichas garantías o de reemplazar los componentes que presenten falla.

La Garantía incluye los siguientes servicios con cargo al Oferente:

a. Reparación en fábrica, de todas las unidades que tengan fallas en este período.
b. Reemplazo de las unidades que habiendo fallado, no sean reparables.
c. Coordinar con los fabricantes de terceras partes, la ejecución de las garantías de las mismas.
d. Asistencia técnica desde fabrica, en días y horario laboral, a través de teléfono, correo electrónico, o algún otro medio propuesto por el Oferente, con técnicos que puedan mantener una conversación relacionada con la falla, en idioma español.
e. Todos los gastos de envío a fabrica y su devolución al Contratista, incluyendo seguros, fletes e impuestos en origen y en destino, del material que hubiese presentado falla durante el periodo de garantía.

Durante la garantía, cuando la falla total o parcial del SISTEMA penalice el “funcionamiento operativo” del mismo por un tiempo prolongado, se suspenderá el período de garantía todo el tiempo que dure la reparación de la falla y su regreso al estado de “servicio operativo”.

Luego de regresar al servicio operativo, a partir del momento, se reiniciará el reacondicionamiento total del SISTEMA afectado. Si a juicio del Contratista la avería o falla del SISTEMA afectado fuera importante, se le comunicará al Oferente sobre un nuevo período de Garantía, el cual nunca podrá ser mayor que el período original.

El mantenimiento preventivo y correctivo se realizará usando el lote de repuestos propiedad del Contratista, siendo responsabilidad del Oferente la provisión de toda la asistencia técnica

necesaria, la reparación en fabrica de las unidades fuera de servicio y el reemplazo de las que no sean reparables, para mantener en condiciones de operación normal del SISTEMA afectado.

Otro requisito indispensable para dar por finalizado el período de garantía, es que todo el lote de repuestos propiedad del Contratista, y que el Oferente haya utilizado durante este período para las reparaciones, deberá estar completo, con la totalidad de los mismos en servicio y en el lugar de donde fueron retirados para su utilización.

La reparación por garantía del material fuera de servicio estará a cargo del Oferente en el lugar de instalación, se entiende que la re-exportación e importación del material defectuoso así como también su remoción y re-instalación corren por cuenta y cargo del Oferente. El Contratista tendrá a su cargo los trámites de re-exportación y de despacho a plaza del material importado; los gastos de flete, seguro, por depósitos fiscales y trámites administrativos serán a cargo del Oferente.

Sin perjuicio de lo expresado, el Oferente presentará como opcional una extensión de la garantía por un año, todo incluido, manteniendo los criterios establecidos en la presente especificación para los 24 meses de garantía y otra similar a la anterior, que incluya la actualización tecnológica de los dispositivos de HW descontinuados y su integración al sistema.

1.7 HITOS Y RECEPCIONES EN FÁBRICA, PROVISIONAL Y DEFINITIVA

El Oferente, presentará un cronograma general que incluya las siguientes actividades como mínimo:

a. Estudio de sitio;
b. Presentación y aprobación de documentación de diseño final del sistema (SDD) que incluya: Estudio de sitio, Configuración final del sistema, Obras civiles y de instalación, planos constructivos, diagramas, etc.;
c. Fabricación de los Equipos y Configuración del Software;
d. Entrenamiento en fábrica;
e. Pruebas de aceptación en fábrica (FAT);
f. Embarque del equipo;
g. Preparación del sitio y obras civiles;
h. Instalación del equipo;
i. Entrenamiento en el campo (OJT)
j. Pruebas de aceptación en sitio (SAT)
k. Comisionamiento y entrega.
l. Entrega – Recepción

Durante el proceso de ejecución, el Contratista preparará y presentará un cronograma global del proyecto y lo actualizará cada 30 días. Los hitos en el proceso del proyecto se iniciarán con la firma de contrato y recepción del anticipo. Los siguientes hitos serán:

1.7.1 Documento de Diseño del Sistema (SDD)

El Contratista designará dos (2) especialistas para la revisión y aprobación del SDD y, para el efecto, se ejecutarán las siguientes actividades:

- Visita al sitio de instalación para definir los detalles operativos y técnicos
- Elaboración del borrador del Diseño Final, con Ingeniería de Detalle
- Revisión del Documento Final, con sistemas similares que demuestren los objetivos a alcanzarse.

1.7.2 Recepción en Fábrica

El Contratista designará tres (3) especialistas para ejecutar las Pruebas de Aceptación en Fabrica (FAT), y asegurar el cumplimiento de los parámetros y funcionalidades especificadas en el presente documento. Para cumplir con lo mencionado, el Oferente deberá entregar al Comprador los cronogramas y protocolos de pruebas para su análisis y aprobación.

Los gastos que por alojamiento y transporte (ida y vuelta desde Catamayo), pasajes clase económica, seguros de salud, viáticos, etc., que se originen a efectos de llevar adelante las Pruebas de Aceptación en Fabrica (FAT), que no deberá durar menos de dos semanas, estarán a cargo del Oferente.

Las pruebas de aceptación en fábrica serán en presencia de los representantes del comprador, cuyos nombres serán notificados al contratista no menos de tres semanas antes del inicio de las pruebas.

Si las pruebas no satisfacen las especificaciones, los representantes designados por el comprador no firmarán el Certificado de Aceptación en Fábrica, ellos notificarán por escrito inmediatamente al contratista. Las fallas menores que no afecten la eficiencia o funcionamiento del sistema serán aceptadas, previa la definición del procedimiento de rectificación y descritas en el documento de aceptación.

Si los representantes del comprador no aceptan el resultado de las pruebas, el oferente explicará cómo piensan resolver las dificultades encontradas a fin de que se puedan repetir las pruebas con los equipos que no cumplieron inicialmente. El oferente correrá con todos los costos asociados de re-comprobación en una nueva FAT (es decir costos de viaje, alojamiento y subsistencia para los participantes representantes del comprador.

Los equipos serán considerados aceptados en fábrica por el comprador si y solo si, se demuestra un funcionamiento y estabilidad satisfactoria en las Pruebas de Aceptación

ejecutadas. Se generará un documento al respecto, el cual será firmado por el representante del oferente y los representantes del comprador. Se enviarán tres (3) copias de los registros mencionados al comprador.

El oferente garantizará que todo el equipamiento incluido bajo un contrato eventual, así como sus partes de repuesto, herramientas, equipos de prueba, accesorios y documentación, estén disponibles durante la Aceptación en Fábrica, para la inspección, revisión y aprobación por parte del comprador.

1.7.3 Recepción Provisional

El Comprador procederá a la Recepción Provisional de cada uno de los subsistemas mencionados en la presente especificación técnica, una vez que se verifique:

a. La entrega del sistema totalmente instalado y funcionando, de acuerdo a lo especificado.
b. La entrega de todos los equipos y materiales necesarios para cumplir con el objetivo deseado a presente y futuro, excepto los de consumo normal.
c. La entrega de toda la documentación técnica.
d. La ejecución de las pruebas, previamente acordadas, que permitan determinar el correcto funcionamiento de los subsistemas provistos y la correcta funcionalidad de los servicios. Para cumplir con lo mencionado, el Oferente deberá entregar previamente los cronogramas y protocolos de pruebas para análisis y aprobación por parte del Comprador.
e. La entrega en forma documentada de las licencias de todo el software propietario y de terceros, para permitir una eventual reinstalación del sistema.
f. Las exigencias mencionadas en esta especificación a cumplirse antes de finalizar dicho evento.

1.7.4 Recepción Definitiva

Se efectuara con posterioridad a los dos (2) meses de la Recepción Provisional y siempre que se verifique que:

a. Se hayan finalizado eventuales trabajos que quedaron pendientes en la Recepción Provisional y que el resultado haya sido el esperado.
b. Que el sistema instalado en su totalidad, haya funcionado normalmente y de manera estable, durante el período previsto.

1.8 REDES

Infraestructura de redes completa para el sistema, con cableado estructurado y capacidad de al menos 100Mb. Es deseable una LAN Ethernet común.

1.8.1 Cables y otros componentes menores.

Todos los cables, conectores y otros herrajes, se proporcionarán en forma completa y suficiente para el proyecto.

1.9 REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

1.9.1 Niveles de mantenimiento:

1.9.1.1 El Nivel I consistirá de la detección de fallas en el Modulo Reemplazable Elemental (Lowest Replaceable Module - LRM) y rehabilitación del servicio al reemplazar el LMR en falla. Los repuestos de Nivel 1 permanecerán en el sitio. Un "LRM" es una unidad tal como: tarjetas de circuitos impresos en general, discos magnéticos, impresoras, etc.

1.9.1.2 El Nivel 2 consistirá en el asilamiento de un componente en falla en un LRM, reemplazando el componente mencionado y probándolo para verificar la acción de reparación.

1.9.2 Cotización de Mantenimiento de Nivel 2

El contratista deberá presentar una cotización para la prestación de nivel 2 de mantenimiento para todas las LRMs especializadas que requieren instalaciones especiales para reparación. La cotización será por un periodo mínimo de 5 anos una vez que se termine la garantía inicial de 2 anos. En el caso de que las líneas de producción se cierren antes de que expire el periodo de 5 anos, el proveedor deberá proporcionar pruebas especializadas y reparación de hardware, además de capacitación, sin costo alguno para el comprador.

El comprador resolverá sobre la conveniencia de incluir en el costo final, la capacidad de Mantenimiento de nivel 2.

1.9.3 Diseño del Mantenimiento

1.9.3.1 El equipamiento especificado a continuación deberá tener unas características de mantenimiento de hardware que permitan reducir los tiempos de reparación mediante la provisión de técnicos con la capacidad para diagnosticar en corto tiempo un fallo, identificar la unidad y reemplazarla rápidamente con el fin de satisfacer los requisitos de disponibilidad. Debe considerarse como fundamental un mantenimiento preventivo mínimo en el diseño del sistema.

1.9.3.2 El contratista deberá presentar un documento de Procedimientos de Mantenimiento recomendando en forma detallada todas las rutinas de mantenimiento preventivo, los equipos de prueba y habilidades técnicas requeridas por el personal para mantener el hardware.

1.9.3.3 Una falla en el uso de los sistemas/equipos dará lugar a la conmutación automática al procesador de reserva indicando el error y la reconfiguración automática en la estación de mantenimiento.

1.9.3.4 Las características de diseño de mantenimiento deberán incluir diagnósticos on-line y off-line, diagnósticos de la energía de alimentación, puntos de prueba y equipos de prueba internos del equipamiento. Todas las unidades de hardware estarán equipadas con programas de de diagnostico como parte del software.

1.9.4 Características de Mantenimiento de Software

Donde sea posible, las fallas de software deben estar autodocumentadas, proporcionando un registro de un dump y/o un crash dump. En el evento de que una falla se detecte un crash dump, el sistema puede ser manualmente iniciado en la Estación de Trabajo de Mantenimiento y el sistema se cargara nuevamente y se reiniciara.

1.10 MANTENIBILIDAD/DISPONIBILIDAD

1.10.1 Mantenibilidad

1.10.1.1 La mantenibilidad se expresa como la probabilidad de que un sistema sea restaurado a una condición específica dentro de un periodo dado de tiempo, cuando se ejecuta un mantenimiento conforme a procedimientos predefinidos y recursos.

1.10.1.2 El Tiempo Medio Para Reparación (Mean Time To Repair - MTTR) del equipamiento especificado no excederá los 30 minutos.

1.10.2 Disponibilidad

1.10.2.1 La disponibilidad es la probabilidad, expresada como un porcentaje, que un sistema, bajo aspectos combinados de confiabilidad, mantenibilidad y soporte de mantenimiento, ejecutaran las funciones requeridas en un momento de tiempo aleatorio.

1.10.2.2 La disponibilidad operacional (DO) de un sistema debe ser calculada usando la siguiente ecuación:

$$DO = \frac{MTBF \times 100\%}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF = Mean Time Between Failures (horas)
MTTR = Mean Time To Repair (horas)

1.10.2.3 El oferente presentará figuras de disponibilidad y confiabilidad para cada equipamiento propuesto en el proyecto.

Apéndice B

EQUIPOS UTILIZADOS

Estación Central (1 estación):

1. Procesador Central	Servidor DELL	Redundante
2. Base de tiempo (NTP)	Mainberg	Redundante
3. Monitoreo y Control	Computador DELL	
4. Transponder/Antena	FUNWERK	
5. Comunicaciones Red 1	Switch ZyXEL	Redundante
6. Comunicaciones Red 2	Switch ZyXEL	Redundante
7. Salida Comunicaciones	Router Cisco	Redundante
8. Enlaces de radio (4)	AVIAT (IDU-ODU)	Redundante
9. UPS	TRIPP-LITE	

Estación Receptora (9 estaciones):

10. Rx Banda L y GPS	Indra	
11. Antena Receptor	European Ant.	
12. Rx Master Head Box	Indra	
13. Antena GPS	Novatel	
14. Enlaces de radio	AVIAT (IDU-ODU)	Redundante
15. Baterías de respaldo		

Estación Interrogadora (3 estaciones – Villonaco, Colambo y San Pedro):

16. Tx Banda L	Indra
17. Antena Interrogador	Bytom

Repuestos

18. Interrogadora y antena
19. Receptora y antena
20. Antena GPS
21. Enlace de radio y antena

Equipos de Medida

22. Analizador de Redes 4GHz
23. Osciloscopio
24. Multímetro digital

Apéndice C

Ejemplo de Anteproyecto

Nota.- El formato de anteproyecto y orden de servicio fue entregado para el efecto por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) del Ecuador

APÉNDICE B

Región SAM	**DESCRIPCION DEL PROYECTO (DP)**	DP N° C2	
Programa	**Título del Proyecto**	**Fecha inicio**	**Fecha término**
Automatización y Comprensión Situacional ATM (*Coordinador del Programa: Onofrio Smarrelli*)	**Mejoras a la comprensión situacional ATM en la Región SAM** *Coordinador del Proyecto: Paulo Vila (Perú)* *Expertos contribuyentes al proyecto: José Rubira, Marcos Vidal, Jorge Otiniano (Perú); Javier Vittor (Argentina), André Jansen (Brasil),) Iván Salas (Ecuador*	Octubre 2011	Octubre de 2015
Objetivo	Desarrollar guías que apoyen la implantación de las mejoras de la comprensión situacional en las dependencias ATS en la Región Sudamérica		
Alcance	Guías que apoyen la implantación de aplicaciones diversas tales como visualización común de tránsito, visualización común de condiciones meteorológicas y comunicaciones en general • Análisis de la infraestructura actual de vigilancia e identificación de las mejoras necesarias para apoyar los espacios aéreos en ruta y terminal, la clasificación del espacio aéreo, la PBN y el ATFM • Implementación de sistemas de vigilancia ADS-B, ADS-C y/o MLAT en espacios aéreos seleccionados • Información electrónica y bases de datos mínimas comunes requeridas para apoyar los procesos de toma de decisiones y sistemas de alerta para una conciencia situacional interoperable entre las unidades ATFM centralizadas • Implantar sistemas de proceso de datos de plan de vuelo (nuevo formato FPL) y herramientas de comunicación de datos entre ACC´s • Implantar herramientas de apoyo avanzadas de automatización para contribuir a la compartición de la información aeronáutica		
Métricas	Elaboración de los siguientes documentos: • Estrategia regional de vigilancia para la implantación de los sistemas en apoyo a la mejora de la conciencia situacional revisada • Evaluación de la cobertura de los sistemas de vigilancia de la región SAM finalizada • Guía de consideraciones técnico/ operacionales para la implantación del ADS-B finalizada • Guía de consideraciones técnico/ operacionales para la implantación del MLAT finalizada • Guía de orientación con consideraciones técnicas para el apoyo a la implantación del ATFM finalizada • Guía de orientación para la elaboración del SIGMET en formato gráfico finalizada		

Estrategia	Todos los trabajos serán ejecutados por expertos nominados por los Estados y organizaciones de la región SAM miembros del proyecto de *Mejoras a la comprensión situacional ATM en la Región SAM.*, bajo la dirección del Coordinador del Proyecto. Las comunicaciones entre miembros del proyecto así como entre el coordinador del proyecto y el coordinador del programa deberán efectuarse por medio de teleconferencias y de la Internet. Una vez completado los estudios, los resultados serán remitidos al Coordinador del Programa de la OACI en forma de documento final de consolidación para su análisis, revisión, aprobación y presentación al CRPP del GREPECAS.
Metas	• Estrategia regional de vigilancia para la implantación de los sistemas en apoyo a la mejora de la comprensión situacional para julio 2012 (Finalizada) • Evaluación de la cobertura de los sistemas de vigilancia de la región SAM para octubre de 2012 (Finalizada) • Guía de consideraciones técnico/operacionales para la implantación del ADS-B junio 2012 (Finalizada) • Guía de orientación para la elaboración del SIGMET en formato gráfico (marzo 2013) (Finalizada) • Guía de consideraciones técnico/operacionales para la implantación del MLAT marzo 2015 (Finalizada) • Guía de orientación con consideraciones técnicas para el apoyo a la implantación del ATFM. • Plan de acción para la implantación ADS B en la Región SAM (Noviembre 2014)
Justificación	Mejorar la conciencia situacional ha sido identificada como un gran apoyo para el ATM, contribuyendo a incrementar la seguridad operacional y haciendo el vuelo más eficiente. Asimismo es necesaria una estrecha relación con otros programas y sus respectivos proyectos con el fin de recolectar los requisitos operacionales demandados por las aplicaciones mencionadas y sus respectivas fechas tentativas de implantación. Este proyecto contribuye a la implantación de los módulos B0 ASUR, B0 SURF, B0 NOPS y B0 AMET del *Plan de Implantación del Sistema de Navegación Aérea Basado en el Rendimiento para la Región SAM* (SAM PBIP).
Proyectos relacionados	• Sistemas de Navegación Aérea en Apoyo a la PBN • Automatización • ATFM • Aplicaciones Tierra- Tierra y Aire- Tierra de la ATN

Entregables del Proyecto	Relación con el Plan Regional basado en Performance y los módulos del Bloque 0 del ASBU	Responsable	Estado de Implantación*	Fecha entrega	Comentarios
Evaluación de la infraestructura de vigilancia e identificación de mejoras a los sistemas de vigilancia					
Evaluación de la cobertura actual de los sistemas de vigilancia de la Región SAM.	PFF SAM CNS 04 B0 ASUR	Paulo Vila (Perú)		Octubre 2012	Se presentó como Apéndice de la Guía de consideraciones técnicas / operacionales para la implantación del ADS-B.
Elaboración de un plan regional para implantación del ADS-B y MLAT					
Guía de orientación con consideraciones técnicas / operacionales para la Implantación del ADS-B.	PFF SAM CNS 04 B0 SURF B0 ASUR	José Rubira (Perú) Marco Vidal (Perú)		Octubre 2012	La Guía que incluye comentarios de Brasil, Chile y Guyana se presentó en la SAM/IG/11-NE/06. La Reunión aprobó la Guía. El Perú ampliará posteriormente las consideraciones para determinar los valores recomendados del NIC, SIL, NAC para aplicación operacional.
Guía de orientación con consideraciones técnicas / operacionales para la implantación del MLAT.	PFF SAM CNS 04 B0 SURF B0 ASUR	Iván Salas Ecuador		Marzo 2015	La guía se presenta en el Décimo Quinto Taller Reunión de implantación SAM (SAM/IG/15) para la revisión inicial y posterior circulación a todos los Estados de la Región para la revisión final y posterior aprobación.

* ***Gris*** *- Tarea no iniciada*
Verde *- Actividad en progreso de acuerdo con el cronograma*
Amarillo *- Actividad iniciada con cierto retardo pero estaría llegando a tiempo en su implantación*
Rojo *- No se ha logrado la implantación de la actividad en el lapso de tiempo estimado se requiere adoptar medidas mitigatorias*

Entregables del Proyecto	Relación con el Plan Regional basado en Performance y los módulos del Bloque 0 del ASBU	Responsable	Estado de Implantación*	Fecha entrega	Comentarios
Guía de orientación con consideraciones técnicas para el apoyo a la implantación del ATFM.	PFF SAM ATM 05 B0 NOPS	No asignado		Octubre 2015	La guía se apoyará sobre el Manual ATFM para las Regiones CAR/SAM aprobado a través de la Conclusión GREPECAS 16/35. Se está a la espera de la Guía ATFM para definir los requerimientos operacionales que permitan elaborar esta guía.
Guía de orientación para la elaboración del SIGMET en formato gráfico.	PFF SAM MET 03 B0 AMET	Jorge Otiniano (Perú)		2013	El documento fue entregado a la Secretaría (MET) para su revisión por los correspondientes grupos especialistas de meteorología.
Plan de Acción para la implantación regional del ADS-B.	B0 ASUR	Paulo Vila (Perú)		Octubre 2014	Plan de acción para la implantación regional del ADS B se presentó en el Decimo cuarto Taller/Reunión de implantación de la Región SAM (SAM/IG/14) Lima, Perú, noviembre de 2014
Recursos necesarios	Expertos en la ejecución de los entregables				

- - - - - -