



## FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA

### IMPLEMENTACIÓN DE UN RADAR TRANSPORTABLE MSSR-S PARA LA VIGILANCIA AERONÁUTICA PERUANA.

Línea de investigación:

Sistema de comunicación y optimización radar

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero de  
Telecomunicaciones

Autor

Vidal Tarazona, Luis Ernesto

Asesor

Solís Fonseca, Justo Pastor  
(ORCID: 0000-0002-0302-2753)

Jurado

Flores Masías, Edward José  
Pastor Castillo, José Enrique  
Rosales Fernández, José Hilarión

Lima – Perú  
2022



### **Dedicatoria**

Ante todo, a Dios, mis padres Teodora Tarazona y Arsemio Vidal, mis hermanas y hermanos, mis maestros y a todos los que me apoyaron con un granito de arena en mi crecimiento profesional y personal.

### **Agradecimientos**

A mi asesor, Dr. Justo Solís, por su dedicación y constante apoyo, quien ha hecho fácil lo que parecía difícil, y ha sido un gusto contar con su guía y su ayuda para este trabajo.

A todos mis profesores de la Facultad de Ingeniería Electrónica e Informática de la universidad Federico Villareal, quienes durante 5 años me compartieron su conocimiento y experiencia, mientras me formaba como profesional.

## Índice

Dedicatoria .....	III
Agradecimientos .....	IV
Índice.....	V
Índice de Tablas .....	VII
Índice de Figuras.....	VIII
Resumen.....	XIV
Abstract.....	XV
I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Trayectoria del Autor .....	2
1.2. Descripción de la Empresa.....	6
1.3. Organigrama de la Empresa .....	8
1.4. Áreas y Funciones Desempeñadas .....	12
II DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA .....	14
2.1. Situación Problemática.....	14
2.1.1. Definición del problema .....	15
2.1.2. Problema principal .....	15
2.2. Solución.....	16
2.2.1. Objetivo General.....	16
2.2.2. Alcance .....	17

2.2.3.	Etapas y Metodologías .....	20
2.2.4.	Fundamentos Utilizados.....	23
2.2.5.	Implementación de la Solución.....	30
2.2.6.	Análisis de resultados .....	111
2.3.	Evaluación.....	132
2.3.1.	Evaluación Económica.....	132
2.3.2.	Beneficio para la Organización.....	136
III	APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA.....	138
IV	CONCLUSIONES.....	139
V	RECOMENDACIONES .....	141
VI	REFERENCIAS .....	143
VII	ANEXOS.....	145

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Listado de experiencia profesional .....	3
<b>Tabla 2</b> Formación Académica Profesional .....	5
<b>Tabla 3.</b> Cursos y eventos académicos.....	5
<b>Tabla 4</b> Otras capacidades.....	6
<b>Tabla 5</b> Etapas de la implementación del radar transportable MSSR-S .....	21
<b>Tabla 6</b> Medida de atenuación externa del radar .....	96
<b>Tabla 7</b> Medida de ROE del radar transportable.....	96
<b>Tabla 8</b> Medidas y ajuste de la fase del radar. ....	97
<b>Tabla 9</b> Medida de potencia del radar a los diferentes niveles de potencia .....	97
<b>Tabla 10</b> Rango dinámico del canal 1. ....	99
<b>Tabla 11</b> Rango dinámico del canal 2 .....	100
<b>Tabla 12</b> Rango de PD en el periodo de mantenimiento del radar de Lima .....	130
<b>Tabla 13</b> Errores sistemáticos en los radares de CORPAC durante el mantenimiento del radar de lima .....	131
<b>Tabla 14</b> Total de evaluaciones de precisión de los radares de CORPAC, cuando el radar de lima estaba en mantenimiento.....	131
<b>Tabla 15</b> Resumen de incidencias durante el periodo de mantenimiento del radar de lima .....	132
<b>Tabla 16</b> Cuadro de costo de inversión de servicio logístico y de instalación.....	133
<b>Tabla 17</b> Cuadro de costo total de inversión para la implementación del radar transportable ..	134
<b>Tabla 18</b> Comparativa del costo de un radar transportable y un radar estacionario .....	135
<b>Tabla 19</b> Análisis de costo – beneficio para la ejecución del proyecto .....	135

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Organigrama de la presencia de Indra sistemas S.A.....	8
<b>Figura 2</b> Organigrama de la presencia de Indra en latino américa.....	9
<b>Figura 3</b> Organigrama Estructural del comité de direccion de indra sistemas S.A.....	11
<b>Figura 4</b> Presencia de los ocho (8) radares en las 8 regiones del peru – Indra .....	19
<b>Figura 5</b> Presencia de la compañía en el mundo – Indra.....	20
<b>Figura 6</b> Estrategia de implementacion on-site del radar transportable.....	31
<b>Figura 7</b> Proceso general que comprende el SPRINT 1.....	33
<b>Figura 8</b> Radar MSSR-S transportable - fabricación INDRA. ....	34
<b>Figura 9</b> Radar transportable MSSR-S mediante camion ISO 40Pies .....	35
<b>Figura 10</b> Torre de antena desplegable y replegable del radar transportable.....	36
<b>Figura 11</b> Sistema de accionamiento de antena – imagen referencial. ....	37
<b>Figura 12</b> Antena LVA del radar transportable MSSR-S .....	38
<b>Figura 13</b> Subsistema interrogador MSSR-S .....	39
<b>Figura 14</b> Diagrama de bloques funcionales del interrogador .....	40
<b>Figura 15</b> Conjunto transmisor del interrogador – Radar MSSR-S .....	41
<b>Figura 16</b> Receptor MSSR-S del radar transportable–MEX.....	43
<b>Figura 17</b> Servidor NTP M300 – brinda el fechado a todo el sistema radar.....	44
<b>Figura 18</b> Sistema de control y monitorización radar .....	45
<b>Figura 19</b> Visual radar – herramienta para monitorizar la data radar en tiempo real .....	46
<b>Figura 20</b> Unidad de prueba y supervisión radar .....	47
<b>Figura 21</b> Transpondedor modo S de un solo canal.....	48

<b>Figura 22</b> Aire acondicionado tipo ventana modelo militar.....	49
<b>Figura 23</b> Fuente de alimentación ininterrumpida (UPS), que soporta la carga total del radar ...	50
<b>Figura 24</b> Grupo electrógeno atlas copco.....	50
<b>Figura 25</b> Ventana principal de PREDICTion .....	53
<b>Figura 26</b> Cobertura por línea de vista de los 8 radares a 15.000 y 20.000 fl.....	54
<b>Figura 27</b> Cobertura por línea de vista de los 8 radares 25.000 y 30.000 fl .....	55
<b>Figura 28</b> Cobertura por línea de vista de los 8 radares 35.000 y 40.000 fl .....	55
<b>Figura 29</b> Cobertura MSSR modo S a 40.000 Pies de los 8 radares .....	56
<b>Figura 30</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Arequipa (250 FL) .....	57
<b>Figura 31</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Ayacucho (250 FL).....	58
<b>Figura 32</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Cajamarca (250 FL) .....	59
<b>Figura 33</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Cuzco (250 FL).....	60
<b>Figura 34</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Iquitos (250 FL) .....	61
<b>Figura 35</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Pucallpa (250 FL) .....	62
<b>Figura 36</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Talara (250 FL).....	63
<b>Figura 37</b> Cobertura MSSR Modo S Sin Lima (250 FL).....	64
<b>Figura 38</b> Cobertura del radar transportable a 5.000 y 10.000 fl .....	66
<b>Figura 39</b> Cobertura del radar transportable a 15.000 y 20.000 fl .....	66
<b>Figura 40</b> Cobertura del radar transportable a 25.000 y 30.000 fl .....	67
<b>Figura 41</b> Cobertura del radar transportable a 35.000 y 40.000 fl .....	67
<b>Figura 42</b> Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 5.000 y 10.000 fl .....	69
<b>Figura 43</b> Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 15.000 y	

20.000 fl .....	70
<b>Figura 44</b> Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 25.000 y 30.000 fl .....	70
<b>Figura 45</b> Cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable a 5.000 y 10.000fl. ....	72
<b>Figura 46</b> Cobertura combinada de los radares de Corpac y el radar transportable a 15.000 y 20.000fl. ....	73
<b>Figura 47</b> Cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable a 25.000 y 30.000fl. ....	74
<b>Figura 48</b> Cobertura combinada de los radares de Corpac y el radar transportable a 35.000 y 40.000fl. ....	75
<b>Figura 49</b> Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 5.000 y 10.000 fl. ....	76
<b>Figura 50</b> Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 15.000 y 20.000 fl. ....	77
<b>Figura 51</b> Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 25.000 y 30.000 fl. ....	78
<b>Figura 52</b> Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 35.000 y 40.000 fl. ....	79
<b>Figura 53</b> Plano perimétrico donde se implementará el emplazamiento radar .....	80
<b>Figura 54</b> Cuadro técnico de cada uno de las limitaciones del terreno. ....	80
<b>Figura 55</b> Verificación del sitio donde se implementará el radar transportable .....	81
<b>Figura 56</b> Proceso de descarga del radar transportable y dejado en sitio.....	82

<b>Figura 57</b> Línea de vista para el radio enlace hacia la torre de control aéreo. ....	82
<b>Figura 58</b> Shelter radar que comprende los equipos electrónicos y generador diésel .....	83
<b>Figura 59</b> Electrónica MSSR-S, más los sistemas de comunicaciones.....	84
<b>Figura 60</b> Aire acondicionado tipo ventana modelo militar.....	85
<b>Figura 61</b> Sistema de antena LVA y la interfaz mecánica .....	88
<b>Figura 62</b> Torre desplegable y replegable de 11 metros .....	89
<b>Figura 63</b> Sistema de pararrayo instalado en la torre .....	90
<b>Figura 64</b> Proceso de descarga del equipamiento radar transportable .....	91
<b>Figura 65</b> Pasos a seguir para el adecuado encendido del radar. ....	92
<b>Figura 66</b> Etapas del despliegue de la torre transportable.....	93
<b>Figura 67</b> Radar transportable listo para pasar las pruebas de medidas exhaustiva.....	94
<b>Figura 68</b> Frecuencia de transmisión del radar centrado a 1030 MHz .....	95
<b>Figura 69</b> Pulso para la interrogación modo S .....	98
<b>Figura 70</b> Pulso para las interrogaciones en SRR .....	98
<b>Figura 71</b> Sensibilidad tangencial de radar transportable .....	101
<b>Figura 72</b> Generación del patrón de blanco con apoyo de la UTS.....	102
<b>Figura 73</b> Análisis de viabilidad del enlace microonda .....	103
<b>Figura 74</b> Espectro libre en los canales 5747.5Mhz y 5815Mhz para el enlace .....	104
<b>Figura 75</b> Niveles de potencia del enlace microondas torre - radar.....	104
<b>Figura 76</b> Prueba de ancho de banda del enlace torre - radar .....	105
<b>Figura 77</b> Flujos de datos en el Sistema de Comunicaciones .....	106
<b>Figura 78</b> Proceso del análisis automático del SASS-C.....	107
<b>Figura 79</b> Lectura de datos y estadísticas del SASS-C .....	107

<b>Figura 80</b> Arquitectura de PASS para la evaluación de prestaciones radar .....	108
<b>Figura 81</b> Proceso Genérico de la arquitectura del PASS.....	109
<b>Figura 82</b> Proceso involucrados para el análisis en el PASS.....	110
<b>Figura 83</b> Proceso del rendimiento operativo para la prevención de degradaciones -PASS .....	111
<b>Figura 84</b> Número de reporte de blancos del 17 de marzo de 2020 hasta el 2022.....	112
<b>Figura 85</b> Valores utilizados y no utilizados para el promedio ilustrados sobre una curva de distribución normal. Se Eliminan los Valores a más Distancia de $-2\sigma$ de la Media .....	113
<b>Figura 86</b> Valores Utilizados y no Utilizados para el Promedio Ilustrados sobre una Curva de Distribución Normal. Se Eliminan los Valores a más Distancia de $+2\sigma$ de la Media.....	114
<b>Figura 87</b> Valores Utilizados y no Utilizados para el Promedio Ilustrados sobre una Curva de Distribución Normal. Se Eliminan los Valores a Comprendidos a una Distancia entre $-2\sigma$ y $+2\sigma$ de la Media .....	115
<b>Figura 88</b> Probabilidad de detección - radar lima versus radar transportable.....	116
<b>Figura 89</b> Falsos y múltiples plots – radar de lima versus radar transportable .....	116
<b>Figura 90</b> Error sistemático - radar de lima versus radar transportable .....	117
<b>Figura 91</b> Error aleatorio - radar de lima versus radar transportable .....	118
<b>Figura 92</b> Prestaciones del radar de lima es inferior a la del radar transportable .....	119
<b>Figura 93</b> Probabilidad de detección modo S del radar transportable visto en formato polar ...	120
<b>Figura 94</b> Precisión de acimut del radar trasportable.....	121
<b>Figura 95</b> Cobertura del radar transportable, sin el radar de lima.....	122
<b>Figura 96</b> Latencia de la data radar del transportable hasta su llegada al centro de control, medidos en milisegundos. ....	123
<b>Figura 97</b> Detección de la posición en Modo S de los radares de CORPAC sin el radar de Lima	

.....	124
<b>Figura 98</b> Porcentaje de blancos múltiples de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable. ....	124
<b>Figura 99</b> Probabilidad de detección de códigos modo A y C en modo S de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable. ....	125
<b>Figura 100</b> Error sistemático en distancia de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable. ....	126
<b>Figura 101</b> Error sistemático en acimut de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar de lima .....	127
<b>Figura 102</b> Desviación estándar de error en acimut modo S de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable. ....	128
<b>Figura 103</b> Desviación estándar de error en distancia modo S de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable. ....	129

## Resumen

El presente Trabajo de Suficiencia profesional (TSP), describe el radar transportable MSSR-S, como un sistema para la vigilancia aeronáutica comercial, para minimizar el impacto operacional ante emergencias que afecte al tránsito aéreo, pudiendo ser transportado por vía aérea, marítima y terrestre, sin producir daños estructurales y restablecer los datos radar en tiempo corto. Estos últimos años, se tiene un histórico donde se pone en evidencia, las falencias en los radares y se caracterizan por presentar constante caída del radar por tiempo prolongado o que operan sin un sistema de respaldo radar, debido a la falta de mantenimiento, poniendo en riesgo la seguridad aérea, debido a que no cuentan con solapamiento de cobertura a más de 3 radares. La implementación del radar transportable MSSR-S permite realizar trabajos que involucra la parada prolongada del radar, cuyo objetivo principal, es reemplazar la cobertura del espacio aéreo de los 8 radares durante los trabajos de mantenimiento o modernización, o cubrir las zonas sin cobertura en todo el espacio aéreo peruano. Para la implementación se usó la metodología SCRUM mediante tres (3) SPRINT; el primer sprint, hace mención a los equipamientos y estudio de cobertura radar, el segundo comprende la fase de implementación y la prueba de servicio y, la tercera, la fase de análisis operacional con los 8 radares. Como resultado de la integración a los demás sistemas radar, se viene operando en conjunto, brindando datos radar de alta fiabilidad, según las predicciones realizadas con los softwares de aviación aceptadas por EuroControl y OACI, brindando continuamente análisis de las prestaciones radar, asegurando que en todo momento los sistemas operan en perfectas condiciones, haciendo seguro en todo momento el espacio aéreo peruano.

**Palabras clave:** Aeronáutica, radar transportable MSSR-S, OACI, CORPAC, datos radar

### **Abstract**

This Professional Sufficiency Work (TSP) describes the MSSR-S transportable radar acquired by CORPAC, as a system for commercial aeronautical surveillance, to minimize the operational impact in emergencies that affects air traffic, being able to be transported by air, sea and ground, without causing structural damage and restoring radar data in a short time. In recent years, there is a history of alarms, where the shortcomings in the radars are evident and they present a constant radar drop for a long time or that operate without a radar backup system due to lack of maintenance, putting air safety at risk, since they do not have overlapping coverage to more than three radars. The implementation of the transportable radar MSSR-S allows to carry out works that involve the prolonged stop of the radar; its main objective being to replace the coverage of the airspace of the 8 radars during maintenance or modernization work, or to cover the areas without coverage throughout the Peruvian airspace. For the implementation, the SCRUM methodology was used through three (3) SPRINTS; the first sprint refers to the equipment and radar coverage study, the second the implementation and service test phase and the third the operational analysis phase with the 8 radars. As a result of the integration with the other radar systems, it has been operating together, providing highly reliable radar data, according to the predictions made with the aviation software accepted by EuroControl and ICAO, continuously providing analysis of radar performance; ensuring that in the systems always operate in perfect conditions, always making Peruvian airspace safe.

**Keywords:** Aeronautics, MSSR-S transportable radar, ICAO, CORPAC, radar data.

## I INTRODUCCIÓN

Este sistema está empaquetado en un contenedor multimodal ISO estándar de 6 metros (20 pies) y un elemento de la misma dimensión para la torre (pedestal y antena). Aunque los contenedores están ampliamente modificados internamente donde se ubican los equipamientos radar y comunicaciones, las dimensiones externas son las de un contenedor de envío normal. El equipo convencional de manejo y carga de contenedores se puede usar con seguridad para cargar y descargar estos contenedores, tanto para aviones como para camiones. El camión que transporta el Refugio debe ubicarse cerca del sitio elegido, el área circundante debe estar despejada para permitir la descarga. Los requisitos mínimos del Sitio para la implementación exitosa de este Sistema son:

- Cimentación de hormigón preparada para la Torre Radar.
- 2. Acceso para transportistas.
- 3. Terreno razonablemente llano y firme para el refugio Radar. Verifique la accesibilidad del sitio para camiones y grúas. Verifique que los cimientos de concreto estén libres de obstrucciones.
- 4. Verifique las interfaces, el espacio disponible, la energía, etc., para el transpondedor, datos externos.

### **1.1. Trayectoria del Autor**

Soy un profesional, bachiller en Ingeniería de Telecomunicaciones por la Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV), con especialización en comunicaciones móviles por la INICTEL y con una especialización en radares secundarios por la empresa INDRA.

Poseo más de 4 años de experiencia en el campo de las comunicaciones móviles y más de 3 años de experiencia profesional, desarrollando soluciones para el proceso de optimización y puesta en operatividad de los diferentes sistemas radar que existe en el mercado nacional e internacional, cooperando con las diferentes entidades que se encuentran vinculados con la navegación aérea.

Actualmente, me desempeño como ingeniero de soluciones CNS, brindando consultoría y soluciones de las diferentes tecnologías radar que posee cada cliente en centro américa y sur américa.

La trayectoria profesional y académica se lista en la siguiente tabla:

**Tabla 1***Listado de experiencia profesional*

<b>EXPERIENCIA PROFESIONAL</b>				
<b>Entidad</b>	<b>Área</b>	<b>Cargo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Tiempo</b>
	Ingeniería	Soluciones CNS	Marzo 2018 - actualidad	46 meses
<b>INDRA</b>				
			- Desarrollar, implementar e integración de soluciones innovadoras basadas en las nuevas tecnologías emergentes para la vigilancia del tráfico aéreo, brindado apoyo de consultoría y soluciones para la continua operatividad de los diferentes sistemas que hace posible la seguridad del espacio aéreo dentro de un país, ya sea para tráfico aéreo comercial o militar.	
			- Análisis de las prestaciones radar y optimización continúa analizando los diferentes parámetros radar.	
	Ingeniería	Ingeniero RF	Marzo 2017 – diciembre 2017	10 meses



**Tabla 2***Formación Académica Profesional*

<b>FORMACION ACADEMICA PROFESIONAL</b>			
<b>Formación recibida</b>	<b>Institución que Acredita</b>	<b>Documento de acreditación</b>	<b>Fecha</b>
Ingeniería de telecomunicaciones – facultad de ingeniería electrónica e informática	UNFV	Diploma de Grado Académico de bachiller	2010 - 2014

Nota. Elaborado por el autor.

**Tabla 3.***Cursos y eventos académicos*

<b>CURSOS Y EVENTOS ACADEMICOS</b>		
<b>Cursos</b>	<b>Institución</b>	<b>Año</b>
Especialización en sistemas radar secundario	INDRA	2019
Sistema de comunicaciones móviles	TECSUP	2017
Comunicaciones móviles	INICTEL	2014
CCNA	INICTEL	2013-2014
Cableado estructurado	UTP	2013
Italiano	UNFV	2020
Ingles	El británico	2014

Nota. Elaborado por el autor.

**Tabla 4***Otras capacidades*

<b>OTRAS CAPACIDADES</b>	
Lengua de programación	C++, Cassandra, Python.
Metodologías	Scrum
Sistemas operativos	Windows, Linux

Nota. Elaborado por el autor.

## **1.2. Descripción de la Empresa**

INDRA, es una de las empresas líderes de consultoría y tecnología, cuenta con soluciones propias en servicios tecnológicos avanzadas y de alto valor añadido, brinda soluciones a los asuntos más críticos y mejora cada uno de los procesos de sus clientes. Gestiona sus proyectos de forma integral, brindando soluciones a medida a cada cliente. Además, cuenta con una cultura de flexibilidad y adaptación a las necesidades del mercado internacional, Partiendo de su profundo conocimiento sobre los procesos clave de sus negocios.

Según las organizaciones internacionales y socios estratégicos se afirma que INDRA (2020): “cuenta con equipos de especialistas con sólidos conocimientos enfocados en crear valor y en generar negocio a dichos clientes, y acostumbrados a trabajar de forma conjunta con ellos, siendo líder mundial en el desarrollo de soluciones tecnológicas integrales en todo el mundo, como: Defensa y Seguridad, Transporte y Tráfico, Energía e Industria, Telecomunicaciones y Media, Servicios financieros, Administraciones públicas y Sanidad”

## Misión

La misión de la empresa es “Gestionar el conocimiento y la innovación que con cada público objetivo, son capaces de innovar, constituyendo los ámbitos prioritarios de responsabilidad de la compañía.”.

## Visión

La empresa esta basa en la sostenibilidad a mediano y largo plazo, ligado al buen desempeño y comportamiento de la compañía con su cartera de clientes, y la responsabilidad de la empresa está alineada con su actividad natural, la creación de riqueza, y a través de la generación de soluciones y servicios, y aquello que es propio y distintivo de la innovación.

### Datos de la Institución Global:

- Nombre Comercial: **Indra Sistemas, S.A.**
- Dirección: Avenida de Bruselas, 35, 28108, Alcobendas
- Estado: Madrid
- País: España
- Página Web: <https://www.indracompany.com/>
- Industria: Gestión de servicios de tecnologías de la información consultoría tecnológica

### Datos de la Subsidiaria Local en Perú:

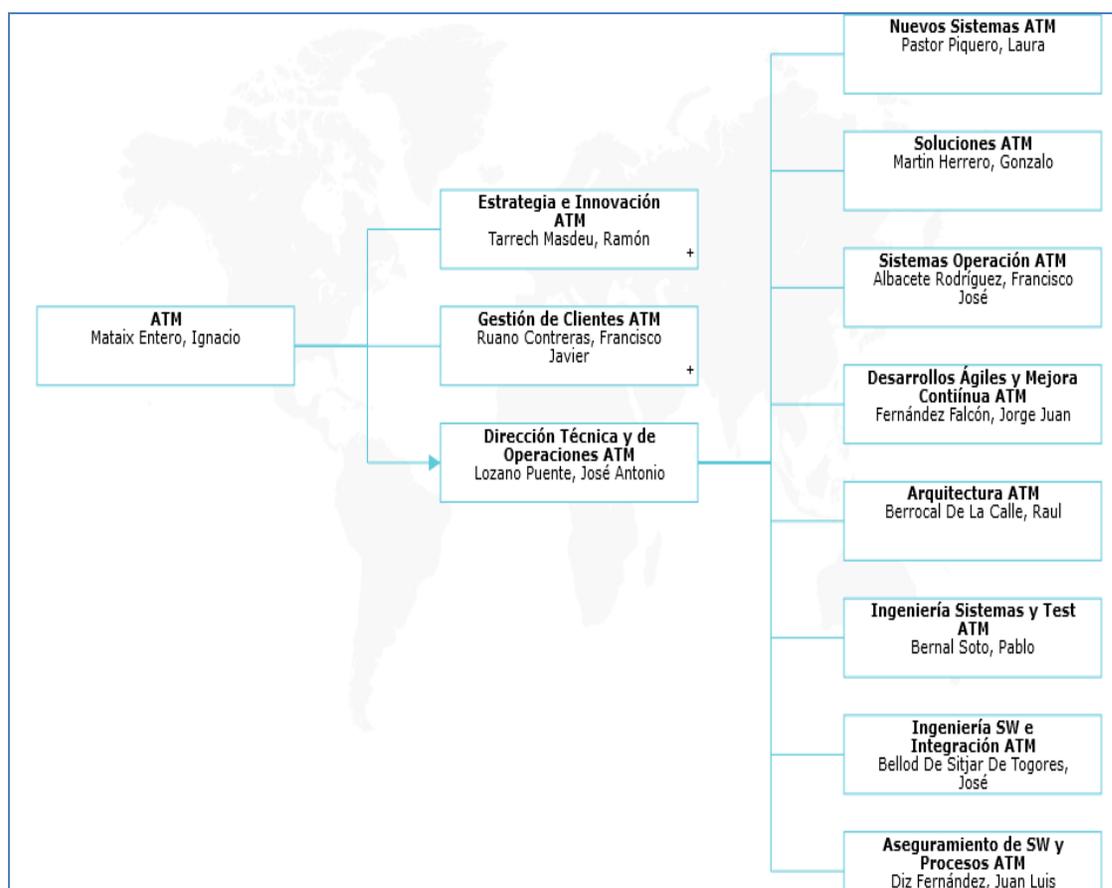
- Nombre Comercial: INDRA PERU
- Razón Social: INDRA T&D S.A.C
- RUC: 20604487901
- Dirección: Av. Jorge Basadre 233 Int. 9 – Lima – Lima – San isidro
- Página Web: <https://www.indracompany.com/es/pais/peru>

### 1.3. Organigrama de la Empresa

Dado que el presente informe está basado en las operaciones regionales de INDRA en América Latina, a continuación, se describe el organigrama de INDRA en Latinoamérica.

**Figura 1**

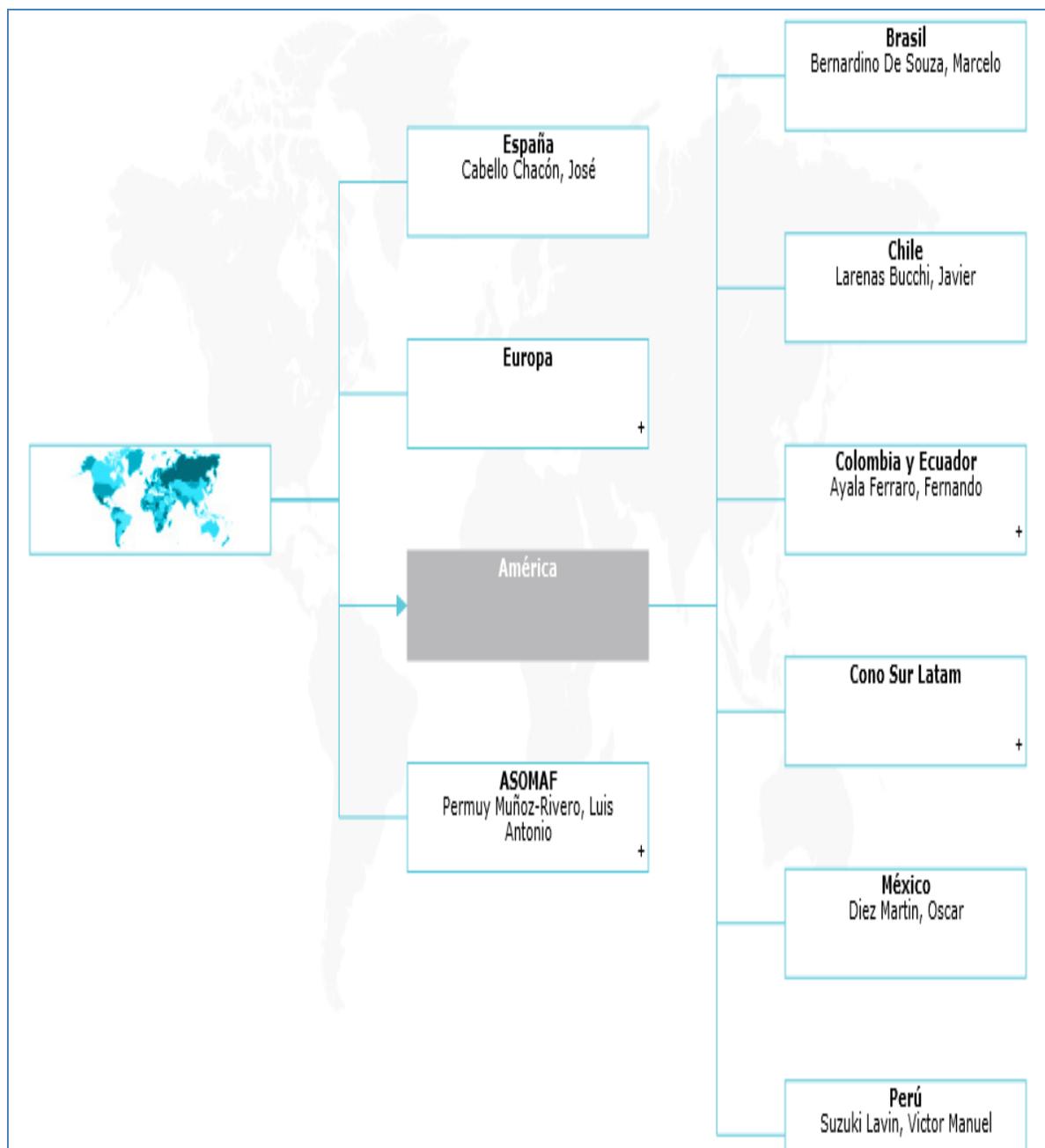
*Organigrama de la presencia de Indra sistemas S.A.*



Nota. (Indra, S.A) Manual de organización y funciones de la empresa.

**Figura 2**

*Organigrama de la presencia de Indra en latino américa.*



Nota. (Indra, S.A) Manual de organización y funciones de la empresa.

## **Estructura Orgánica internacional**

### 1. Presidente Ejecutivo

#### 1.1. Consejero director general de transporte y defensa

##### 1.1.1. Transportes

1.1.1.1. PROINTEC

1.1.1.2. Estrategia, Inversiones y desarrollo de negocio transportes

1.1.1.3. Tecnología y sistemas de transporte

##### 1.1.2. Defensa y Seguridad

1.1.2.1. Plataformas DyS

1.1.2.2. Sistemas de Defensa DyS

1.1.2.3. Simulación DyS

1.1.2.4. Sistemas Europeos de Combate Aéreo

##### 1.1.3. ATM

1.1.3.1. Estrategia e Innovación ATM

1.1.3.2. Gestion de Clientes ATM

1.1.3.3. Direccion Técnica y de Operaciones ATM

1.1.3.3.1. Nuevos Sistemas ATM

1.1.3.3.2. Soluciones ATM

1.1.3.3.3. Sistemas Operación ATM

1.1.3.3.4. Arquitectura ATM

1.1.3.3.5. Ingeniería Sistemas y Test ATM

1.1.3.3.6. Ingeniería SW e integración ATM

1.1.3.3.7. Aseguramiento de SW y Proceso ATM

- 1.1.4. Operaciones Transporte y Defensa
  - 1.1.4.1. Programas Defensa y Seguridad
  - 1.1.4.2. Ingeniería y Tecnología Transporte y Defensa
  - 1.1.4.3. Producción, sostenimiento Transporte y Defensa
  - 1.1.4.4. Calidad Operaciones Transporte y Defensa
- 1.1.5. Consultoría de estrategia T&D (ALG)
- 1.1.6. Transformación operativa T&D

### Estructura del comité de dirección internacional

**Figura 3**

*Organigrama Estructural del comité de dirección de Indra sistemas S.A.*



Nota. (Indra, S.A) Manual de organización y funciones de la empresa.

#### 1.4. Áreas y Funciones Desempeñadas

El autor de este Trabajo se desempeña como especialista en sistemas de navegación aérea, ha trabajado en las diferentes sedes de los clientes de latino américa, prestando servicio de altísimo nivel, brindando las diferentes soluciones para la navegación aérea ATM/CNS diferenciado, todo bajo la coordinación de la casa matriz con sede en España, por intermedio de la Gerencia de Proyecto de cada región.

##### Funciones Desempeñadas

- **Habilitación técnica:** Implica trabajar en equipo para la puesta en operatividad de las diferentes tecnologías radar modo S, como los radares transportables MSSR-S de última generación adquiridos por Perú y modernización de los radares analógicos.  
Asimismo, involucra la instalación y configuración de Software, pruebas con equipos de medida calibradas, proceso de optimización con tráfico de oportunidad.
- **Habilitación de ejecución:** Involucra, liderar y/o contribuir con la ejecución de trabajos de Mantenimiento correctivo y preventivo de los sistemas radar modo S y primario, alargando su tiempo de vida útil de los sistemas de vigilancia aérea, tanto en la actualización de software y hardware.
- **Actividades técnicas:** Involucra liderar la ejecución de actividades altamente técnicas como: Implementación, instalación, configuración, puesta en operatividad y optimización de los nuevos emplazamientos radar que un país adquiere, como Uruguay, Guatemala, etc.
- **Buenas prácticas:** Involucra el relacionamiento y la colaboración continua con equipos de ingeniería, compartiendo buenas prácticas de los proyectos.

- **Estrategia tecnológica:** Involucra el entendimiento de las tendencias tecnológicas, oportunidades y riesgos de la era digital, ejecutando el análisis y evaluación continua de las prestaciones del radar, prevenir afectaciones de la operatividad del radar, minimizando el impacto operacional.
- **Estrategia tecnológica:** Involucra el diseño y estudio de cobertura radar, evaluando la factibilidad de la ubicación brindada por el cliente y nuevas propuestas.
- **Participaciones Públicas:** Consiste en ser un activo miembro de curso de formación radar, participando como expositor o panelista, especialista en temas de vigilancia aérea mediante los diferentes sistemas de navegación, dentro y fuera de país

## II DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

### 2.1. Situación Problemática

Uno de los principales problemas que se afronta en la navegación aérea peruana, es la geográfica, dificultando la libre propagación de las ondas electromagnéticas, reduciendo considerablemente su zona de cobertura a diferentes niveles de vuelo, ocasionando mayor demanda de número de radares para cubrir todo el espacio aéreo peruano.

En ese sentido, en el proceso de la repotenciación de los radares modo S, se tuvieron muchos factores que dificultaban el avance, afectando notoriamente en la seguridad operacional, generando retrasos en su ejecución y tiempo de corte de datos radar prolongados.

En los últimos años, en su proceso de mantenimiento o repotenciación de la red de radares del Perú, se estuvo dejando los radares fuera de operatividad por tiempos muy prolongados, dejando ciertas áreas del espacio aéreo sin cobertura, y optando a métodos convencionales para el guiado de las aeronaves, tanto para el proceso de aterrizaje y despeje, el cual se vino agravando con la continua degradación de los módulos del radar y por no contar con un sistema de respaldo para la actuación inmediata para el restablecimiento de los datos radar; en relación con dicho caso, no podía pasar desapercibido, debido a que en el proceso de la modernización de los ocho (8) radares actualmente operativos, sus coberturas radar no se solapan con otro radar, por lo cual se tenía que dejar sin cobertura radar; sobre todo, en los casos, en que no se podía pasar en los aeropuertos con mayor tráfico tales como: son Lima, Cuzco, Iquitos, Arequipa Y Cajamarca.

En los últimos años, se ha podido apreciar varios eventos que pusieron en peligro, la operación del tráfico aéreo, debido a que en reiteradas ocasiones los principales radares salieron

de operatividad por problemas eléctrico, degradación de sus módulos radar y por factores climatológicos que hicieron el apagado de los equipos, dejando por más de una semana sin radar, siendo necesario la intervención de personal capacitado de fábrica.

En la fase preparatoria para la repotenciación de los 8 radares, se han observado que el 90% de los módulos del transmisor se encuentran degradados, y ya están es su etapa final de su tiempo de vida útil, y sin repuestos es probable la continua pérdida de datos radar, que podría agravarse continuamente en los años que vienen y sin un sistema de respaldo es casi imposible poder actuar para el restablecimiento.

### ***2.1.1. Definición del problema***

El tráfico aéreo es uno de los sectores más estratégicos para el crecimiento económico de todos los países del mundo, siendo el Perú uno de los países con la mayor biodiversidad y cultural, reconocido mundialmente por sus imponentes culturas andinas. El sistema de gestión de tráfico aéreo juega un rol importante en este aspecto teniendo como objetivo el movimiento seguro, eficiente y en el menor tiempo posible de las aeronaves dentro del espacio aéreo y los aeropuertos. Siendo el servicio de transporte aeronáutico un medio esencial en la sociedad actual, rompiendo barreas de distancia y propiciando el acercamiento de culturas, como el crecimiento socioeconómico de la sociedad en conjunto, entonces de qué manera beneficiaría la adquisición de un radar transportable MSSR-S en la optimización del desarrollo de la navegación aérea en territorio peruano

### ***2.1.2. Problema principal***

El país no tiene implementado un radar transportable MSSR-S para la vigilancia aeronáutica peruana que pueda minimizar el impacto operacional.

### **2.1.2.1. Problemas secundarios.**

- A. No se cubre la cobertura de todo el espacio aéreo peruano, por la limitada cantidad de radares.
- B. No se cuenta con un sistema de radar transportable para reestablecer la data radar ante situaciones adversas de los radares ya operativos.
- C. No se tiene ajustado la detectabilidad de las aeronaves en las diferentes zonas del territorio peruano debido a que no tienen coberturas solapadas a más de tres radares.
- D. No se cuenta con un mantenimiento continuo del equipamiento del hardware radar.

## **2.2. Solución**

La Adquisición e implementación de un radar transportable MSSR-S para la vigilancia aeronáutica peruana, con la finalidad de optimizar el costo operacional, y para la puesta en operatividad, se ha seguido los procesos de homologación, estudios de impacto operacional, transporte y descarga, despliegue y las pruebas de hardware y software, finalizando con la puesta en servicio radar.

### **2.2.1. Objetivo General**

Implementar un radar transportable MSSR-S para la vigilancia aeronáutica peruana para minimizar el impacto operacional de tráfico aéreo que mejore las prestaciones de detección, seguimiento y la seguridad operacional.

#### **2.2.1.1. Objetivos Específicos**

- A. Cubrir la cobertura de un radar operativo mediante la evaluación de la factibilidad para futuros trabajos de mantenimiento correctivo que afecte la operatividad.

- B. Implementar un sistema radar transportable MSSR-S para el restablecimiento de la data radar ante degradaciones de radares operativos.
- C. Analizar y optimizar adecuadamente los sistemas radar en conjunto con los demás sistemas radar que mejore la detectabilidad en precisión tanto en acimut y distancia.
- D. Ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivos y correctivos del equipamiento del radar.

### **2.2.2. Alcance**

#### **Alcance funcional**

La implementación de un radar transportable contempla los procesos necesarios para la ejecución de las distintas fases de dicho proceso hasta su puesta en servicio, incorporándose a la red de radares, poniéndose a disponibilidad para la aviación comercial; optimizando el control de tránsito aéreo y reduciendo el cono de silencio del radar de Lima e iniciando su etapa operativa en la referida ciudad, mejorando significativamente su funcionalidad como: adquisición pasiva, seguimiento de la aeronave en el cono del silencio, eliminación de reflejos, Garble, multitrayecto, fruta, etc.

#### **Alcance Empresarial**

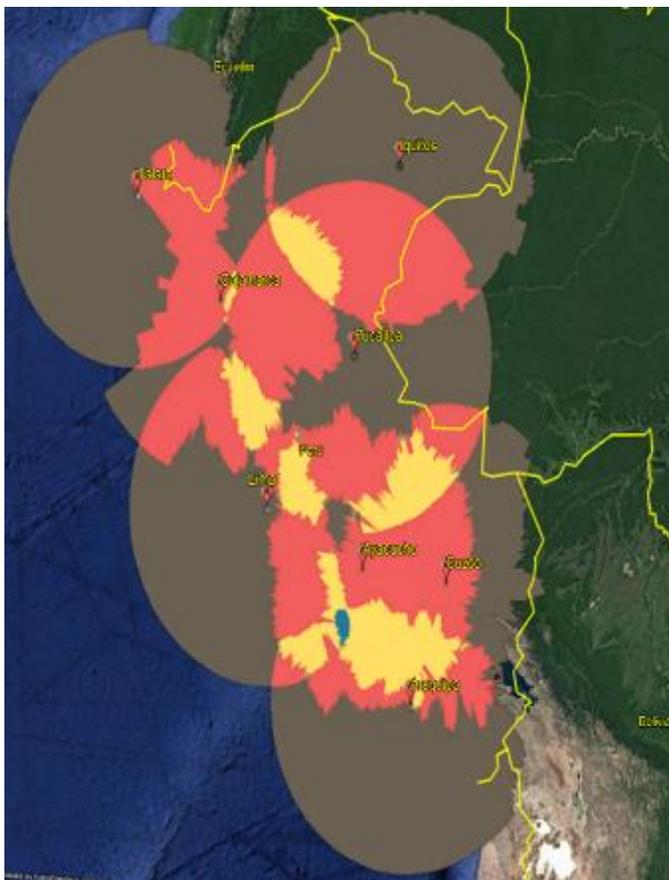
La implementación de un radar transportable MSSR-S, se realiza para ser usado, principalmente para la vigilancia de la navegación para las empresas aéreas para aproximación y ruta, siendo el área de soluciones CNS, el responsable técnico que garantiza la operatividad y calidad del servicio.

#### **Alcance Geográfico**

Al ser una entidad internacional con presencia en más de 140 países, la implementación se realiza en las regiones donde se encuentran ubicadas los demás radares (8 regiones) del Perú con las particularidades propias, pero manteniendo los lineamientos de la casa matriz, llevándose la comunicación bidireccional y adaptando a nuestra realidad.

**Figura 4**

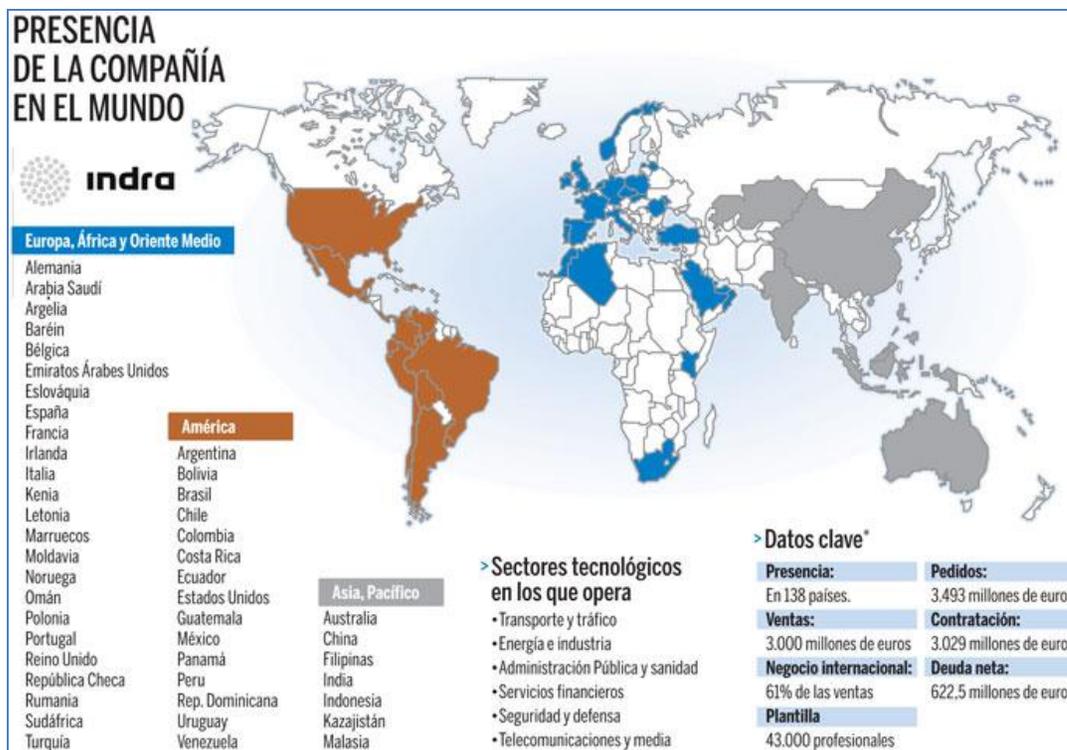
*Presencia de los ocho (8) radares en las 8 regiones del peru – Indra*



Nota. En esta figura se detallan la ubicación de los 8 emplazamientos radar de CORPAC, que cubren el 99% del espacio aéreo a nivel de vuelo 40,000 fl, elaborado por el autor.

**Figura 5**

*Presencia de la compañía en el mundo – Indra*



*Nota.* La figura muestra la presencia de Indra a nivel mundial, brindando diferentes tecnologías. Tomada de “INDRA”, Indra, 2015.

### 2.2.3. Etapas y Metodologías

La implementación del radar transportable MSSR-S siguió las etapas detalladas en la **Tabla 5**, bajo el marco metodológico Agile SCRUM, asegurando el cumplimiento de todos los estándares internacionales, presentando una configuración correspondiente a la arquitectura moderna de una estación radar no tripulada con interfaces fácil de uso y que permita una gestión local y remota completamente, optimizando el equilibrio entre rendimiento, despliegue rápido, confiabilidad, seguridad y relación costo-beneficio.

Asimismo, la transportabilidad de los elementos está asegurada para poder ser trasladada mediante camión, avión o barco, por tanto, la implementación está preparada para operar completamente e integrada con el equipo remoto para funciones de visualización, control y monitoreo.

**Tabla 5**

*Etapas de la implementación del radar transportable MSSR-S*

<b>Fase</b>	<b>Tareas</b>	<b>Entregables</b>	<b>Técnicas empleadas</b>
Preparatoria de la implementación	-Proceso de gestión para el traslado desde España a Perú. Homologación radar, nacionalización para poder ser trasladado dentro del Perú.	Descripción de las características de cada uno de los módulos de las funcionalidades y del equipamiento.	- Reuniones con los encargados del gobierno y comercio exterior, para que los proceso estén alineados según la estrategia del entregable.
Análisis del sitio	Estudio y evaluación del sitio donde será implementando y su factibilidad técnica y operativa de la cobertura del radar.	Reporte de sitios, simulación de pérdida de datos radar y su impacto operacional en cobertura.	-análisis de cobertura con software PREDICTion V21.1 -validación del sitio óptimo y que cumplan con los requisitos establecidos para el despliegue de la torre.

Implementación en sitio	<p>Instalación de todo los módulos y revisión de que ninguno se encuentre averiada, encendido del radar.</p> <p>-Arquitectura del radar transportable.</p> <p>Descripción del funcionamiento MSSR-S</p>	<p>IAT (Instalación y aceptación Prueba) por el área técnica, brindando la operatividad</p> <p>conformidad de la operatividad</p>	<p>-verificación y validación y del hardware y pruebas iniciales de arranque que puedan comprometer la operatividad</p> <p>- el área técnica estuvo inmerso en el proceso de instalación</p>
Despliegue del radar transportable	<p>- Start-up</p> <p>-Despliegue y repliegue de la torre</p> <p>- Procesado de video, respuestas y blancos</p> <p>- Puesta a punto</p> <p>-Dry Run SAT</p>	<p>Documentación donde se valida la operatividad, del radar y su integración.</p>	<p>Validación del correcto uso de los equipos de medida y las ventajas de aplicar las buenas prácticas en el trabajo.</p>
Integración del radar transportable	<p>-la información radar será enviado por microonda a la sala técnica radar</p> <p>-prueba de aceptación de todo el sistema.</p>	<p>Flujo de datos radar y gestión. documentación</p>	<p>- Pruebas de integración del sistema con tráfico de oportunidad.</p> <p>-aceptación de los datos radar.</p>

---

Sistema en servicio y análisis de prestaciones	-Incorporación al centro de control aéreo para el uso de datos radar. -prestaciones del radar	Documentación de la prestación radar.	Se hace la entrega oficial del radar transportable, con la puesta en servicio en operatividad.
MSSR-S			

---

*Nota.* La tabla describe cada una de las fases que comprende la implementación del radar transportable MSSR-S. elaborado por el autor.

La implementación del radar transportable MSSR-S va a estar enmarcado dentro de la metodología SCRUM con tres (3) interacciones que son los sprint para abordar la operatividad del sistema radar, que vamos a detallar en la solución.

#### **2.2.4. Fundamentos Utilizados**

Los fundamentos para el desarrollo de la solución se sustentan en: sistema de vigilancia aérea, sistema GNSS, sistema radar Secundario, procesamiento de datos radar, análisis de prestación radar, metodología Agile Scrum.

A continuación, vamos a describir, equipos de medida radar

##### **❖ Vigilancia Aérea (VA)**

**Según Martínez (2021)** en su trabajo sobre Diseño de una presentación radar para dispositivos móviles en Android, define a la VA, “La vigilancia del tráfico aéreo tiene diversas aplicaciones, las cuales han ido creciendo con el paso del tiempo, donde cada una de ellas, persigue sus propios objetivos y tiene unas necesidades particulares, sobre todo en lo relativo a la precisión de los datos”.

El control del tráfico aéreo es un servicio que regula y gestiona el tráfico aéreo, previene colisiones entre las aeronaves y los obstáculos en su trayectoria aérea, las colisiones entre aeronaves, acelera y mantiene ordenado el flujo del tráfico.

**Según Santiago (2019)** en su trabajo sobre Sistema de seguimiento y generación de pistas para radar track while scan plantea que: “la incertidumbre en el origen de la medición también puede ocurrir cuando múltiples objetivos están cerca y, aún, cuando se pueden separar las detecciones observadas, no se pueden asociar con seguridad a los objetivos. Asimismo, una situación similar ocurre en el problema de formación de una pista, cuando hay múltiples objetivos, pero su cantidad exacta es desconocida y algunas de las mediciones pueden ser espurias”.

En ese sentido, los sistemas de vigilancia aérea son los ojos de los controladores aéreos, a través de los diferentes sistemas que pueden saber en tiempo real, la posición de todas las aeronaves.

**ICAO (2021)** considera que, “Los sistemas de vigilancia detectan una aeronave, y envían información detallada al sistema de control del tráfico aéreo, que permite que los controladores del tráfico aéreo guíen la aeronave, donde el control del tráfico aéreo no es posible sin los sistemas de vigilancia, principalmente en zonas de alta densidad de tráfico aéreo. Determinándose de esta manera, que la vigilancia sea proporcionada, principalmente por los radares primarios y secundarios”.

Asimismo, **ICAO (2019)** considera que “Los Estados cuentan con varias instalaciones radar, que tienen un alto costo de mantenimiento y poseen limitadas prestaciones para lograr las exigencias de los conceptos operacionales vigentes y las metas de los diferentes módulos de las mejoras del sistema de aviación por bloques (ASBU). Además, en muchos casos, no

satisfacen completamente las coberturas de la región de información de vuelo (FIR) y tienen conos de silencio, todo lo cual, afecta la vigilancia del tránsito aéreo, por lo que es inevitable la implementación de los nuevos sistemas con muchos menores costos de instalación y mantenimiento, pero además con considerables mejoras de prestaciones, por lo que el tema solo es decidir cuál implementar”.

#### ❖ **Sistema GNSS**

**Según Israel (2021)** en su trabajo sobre Validación y diseño de una aproximación SBAS LPV-200 en el aeropuerto de Gran Canaria concluye que: “La obtención de la localización del usuario de sistemas GNSS se basa en la triangulación de su posición basándose en las señales que este recibe de los 5 satélites operativos más cercanos, cuyas coordenadas espaciales son conocidas, donde la solución de este problema geométrico se obtiene con la ayuda de los datos de navegación provenientes de las señales únicas que cada uno de los satélites envía. Además, con esa señal es posible determinar la distancia a la que se encuentran los satélites del receptor. De esta manera, se puede obtener la posición del usuario con una precisión de varios metros e incluso centimétrica si se empleasen técnicas diferenciales”.

**Según Islam et al. (2021)** en sus trabajos de investigación sobre Rendimiento de los sistemas mundiales de navegación por satélite (GNSS) en ausencia de observaciones GPS considera que “A principios de 2016, cuando la Fuerza Aérea de EE. UU. desmanteló los satélites GPS, donde algunos satélites en funcionamiento se cargaron con una marca de tiempo incorrecta; asimismo, se registró una discrepancia de 13 microsegundos en sus relojes, cuyo error puede parecer minúsculo por escrito, pero el caos resultante duró más de 12 horas en todo el mundo; en tal sentido, si fallan las señales de GPS, los usuarios

quedarían aislados del resto del mundo, además del mal funcionamiento de los vuelos aéreos y los barcos en el mar. Es por esa razón, que las transmisiones de televisión y radio no podrán transmitir de manera continua. Esencialmente, el buen funcionamiento de nuestras vidas puede verse afectado por completo debido al colapso de los sistemas GPS”.

#### ❖ **Sistema radar**

**Según Andrés (2019)** en su trabajo sobre la implementación de un sistema radar móvil usando un sensor Doppler para la detección de obstáculos define que “un radar se puede definirse como un sistema electromagnético para la detección y localización de objetos. Los sistemas radares pueden clasificarse según una serie de aspectos básicos como el número de antenas, frecuencia de trabajo, forma de onda”.

Los sistemas radares para el tráfico aéreo se clasifican en dos grupos: en radares no cooperativo y cooperativo, según la aviónica que llevan a bordo, nos basaremos más en radares cooperativos ya que estos son los que se aplican comúnmente para la aviación civil.

**Según Santiago (2019)** en su trabajo sobre Sistema de seguimiento y generación de pistas para radar track while scan plantea que “este tipo de radar requiere que la aeronave a ubicar lleve a bordo un dispositivo receptor-transmisor denominado transponder. Un SSR transmite pulsos desde una antena, de igual manera que un radar primario. Cuando el transponder a bordo de la aeronave recibe el pulso de radar, emite una respuesta en una frecuencia diferente, esto permite diferenciar ecos que provienen de Clutter. Generalmente, la respuesta del transponder incluye la altura de la aeronave, además de su identificación”.

Para la detección se usan diferentes fabricantes en el mercado internacional entre los cuales se posiciona INDRA como los pioneros en esta tecnología.

**Según ICAO (2021).** El modo MSSR-S de Indra representa la siguiente generación de sistemas de radar en el dominio de vigilancia secundario. Es una versión totalmente digital, con potentes y conjunto avanzado de funcionalidades que aseguran cualquier necesidad funcional está cubierta en todo momento, mientras que las actuaciones están muy por encima los requisitos definidos.

#### ❖ **Proceso de seguimiento radar**

**Según Santiago (2019),** en su trabajo de Sistema de seguimiento y generacion de pistas para radar track while scan que propone que "Un sistema de seguimiento se utilice para observar los objetos en movimiento y proporcionar una secuencia ordenada de datos de posición. De esta manera, este proceso implica, estimar el estado de un objeto en movimiento a partir de mediciones remotas, indirectas e imprecisas, donde las mediciones pueden originarse de uno o varios sensores; entre las que se encuentran, seguimiento por imágenes, seguimiento georreferenciado".

**Según Capotosti et al. (2019)** en su trabajo sobre Hypatia-trackRadar: "Es un software para el seguimiento de animales mediante radares de vigilancia marina que considera que "La aplicación traduce la posición de los ecos en la pantalla en un sistema de coordenadas métricas, en función del tiempo y la posición espacial de los ecos, el software calcula automáticamente múltiples parámetros de vuelo, como: la velocidad respecto al suelo, la longitud y la duración de la trayectoria".

#### ❖ **Procesamiento de datos radar**

**Según Na Zhang et al. (2020)** en su trabajo sobre Aplicación de procesamiento de señales de radar y algoritmo de visualización de imágenes basado en un sistema de hardware

informático en el procesamiento de inteligencia define que: “La tecnología de planificación para la señal de radar y las características de la señal está relacionada para mejorar la implementación, donde la estrategia de calibración de la señal de radar y los factores de impacto relacionados se aíslan y describen adicionalmente, donde el manejo de la señal de radar se describe en detalle, incluido el componente Multidisciplinar de Innovación. Los versátiles ejecutivos de presión de pulso de ciclo de señal de radar y la estrategia Doppler de separación computarizada son técnicas especializadas muy efectivas con características interesantes”.

**Según Guo et al. (2021)** en su trabajo sobre los Límites inferiores de Cramer-Rao de la estimación del posicionamiento del objetivo en un sistema de radar compensado afirma que: ” El sistema de radar en red ha recibido una gran atención debido a su mayor probabilidad de detección de objetivos, mejor localización de objetivos y rendimiento de seguimiento que los sistemas de radar mono estático/biástico. De acuerdo con la complejidad y la dificultad de la aplicación práctica, el sistema de radar en red se puede dividir en un sistema de radar en red simple con procesamiento descentralizado y un sistema de radar en red tradicional con procesamiento de fusión de información y datos centralizados”

Las características del nuevo sistema de radar en red están definidas por una arquitectura de topología estrella con un nodo receptor y transmisión. Se analizan los rendimientos de geolocalización del nuevo sistema de radar en red con evaluación del software SASS-C ver 6.7 (pp. 3).

#### ❖ **Análisis de prestación radar**

**Según Wang et al. (2021)** en su trabajo sobre Análisis de rendimiento de detección de radar para objetivos fluctuantes basado en demodulación coherente plantea que: “Se derivan las

expresiones teóricas del método de detección de demodulación coherente de objetivos fluctuantes (FTCDD) y se calcula la probabilidad de detección de objetivos Swerling, donde la corrección de la derivación teórica se verifica mediante simulación, y el rendimiento de detección del radar se analiza bajo diferentes longitudes de código Barker y probabilidad de falsa alarma, cuyo método propuesto tiene un mejor rendimiento que la detección no coherente y puede cumplir con todos los modelos de fluctuación”.

#### ❖ **Metodología Agile Scrum**

**Según Albaladejo (2022)** considera que SCRUM, es un proceso en el que se aplican de manera regular un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto, donde estas prácticas se apoyan unas a otras y su selección tiene origen en un estudio de la manera de trabajar de equipos altamente productivos.

En SCRUM, se realizan entregas parciales y regulares del producto final basado en las iteraciones por SPRINT, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. Es por ello, Scrum está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto.

**Según deloitte (2020)** los roles de los Scrum se clasifican: “Product Owner, Scrum Masters y Scrum teams:

- **Product Owner.** - El Product Owner es el encargado de optimizar y maximizar el valor del producto, siendo la persona encargada de gestionar el flujo de valor del producto a través del Product Backlog. Adicionalmente, es fundamental su labor como interlocutor con los stakeholders y sponsors del proyecto.

- **Scrum Masters.** - El Scrum Master tiene dos funciones principales dentro del marco de trabajo, entre las que destacan: gestionar el proceso Scrum y ayudar a eliminar impedimentos que puedan afectar a la entrega del producto. Además, se encarga de las labores de mentoring y formación, coaching y de facilitar reuniones y eventos.
- **Scrum Teams.** - El equipo suele estar formado por entre 3 a 9 profesionales que se encargan de desarrollar el producto, autoorganizándose y autogestionándose para conseguir entregar un incremento de software al final del ciclo de desarrollo”.

### ***2.2.5. Implementación de la Solución***

Para la implementación del Sistema RADAR transportable MSSR-S, se seguirá las etapas definidas en la tabla 5, enmarcado dentro de la metodología SCRUM que a continuación pasamos a detallar las fases:

#### **Marco de referencia para la planificación del proyecto bajo SCRUM**

Para llevarse a cabo la reunión de planificación de SPRINT, el equipo aseguró que el Product Backlog se encuentre definido; el equipo que llevo a cabo la ejecución de este proyecto fue conformado de la siguiente manera (todos son personal de Indra).

**Product Owner:** Ing. Andrés Agüero M.

**Scrum Master:** Alberto Román A.

**Scrum Team:**

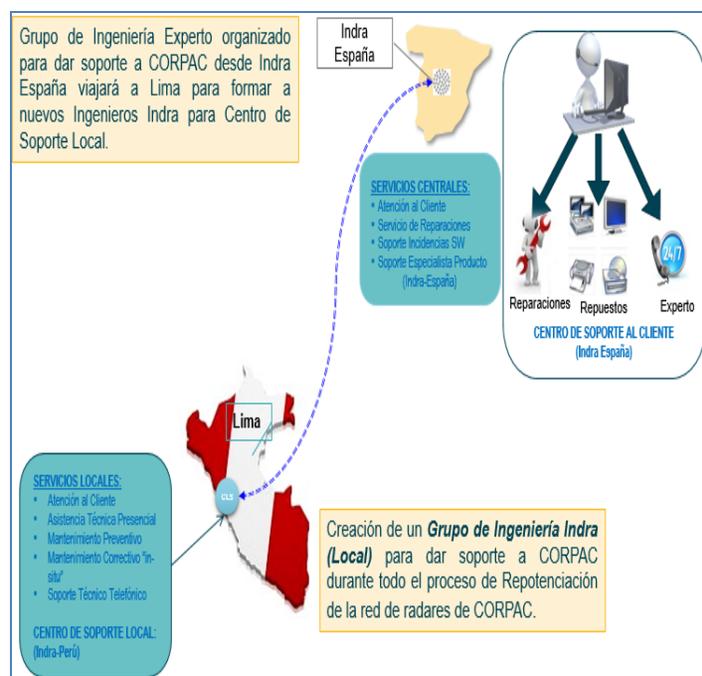
- Luis E. Vidal T.
- Pitterson Condori G.
- Cristhian Ramírez A.
- Erick B. Bocanegra S.

Siendo los comprometidos: el Product Owner, el Scrum master y el Scrum Team; y los implicados; los usuarios finales, el área de proceso y el área comercial.

En ese sentido, en la primera reunión de la planificación del sprint nos permitirá que el Scrum Team pueda estructurar los sprints necesarios, realizándose las estimaciones iniciales y las importancias establecidas por el cliente en la Tabla 5, que hace mención de la estrategia de implementación on-site del radar transportable, donde se detalla el plantel del equipo de trabajo, teniendo como stakeholders a la empresa CORPAC y como “Product Owner” a INDRA, y contando con presencia local al personal especialista para la ejecución de los plazos establecidos.

## Figura 6

*Estrategia de implementación on-site del radar transportable.*



*Nota.* La figura muestra el grupo de ingeniería tanto local y desde fabrica quienes estarán a cargo de la implementación y puesta en operatividad del radar en el tiempo establecido, elaborado por el autor.

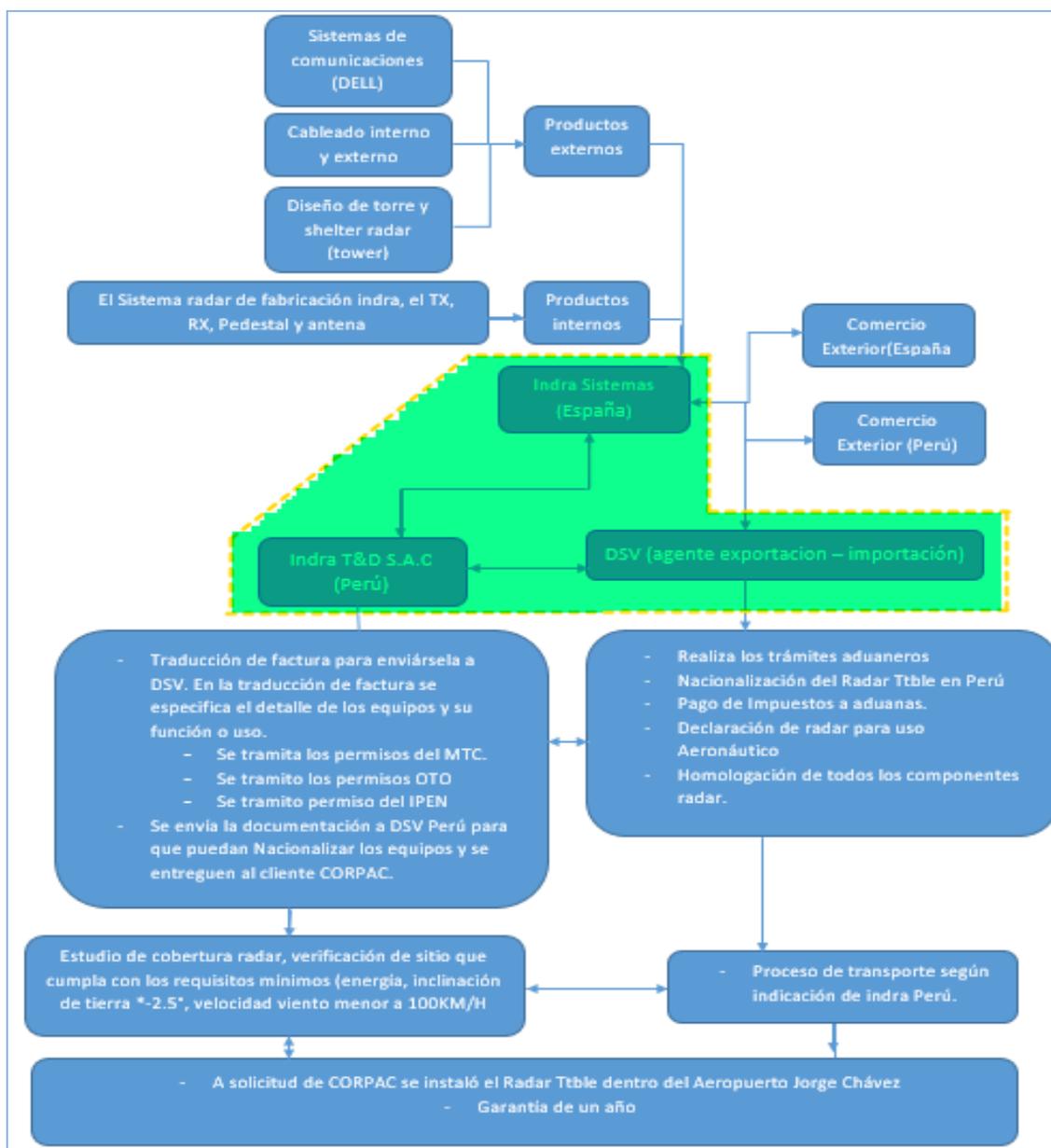
**Para el SPRINT 1:**

En este apartado, se detallará las dos fases para la implementación, que comprenderá el SPRINT1:

a) ***Fase Preparatoria de la implementación:*** Para describir cada una de las fases del primer SPRINT, se realiza un mapa conceptual para describir los procesos que comprende la adquisición de cada uno de los componentes del radar según las especificaciones internacionales para un radar transportable, proceso de envío cumpliendo con todos los requisitos para su nacionalización y homologación para su salida de aduanas, y traslado hasta el sitio, el traslado se realizara de acuerdo al análisis de cobertura radar del sitio planteado u otorgado por el cliente que deben cumplir con ciertas especificaciones el cual se detalla en la siguiente fase. En la **Figura 7** se resalta de color verde a las empresas involucradas para la importación a Perú.

**Figura 7**

*Proceso general que comprende el SPRINT 1.*



*Nota.* Comprende la adquisición, envío y traslado del MSS-R desde España a Perú y posterior traslado al sitio donde se implementará el radar, elaborado por el autor.

Según la Figura 7, se podrá desarrollar adecuadamente este proceso y cumplir con las características para una estación radar transportable se dividen en tres secciones:

**1) Adquisición de equipamiento radar:** Se contará con los proveedores externos para el equipamiento no radar tales como aire acondicionado, UPS, grupo electrógeno, sensores, fabricación de torre replegable y acondicionamiento del shelter radar; se realizará la descripción de la solución propuesta del sistema radar transportable, el cual está conformado por dos shelter ISO 20 (el primer shelter contendrá los equipos electrónicos radar y equipos auxiliares, el segundo es una torre replegable con las dimensiones de un shelter).

### **Figura 8**

*Radar MSSR-S transportable - fabricación INDRA.*



*Nota:* Tomada de “Indra Company” [video], The Indra Company 2022.

**2) Proceso de transporte del radar transportable:** La transportabilidad de los elementos está asegurada por los diferentes medios de transporte ya sea vía terrestre, aéreo, marítimo o fluvial, cuyos elementos están integrados en la estación radar transportable MSSR modo S y deben soportar las vibraciones, golpes y aceleraciones derivadas del transporte y despliegue. En ese sentido, el radar transportable MSSR modo S tiene la capacidad para funcionar completamente e integrada con el equipo remoto para funciones de visualización, control y monitoreo.

Se realiza una descripción breve de cada uno de los módulos que comprenderá el equipamiento radar a ser implementados:

### **Figura 9**

*Radar transportable MSSR-S mediante camion ISO 40Pies*



*Nota.* La figura muestra el de transporte vía terrestre con un camión 40 ISO, Tomada de “Indra Company” [video], The Indra Company 2022.

El radar transportable está comprendido por dos módulos que llamaremos SHELTER.

#### ❖ **SHELTER 1:** Sistema de torre y antena del radar transportable MSSR-S

- **Sistema de torre replegable:** Las funciones principales son: soporte de la unidad de accionamiento de la antena y la antena LVA, que proporciona un dispositivo de

implementación y recuperación autónomo, levante del pedestal y la antena a la altura operativa y proporciona estabilidad, anclaje y protección durante el transporte.

### **Figura 10**

*Torre de antena desplegable y replegable del radar transportable*



*Nota.* La figura muestra la torre replegable de 11mts de altura, el cual contiene el sistema radiante y el sistema de accionamiento, Tomada de “Indra Company” [video], The Indra Company 2022.

- **Sistema de accionamiento de antena:** la configuración, es una unidad protegida, los sistemas de transmisión de movimiento (motor, piñón y anillo de apoyo), los sistemas de transmisión de información angular y la junta rotatoria, se colocan colgando del techo del pedestal y estarán protegidos contra las condiciones ambientales por medio de un estuche.

**Figura 11**

*Sistema de accionamiento de antena – imagen referencial.*



*Nota.* La figura muestra el sistema de accionamiento de la antena, es la encargada de girar la antena 360° a velocidades comprendidas 4sg – 12sg, elaborado por el autor.

- **Antena LVA:** La antena Monopulso utilizada para el radar transportable MSSR-S es una antena de matriz vertical grande, que se utilizará en un entorno de radar MSSR-S de control secundario de vigilancia. En el corazón de la antena existen columnas radiantes que está compuesta de compuestos de alta resistencia sellados al vacío a una placa de circuito impreso. Este proceso sella herméticamente la columna de los elementos mientras agrega rigidez, durabilidad y resistencia a la intemperie significativas. La antena Monopulso utilizará tres canales, Suma, Diferencia Monopulso y Control (SLS) para una mayor precisión.

**Figura 12**

*Antena LVA del radar transportable MSSR-S*



*Nota. La figura muestra la antena LVA montada sobre el sistema de accionamiento y la torre del radar transportable en etapa desplegada, Tomada de “Indra Company” [video], The Indra Company 2022.*

❖ **SHELTER 2:** Equipamientos del sistema radar transportable MSSR-S y los equipos auxiliares para su operatividad autónoma.

- **Subsistema interrogador:** El MSSR-S está diseñado para funcionar en modo de doble canal, mejorando el rendimiento de redundancia, el cambio entre canales se realizará mediante un sistema de cambio de canal automático, y cuando surge una falla en el canal operativo, el sistema será responsable de la conmutación automática al canal de espera. Ambos canales deben operar de manera independiente.

El radar transportable MSSR modo S está diseñado para minimizar los instrumentos específicos necesarios para ajustar y verificar un sistema e identificar y aislar futuras

degradaciones. Además, el sistema ha sido diseñado con sus necesidades de mantenimiento preventivo minimizadas, donde el radar transportable MSSR modo S se diseñó para minimizar los requisitos relacionados con la cantidad de ajustes, la cantidad de conectores entre cada unidad y el resto del sistema

### **Figura 13**

*Subsistema interrogador MSSR-S*

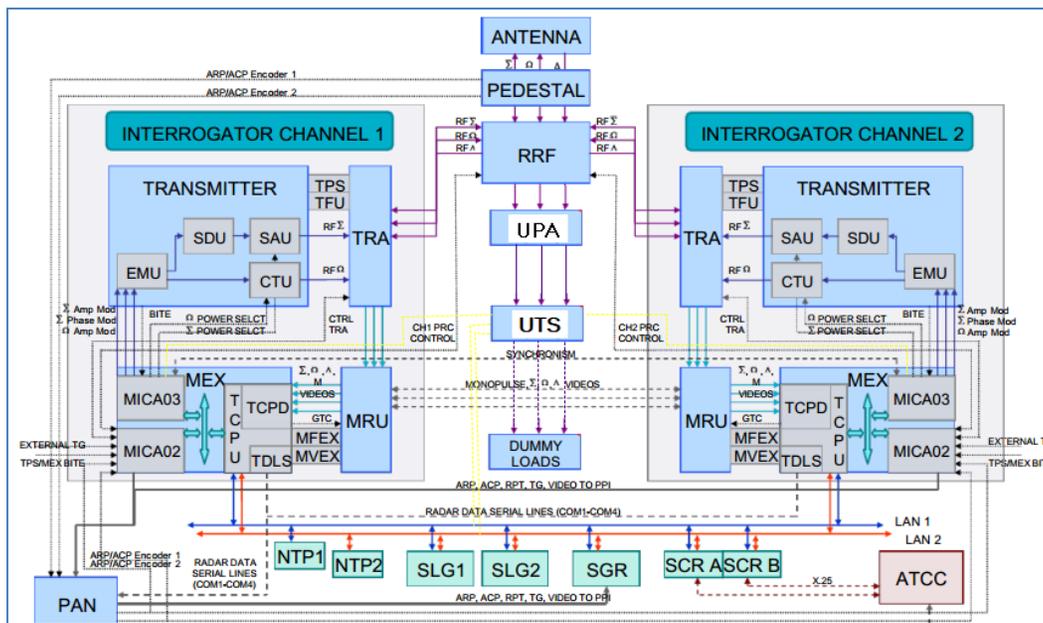


*Nota.* La figura muestra el sistema interrogador del radar transportable, el cual contiene los transmisores, receptores, fuentes de poder, etc. Elaborado por el Autor.

Como procesador de datos, el interrogador del radar puede estar representado por diagrama de bloques según la Figura 14, donde se muestran los módulos de RF, así como sus conexiones. No se han incluido elementos opcionales en este diagrama.

**Figura 14**

*Diagrama de bloques funcionales del interrogador*



*Nota:* La figura muestra el diagrama del radar MSSR-S. Elaborado por el autor.

- **Conjunto del módulo transmisor:** El transmisor Modo S es un transmisor de estado sólido dual; Se utilizan transmisores independientes para la generación de señales sum y Omni. La **Figura 15** muestra el diagrama de bloques del transmisor. El Transmisor Modo S recibe señales adecuadas del extractor de datos y modula, amplifica y transmite los pulsos de interrogación en radiofrecuencia (RF). Se compone de cuatro módulos.

→ EMU: (Unidad de modulador excitador) que contiene los canales de control e interrogación, Los cuales llevan sus propios circuitos de BIT.

→ SDU: (Unidad de controlador de suma) que es un preamplificador del canal de interrogación y lleva circuitos BIT propios para el control de potencia.

→ SAU: (Unidad amplificadora de suma) es una está de amplificación final del canal suma, contiene circuitos para el control de potencia del canal Suma y Bit propios.

→ CTU: (Unidad transmisora de control) es la etapa de amplificación para el canal de control y circuitos de control de potencia para el canal omni y BIT propios

→ TRA: La interfaz transmisor-receptor-antena se encarga de enrutar la potencia de salida del transmisor a 1030MHz hacia la antena LVA y las respuestas recibidas a 1090 MHz hacia el receptor.

### Figura 15

*Conjunto transmisor del interrogador – Radar MSSR-S*



*Nota.* La figura muestra el conjunto modulo del transmisor solido del radar MSSR-S, la cual se divide en dos canales, un canal de interrogación y el otro canal de control,

Elaborado por el autor.

▪ **Receptor MSSR-S:** Proporciona un sistema de seguimiento / extractor de parcela dual redundante (uno por canal). La señal transmitida a 1090 MHz por el transpondedor de la aeronave es recibida simultáneamente por los tres canales de antena, Suma, Omni y Diferencia, y es enrutado por la Unidad de Interfaz Transmisor-Receptor-Antena y la unidad de conmutación RF al receptor analógico. El Extractor Mode S (MEX) está integrado en un sub-rack de 19 pulgadas y 6U que incluye los siguientes elementos y tarjetas.

→ **Módulo de receptor multicanal (MRU):** consiste en un receptor de tres canales (suma, diferencia u omni) que procesa y demodula las señales RF de entrada, para obtener cuatro señales de video: video suma, video omni y video Monopulso, estos se envían al extractor y son las entradas a la tarjeta digitalizadora de este módulo.

→ **Placa de procesamiento de radar secundario (TPRS):** Realiza el procesado digital de la señal (detección de respuestas y decodificación) y la función control de canal en tiempo real para el funcionamiento en modo S.

→ **Módulo de interfaces y control extendido 02 (MICE02):** Permite el acceso a la tabla tiempo – acimut y al contador de tiempo absoluto.

→ **Módulo de interfaces y control extendido 03 (MICE03):** Generación de las señales de sincronismo del radar a partir de un trigger interno con una PRF variable, permite la sincronización con un segundo extractor en cualquier modo. ajuste de la duración de la puerta de interrogación, la puerta de video, el tiempo de stagger y el tiempo muerto para completar el tiempo mínimo total de ciclo de interrogación. Genera las señales de modulación para interrogar en modo SSR, modo S, etc.

→ **Unidad de fuente de alimentación (PS MEX):** Este módulo alimenta en corriente continua con los valores adecuados de voltaje a los módulos del transmisor.

→ **Unidad de ventiladores (MVEX):** Se encarga de que los elementos del receptor conserven la temperatura adecuada para su correcto funcionamiento cada uno de los componentes, permitiendo la circulación del aire.

### Figura 16

*Receptor MSSR-S del radar transportable–MEX*



*Nota.* La figura muestra el receptor del radar transportable con cada uno de los módulos que comprende el receptor, Elaborado por el autor.

- **Unidad de cambio de RF:** La unidad de conmutación de RF debe ser un relé de banda L coaxial de tres vías, cuatro puertos, que proporcionará la conmutación entre ambos canales manteniendo el canal principal conectado a la antena LVA y el canal de reserva conectado a las cargas ficticias, donde la conmutación de RF será una funcionalidad biestable y recuperará el estado programado anterior después de un

apagado, Su control puede ser automático y manual, y que durante el cambio, el sistema proporcionará un servicio ininterrumpido sin ningún tipo de corrupción en los datos de vigilancia de salida.

- **Sistema de sincronización:** El sistema incluirá un sistema de sincronización redundante basado en dos relojes maestros con sincronización GPS para generar la hora UTC, donde las antenas para el sistema GPS se ubicarán en la parte superior del shelter del radar cuando se despliegue el sistema. Asimismo, se pueden desmontar para el transporte del sistema, cuya hora UTC se utilizará para marcar eventos en el "Sistema de Control y Monitoreo" (CMS) Local / Remoto, y en la marca de tiempo de los mensajes ASTERIX.

- **Asimismo,** el sistema estará compuesto por dos relojes independientes, cada uno con su propio receptor GPS. En caso de desbloqueo del GPS, los relojes maestros de señal proporcionarán sincronización UTC autónoma utilizando su reloj interno.

### Figura 17

*Servidor NTP M300 – brinda el fechado a todo el sistema radar*



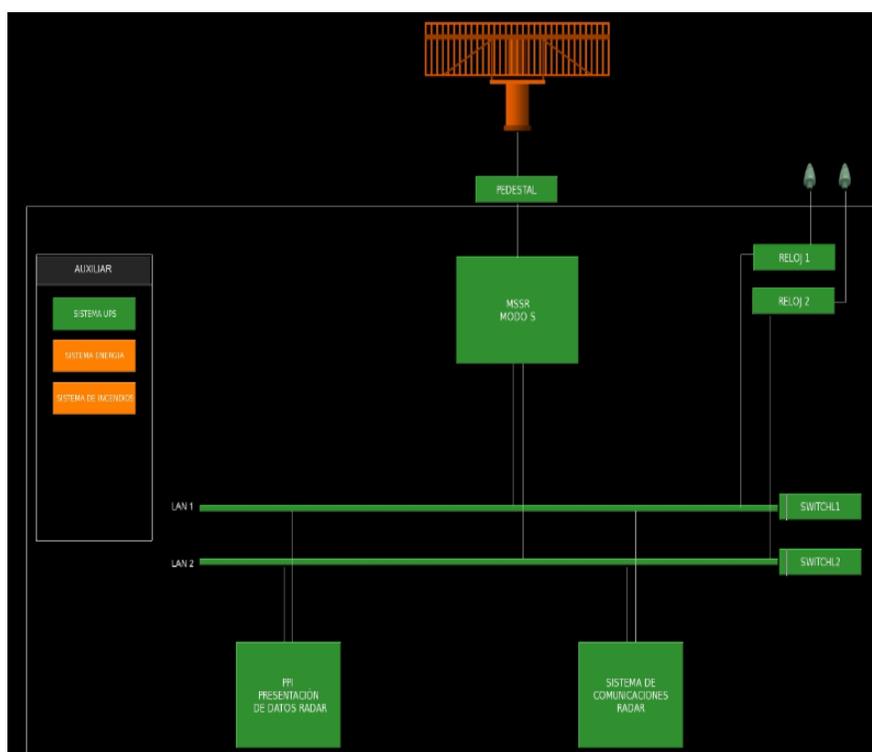
*Nota.* La figura muestra el servidor usado para la sincronización y fechado de la data radar en horario UTC, tomado de <https://www.meinbergglobal.com>

- **Sistemas de control y monitoreo:** El radar transportable MSSR modo S debe incluir dos sistemas redundantes de control y monitoreo local (CMS) y una pantalla de radar

visual asignada en el shelter del equipo, cuyas posiciones deben estar conectadas a la LAN de la estación y envían/reciben datos de control y monitoreo hacia/desde el radar. El radar y el equipo auxiliar de la estación (UPS, generador) se controlarán de forma remota por medio de la interfaz del equipo auxiliar. Además, la gestión remota estará disponible para el monitoreo y control de toda la estación de radar por medio de este subsistema CMS.

**Figura 18**

*Sistema de control y monitorización radar*



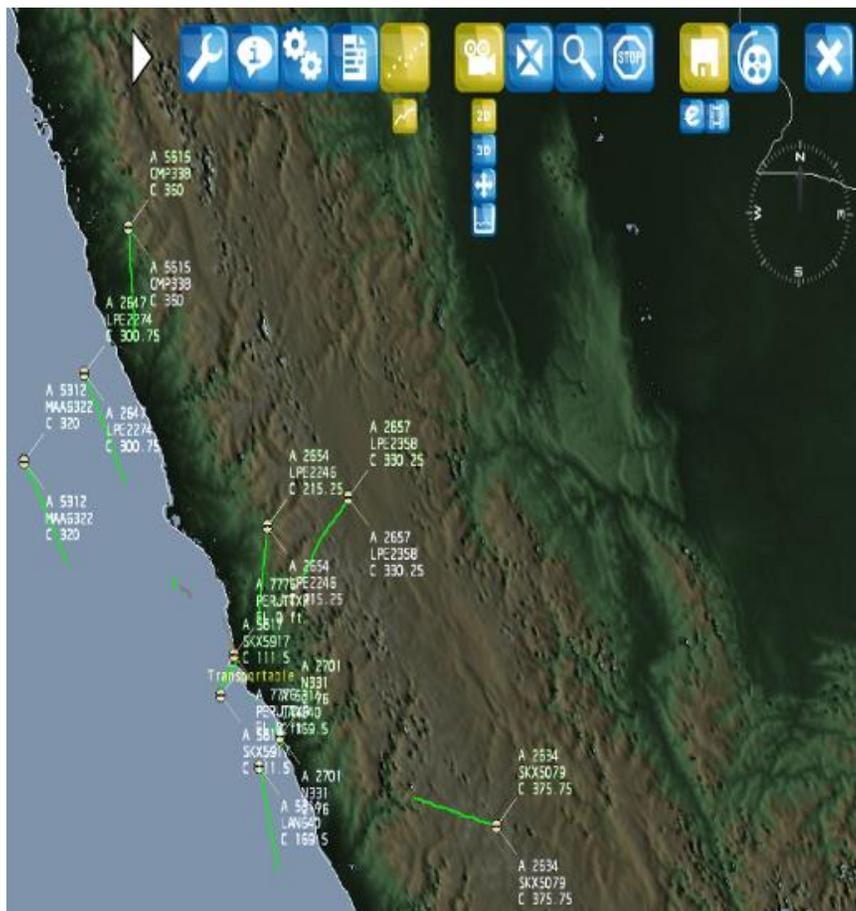
*Nota.* La figura muestra el sistema de control y monitorización del radar y sea local o remota, desde donde podremos tener el control total de radar, Elaborado por el autor.

- **Pantalla de visualización de datos radar:** El sistema se diseñó en torno a un potente motor 3D personalizado, que permitirá al usuario tener una experiencia más inmersiva al

poder navegar por el espacio en 2D o 3D. Asimismo, el sistema ofrece capacidades avanzadas de grabación / reproducción, así como la capacidad de generar informes / estadísticas sobre los datos procesados.

### Figura 19

*Visual radar – herramienta para monitorizar la data radar en tiempo real*



*Nota.* La figura muestra la monitorización de la data radar de manera visual, brindando toda la información necesaria, Elaborado por el autor.

- **Unidad de prueba y supervisión (UTS):** La Unidad de Prueba y Supervisión (UTS) está diseñada para operar como un equipo de prueba integrado en el interrogador en modo S para realizar pruebas y mediciones sobre el canal cuando se establece en estado de

mantenimiento viene integrada. Este equipo permitirá optimizar y minimizar las actividades de mantenimiento para el radar de vigilancia secundario en modo S. Asimismo, desde el Sistema de Control y Monitoreo, la Unidad de Prueba y Supervisión permitirá realizar varias mediciones automáticas y pruebas en el canal configurado en estado de mantenimiento.

### Figura 20

*Unidad de prueba y supervisión radar*



*Nota.* La figura muestra a la unidad de prueba, el cual de mucha utilidad para poder realizar pruebas de descarte a los diferentes módulos remotamente y prevenir degradaciones, Elaborado por el autor.

La UTS puede realizar las pruebas de varias formas entre ellos generación de respuesta, generación de blancos, patrón de blancos, onda continua y medidas (potencia, ancho de pulso, sensibilidad del radar, SPR, etc.).

- **Subsistema de monitoreo de campo lejano:** El sistema radar transportable MSSR modo S incluye un subsistema de Monitor de campo lejano (FFM) que consta de transpondedor modo S, antena direccional. El subsistema “Far Field” Monitor responderá con un código preestablecido a los interrogatorios SSR y Modo S para permitir el monitoreo continuo en línea del rendimiento del sistema MSSR. presenta una configuración flexible y fácil que permita instalar el sistema en una ubicación remota con muy pocas restricciones.

### Figura 21

*Transpondedor modo S de un solo canal*



*Nota.* La figura muestra al subsistema de monitoreo lejano, su funcionalidad principal es de realizar el ajuste del norte del radar, Elaborado por el autor.

- **Sistema de aire acondicionado:** Se instalarán dos aires acondicionados en las paredes del shelter. Este equipo será retráctil para fines de transporte.

En el transporte, ambas máquinas deberán estar completamente dentro del shelter. El aire acondicionado que se instalará está especialmente diseñado para contenedores

transportables y está dimensionado adecuadamente para las condiciones de enfriamiento requeridas por los equipos alojados.

### **Figura 22**

*Aire acondicionado tipo ventana modelo militar*



*Nota.* La figura muestra el aire acondicionado tipo AC-M5 MKI., tomado de

<https://www.danthermgroup.com>.

- **Fuente de alimentación ininterrumpida:** El shelter estará equipado con un generador diésel autónomo. Este generador está conectado a través del gabinete ATS (para línea de alimentación externa, cuando esté disponible) a un sistema UPS. La unidad utilizada debe brindar protección de energía confiable y segura a las cargas de equipos electrónicos con baterías para soportar la operación del sistema durante al menos 20 minutos.

**Figura 23**

*Fuente de alimentación ininterrumpida (UPS), que soporta la carga total del radar*



*Nota.* La figura muestra la fuente de alimentación ininterrumpida según el dimensionamiento para soportar 20min, Elaborado por el autor.

- **Generador diésel:** Las características del generador diésel seleccionado seleccionan específicamente para apoyar la operación del sistema (incluido el repliegue y el despliegue de la torre de antena desplegable y el equipo de aire acondicionado) en las condiciones más severas durante al menos 12 horas.

**Figura 24**

*Grupo electrógeno atlas copco*



*Nota. La figura muestra el sistema de energía de respaldo ante caídas de energía comercial modelo GIS 35, tomado de :<https://www.atlascopco.com>*

**3) Proceso de exportación y nacionalización del radar.** Se realiza un orden de envío ante la aduana de España para dar comienzo de la etapa de exportación; adicional a él, se envían las facturas y un packing List de todo el equipamiento, estos trámites aduaneros son llevados a cabo por la empresa DSV tanto en España como en Perú, para el ingreso es necesario realizarse los trámites necesarios para la nacionalización, tales como: la traducción de la factura, permisos ante el MTC, permisos de OTO e IPEN, con esto dando de alta para ser retirado de aduanas y pudiéndose ya transportar al emplazamiento detallado por el cliente.

- **Traducción de factura:** Para dar comienzo con los trámites aduaneros, la agencia requiere que se haga una traducción de factura, en la cual se describe las funciones de cada uno de los módulos, por si alguno de ellos, fuera necesario pedir algún permiso de alguna entidad específica.
- **Permiso del MTC:** Se encarga de aprobar el internamiento definitivo del equipamiento radar, habiendo cumplido con todos los requisitos, como se detalla en el oficio N° 19852-2020-MTC/27.02, ya no es necesario realizar la homologación, debido a

anteriormente se realizaron tramites de homologación de equipamiento radar similar y es de interés nacional.

- **Permiso OTO:** Es una autorización para equipos que no contengan o requieran sustancias agotadoras de la capa de ozono prohibido, el único equipamiento que requiere este permiso es el aire acondicionado tipo ventana modelo militar, fue otorgado la autorización según el registro N° 00069020-2020.

**b) Fase de Análisis del sitio:** Para poder dar comienzo con el traslado, es necesario haber definido el lugar donde será instalado el radar transportable para su implementación, luego de haber realizado el estudio de cobertura radar mediante software PREDICT según las coordenadas brindadas por el cliente, se valida que sea óptimo y se hace la inspección del sitio sea fácil de acceso, disponibilidad de energía comercial y con una inclinación de la tierra de 2.5 grados como máximo.

- ❖ **Análisis de cobertura por software predicción:** PREDICTion es un software de EuroControl incluido en la suite SASS-C, dentro de SASS-C, que es una herramienta encargada de realizar los cálculos de cobertura teórica por línea de vista. Asimismo, permite realizar cálculos de sistemas radar, ADS-B, TIS-B y WAM. Cabe resaltar, que los cálculos los realiza, a partir de información digital de elevación del terreno. Para los cálculos de cobertura se va a utilizar la configuración con la información digital de elevación del terreno NASADEM\_HGT V001 y ASTFTM V003, donde la resolución horizontal de la celda es de 1 arco de segundo, aproximadamente 25x25 metros, la resolución vertical es de 1 metro.

Según la Figura 25 se detalla la ventana principal con las diferentes opciones de herramientas tanto frontal y lateral; para el caso del análisis de cobertura lo exportaremos al Google Earth, para poder visualizarlo adecuadamente.

**Figura 25**

*Ventana principal de PREDICTion*



*Nota.* Muestra la interfaz del programa a usar para el cálculo de cobertura radar, Elaborado por el autor.

Se realizaron el análisis de la cobertura de los 8 radares actualmente en operatividad, la cobertura es dependiente de la elevación que existente en los alrededores del emplazamiento y a los diferentes niveles de vuelo a los que será calculado. Asimismo, teniendo en consideración, que la cobertura es diferente para cada nivel, se llevó un estudio a varios niveles de vuelo.

En líneas generales, los diagramas de coberturas resultantes dependen de:

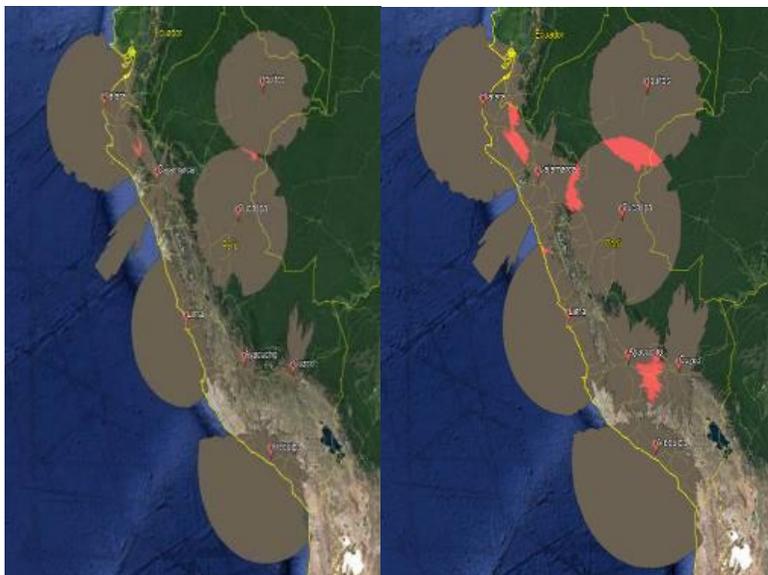
- La elevación del emplazamiento radar.
- La altura de antena medidos sobre el nivel del mar.
- Los niveles de vuelo a los que se va a calcular.

A continuación, se muestran los resultados de las coberturas por línea de vista de los 8 emplazamientos radar, realizando una comparación con las cartas de navegación del espacio aéreo de CORPAC. Las coberturas hasta 25.000 pies con la carta del espacio aéreo inferior y desde 30.000 pies con la carta del espacio aéreo superior. En las figuras siguientes se muestran la cobertura a los siguientes niveles de vuelo

- 15.000 Pies a 20.000 Pies
- 25.000 Pies a 30.000 Pies
- 35.000 Pies a 40.000 Pies

### **Figura 26**

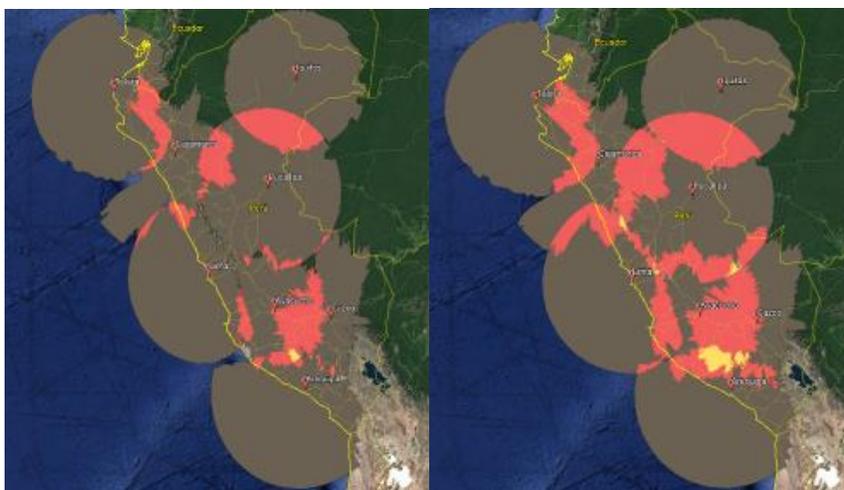
*Cobertura por línea de vista de los 8 radares a 15.000 y 20.000 fl*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 15.000 y 20.000 pies (fl, Elaborado por el autor.).

**Figura 27**

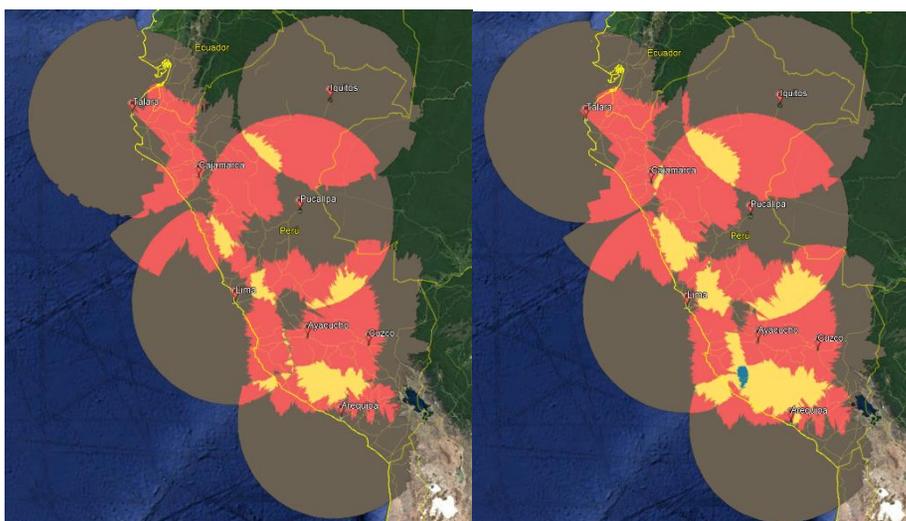
*Cobertura por línea de vista de los 8 radares 25.000 y 30.000 fl*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 y 30.000 fl Elaborado por el autor.

**Figura 28**

*Cobertura por línea de vista de los 8 radares 35.000 y 40.000 fl*



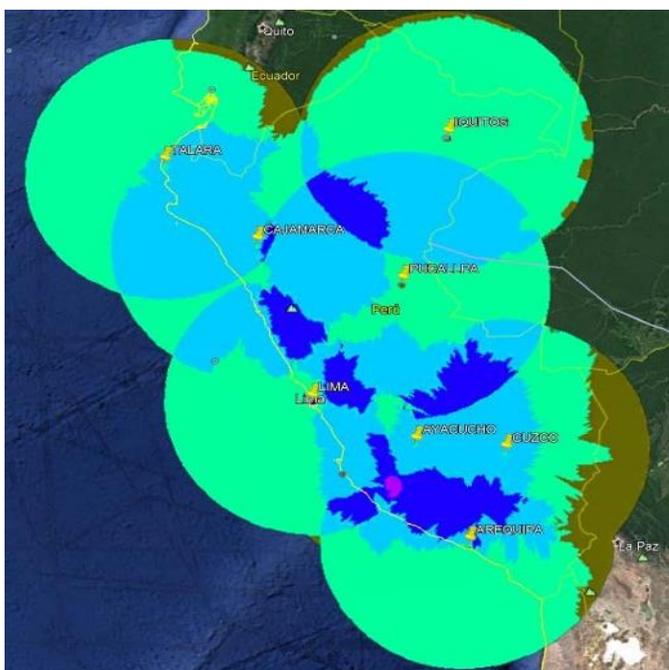
*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 35.000 y 40.000 fl. Elaborado por el autor.

A continuación, se muestra los diagramas de alcance y cobertura MSSR-S, resultado de los cálculos realizados previamente a distintos niveles de vuelo, donde los códigos de colores comunes para todos los diagramas de coberturas se muestran a continuación:

-  Alcance Máximo de Operación MSSR Modo S.
-  Área con Cobertura Teórica de 1 radar MSSR Modo S
-  Área con Cobertura Teórica solapada de 2 radares MSSR Modo S
-  Área con Cobertura Teórica solapada de 3 radares MSSR Modo S
-  Área con Cobertura Teórica solapada de 4 radares MSSR Modo S
-  Área con Cobertura Teórica solapada de al menos 5 radares MSSR Modo S

### Figura 29

*Cobertura MSSR modo S a 40.000 Pies de los 8 radares*



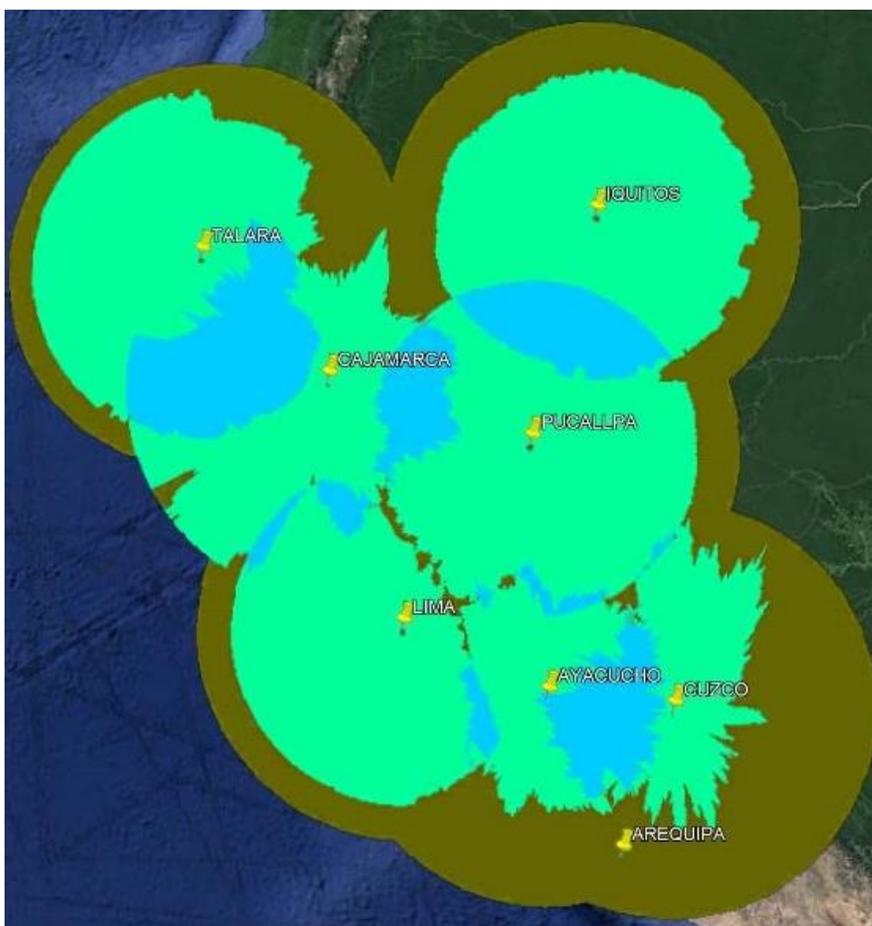
*Nota.* Muestra el nivel de cobertura radar a 40.000 fl, donde podemos observar solapamiento de cobertura radar hasta con 3, Elaborado por el autor.

Ahora, realizaremos análisis de cobertura radar con parada radar por site.

- ❖ **Estudio de coberturas MSSR modo S 250 fl con paradas radar por site:** Se presenta el estudio realizado de la cobertura de la Red de Radares MSSR-S de CORPAC considerando la parada operativa secuencial uno a uno de cada uno de los emplazamientos radar.

### Figura 30

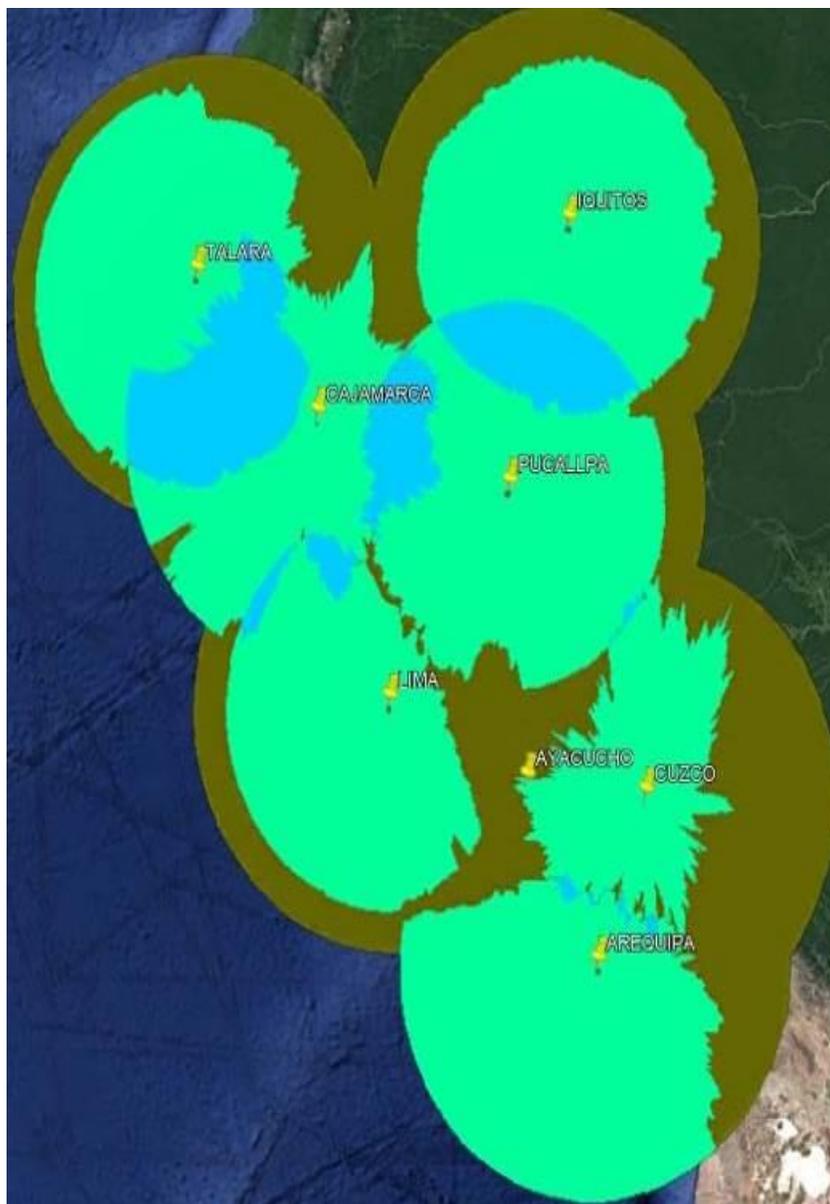
*Cobertura MSSR Modo S Sin Arequipa (250 FL)*



*Nota.* Muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Arequipa, el sur quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, Elaborado por el autor.

**Figura 31**

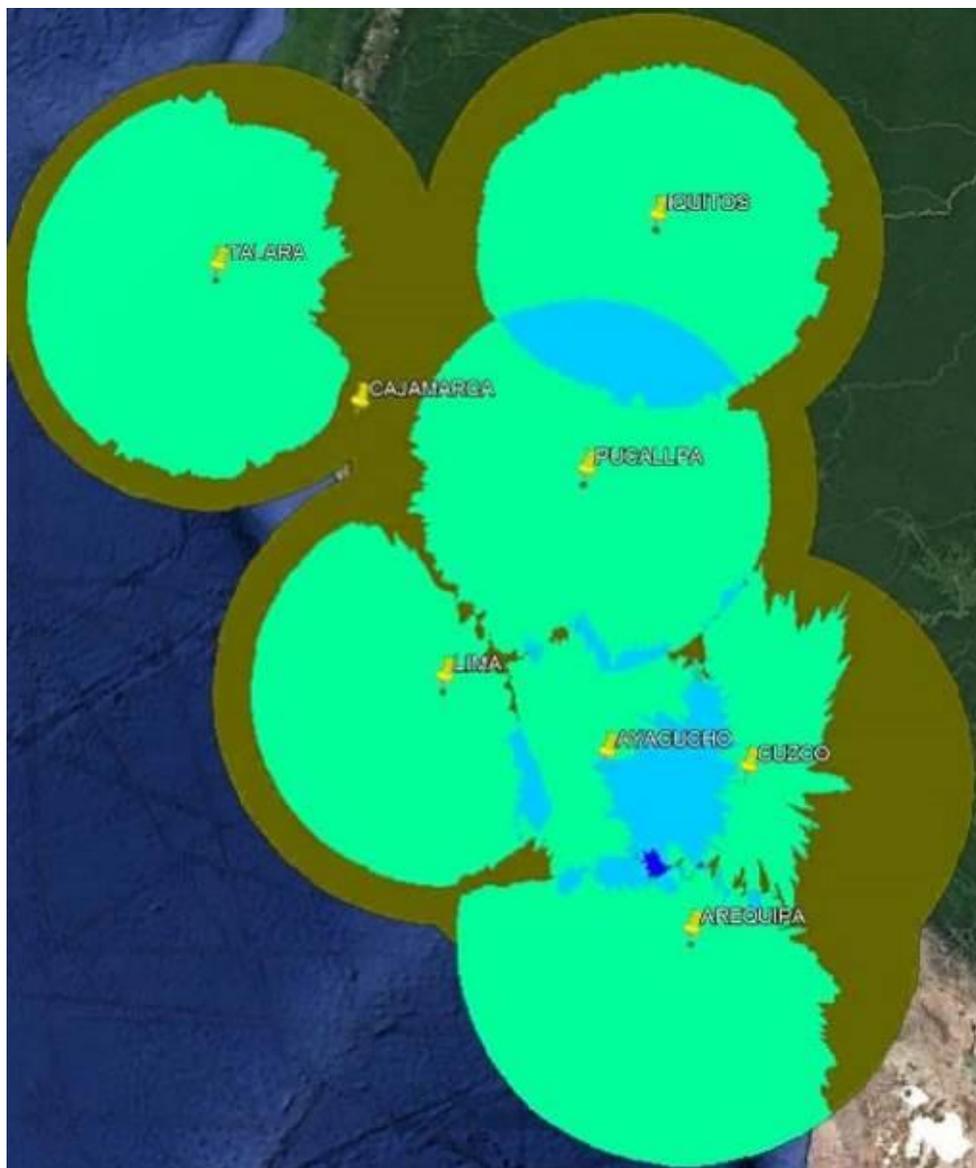
*Cobertura MSSR Modo S Sin Ayacucho (250 FL)*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Ayacucho el sureste quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, Elaborado por el autor.

**Figura 32**

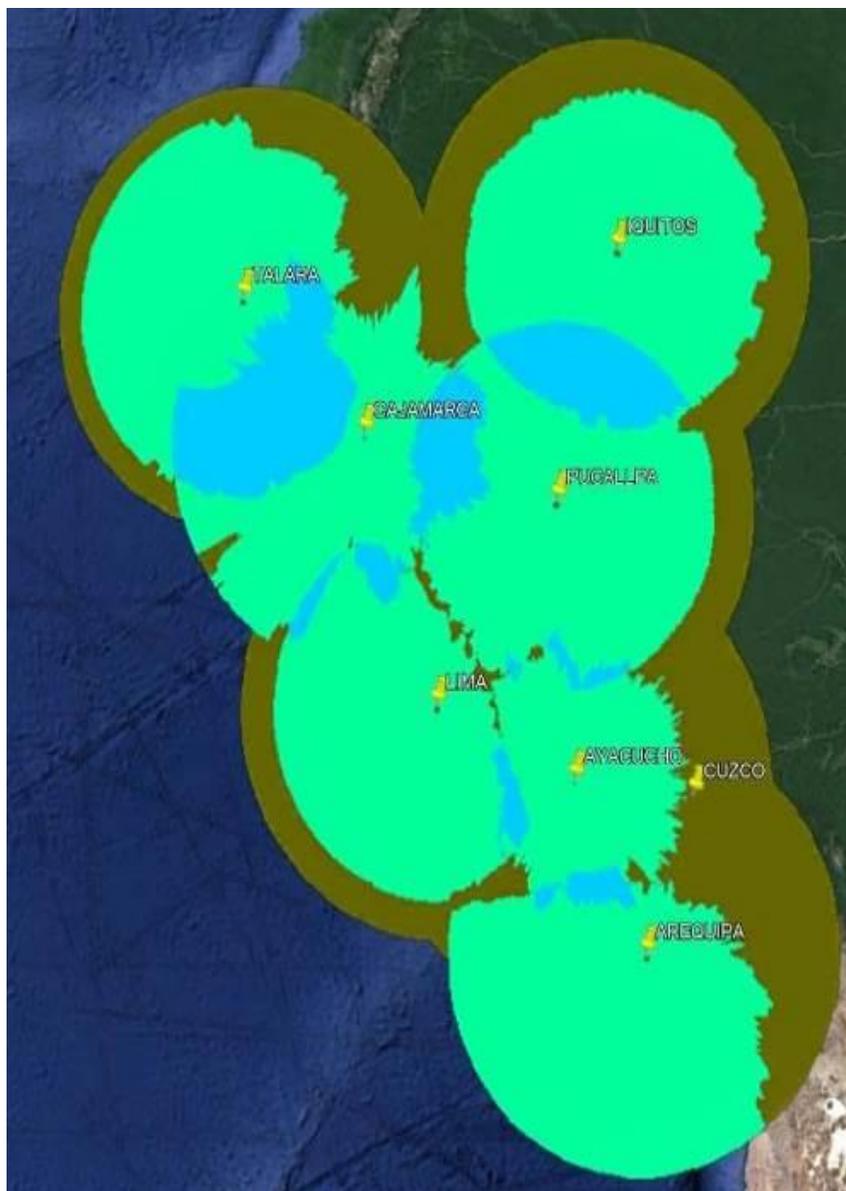
*Cobertura MSSR Modo S Sin Cajamarca (250 FL)*



*Nota.* Muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Cajamarca, el norte quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, este radar es fundamenta debido a que se ubica en una de las aerovías principales del país, Elaborado por el autor.

**Figura 33**

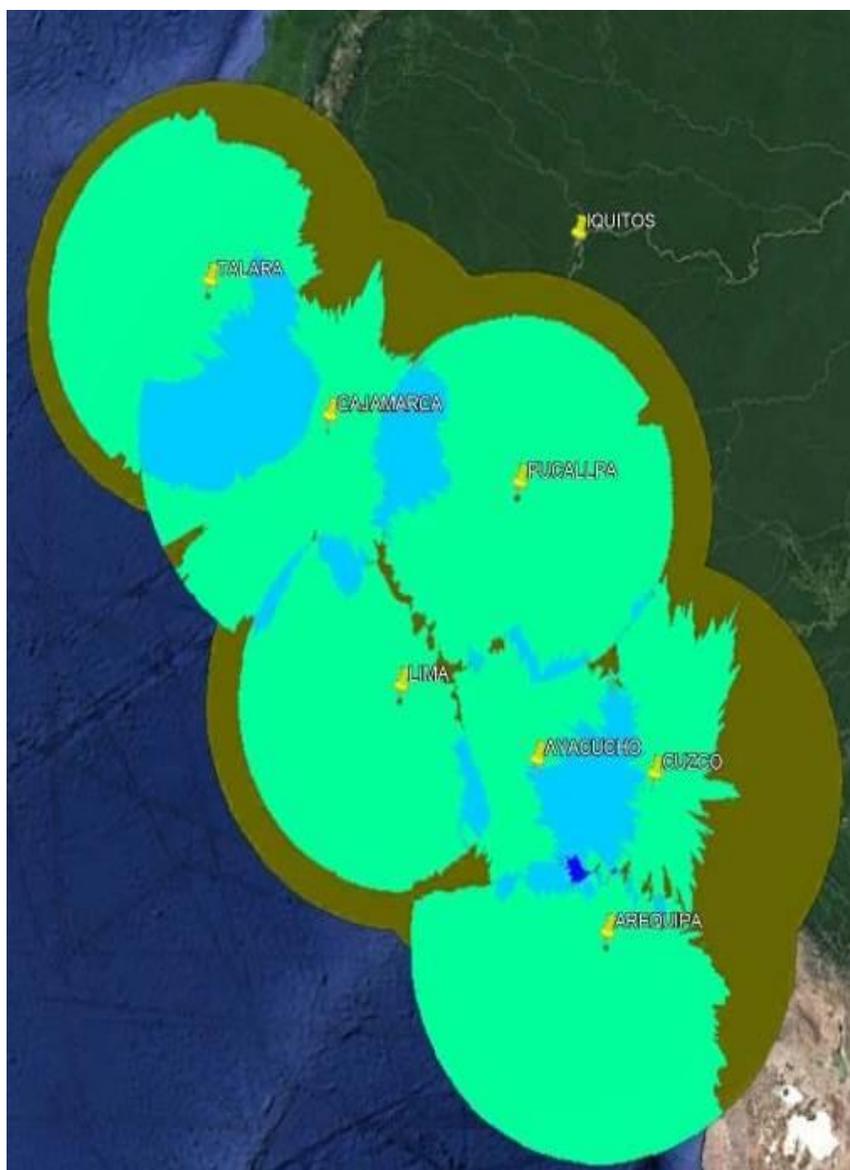
*Cobertura MSSR Modo S Sin Cuzco (250 FL)*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Cuzco; el sur- este quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, este radar es fundamenta debido a que se ubica en el segundo aeropuerto más importante del país, Elaborado por el autor.

**Figura 34**

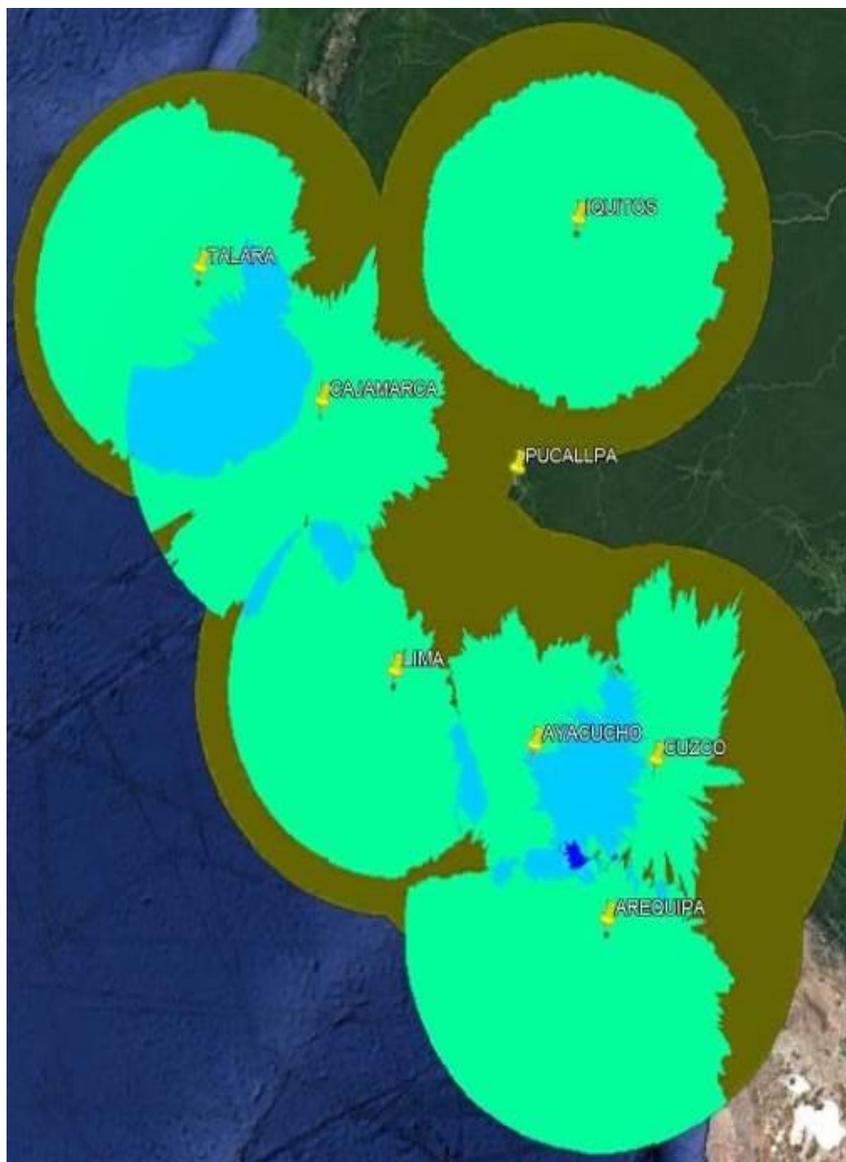
*Cobertura MSSR Modo S Sin Iquitos (250 FL)*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Iquitos; el nor-este quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, Elaborado por el autor.

**Figura 35**

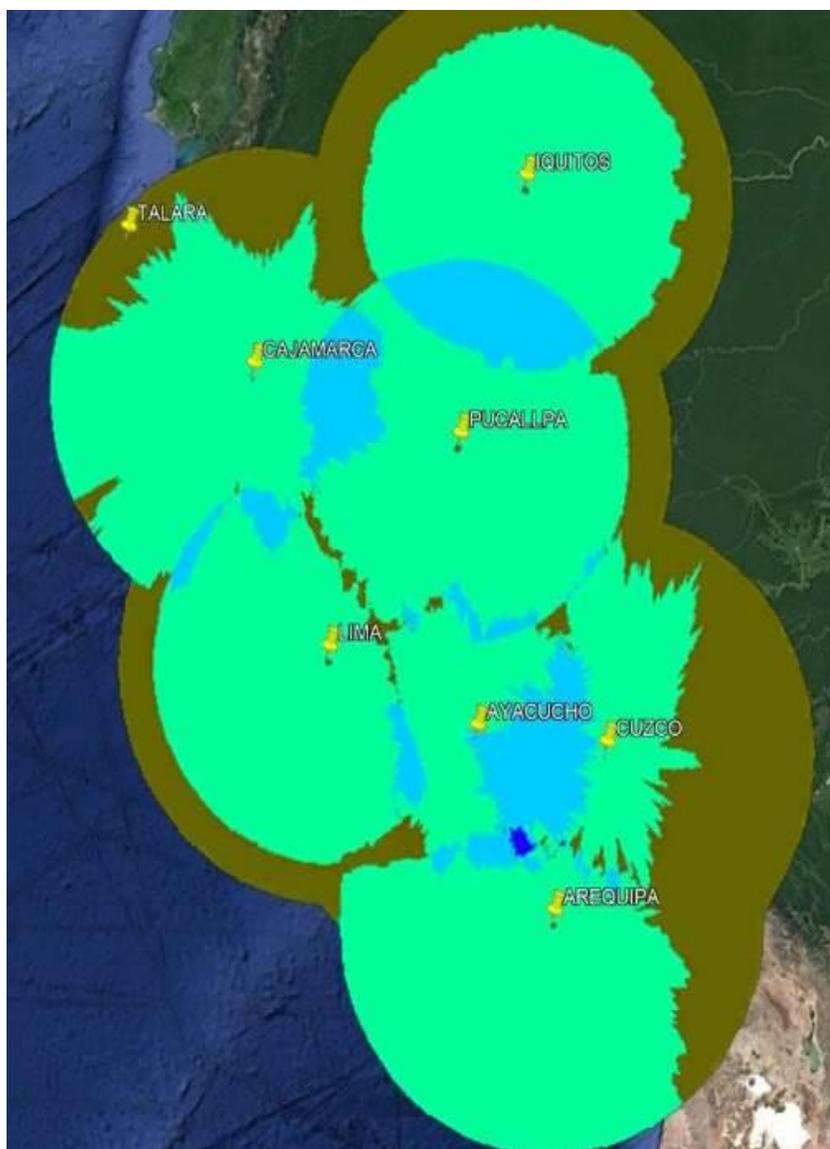
*Cobertura MSSR Modo S Sin Pucallpa (250 FL)*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Pucallpa el este quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, Elaborado por el autor.

**Figura 36**

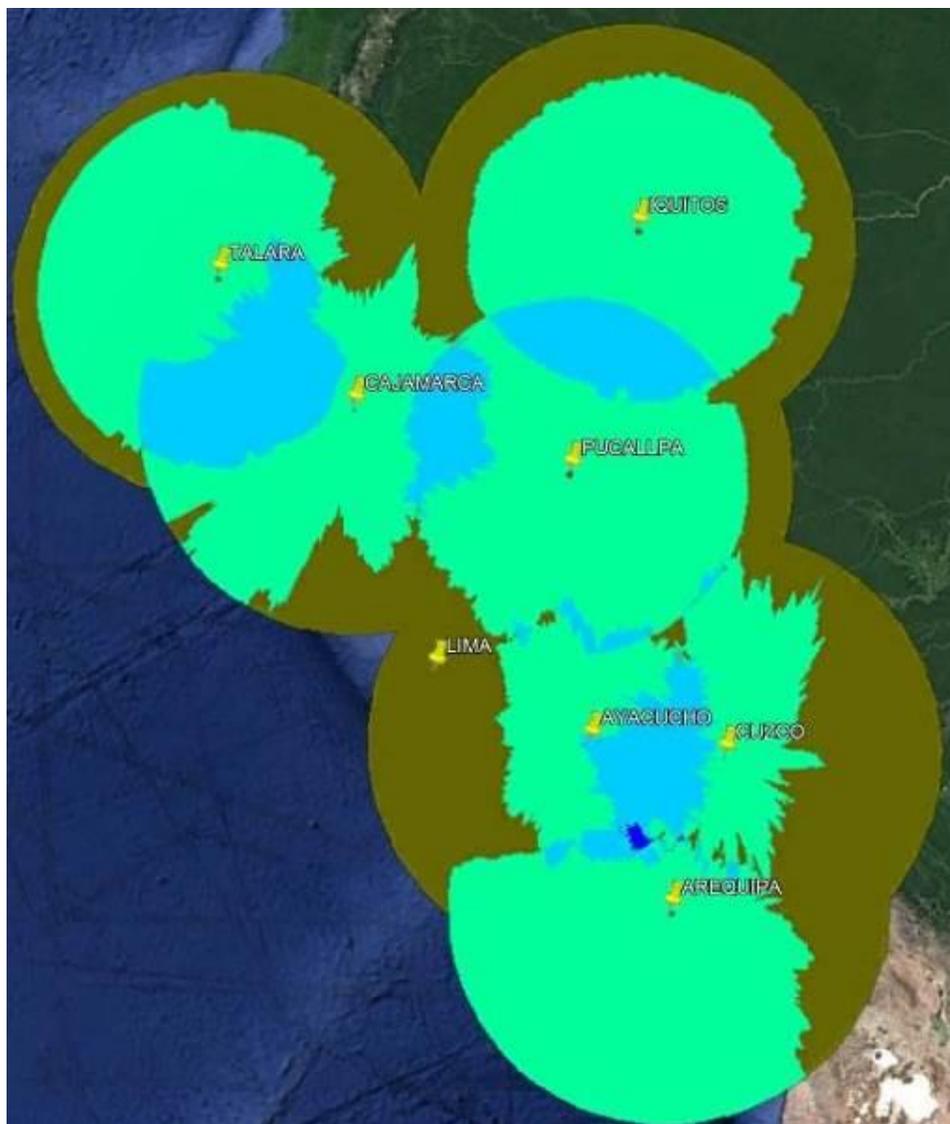
*Cobertura MSSR Modo S Sin Talara (250 FL)*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Talara; el nor-oeste quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, Elaborado por el autor.

**Figura 37**

*Cobertura MSSR Modo S Sin Lima (250 FL)*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura radar a 25.000 fl, donde podemos observar que ante una caída del radar Lima el oeste quedaría sin vigilancia aérea, usando método convencional para el guiado de las aeronaves, esto siendo muy crítico ya que es el aeropuerto principal del país, Elaborado por el autor.

Como se observa que la criticidad de no contar con un sistema radar de respaldo es muy crítico, por lo cual la implementación del radar transportable es de vital importancia y se puede demostrar, tomando como referencia el radar de lima por ser el principal aeropuerto del país es necesario contar con este sistema de respaldo. Se realizará el análisis del impacto operacional antes la caída del radar de Lima.

❖ **Cobertura del radar transportable sobre el espacio aéreo en el que tiene alcance el radar de lima.** En esta sección, se desarrollarán los resultados de las coberturas por línea de vista del nuevo radar transportable, donde se comparan con las cartas de navegación del espacio aéreo de CORPAC. Las coberturas hasta FL250 con la carta del espacio aéreo inferior y desde FL300 con la carta del espacio aéreo superior. El nuevo radar transportable tiene cobertura en los siguientes volúmenes del espacio aéreo:

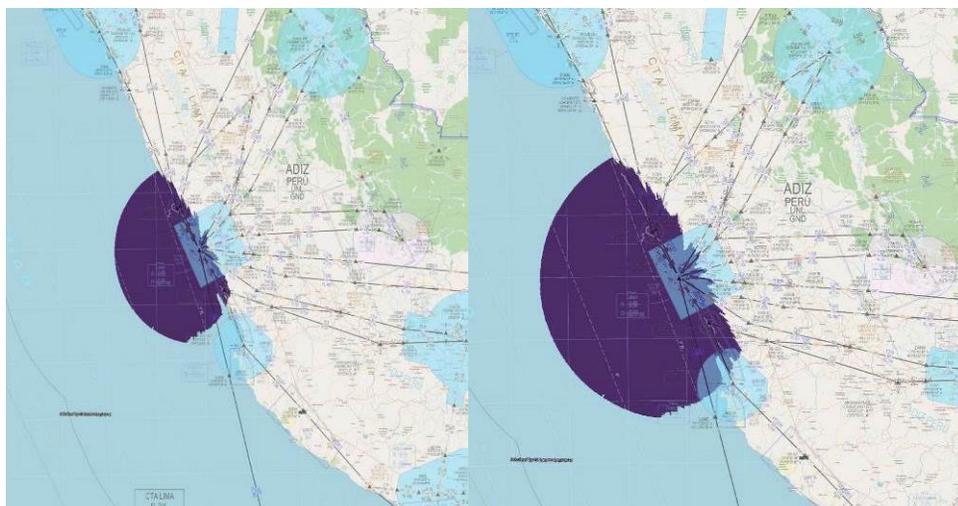
- TMA de Lima.
  - Cobertura desde el nivel de suelo.
  - Cobertura total a FL250
- TMA de Pisco.
  - Cobertura desde FL100
  - Cobertura total a FL250

En las figuras siguientes se muestra la cobertura a los siguientes niveles de vuelo:

- 5.000 Pies - 10.000 Pies
- 15.000 Pies - 20.000 Pies
- 25.000 Pies - 30.000 Pies
- 35.000 Pies - 40.000 Pies

**Figura 38**

*Cobertura del radar transportable a 5.000 y 10.000 fl*

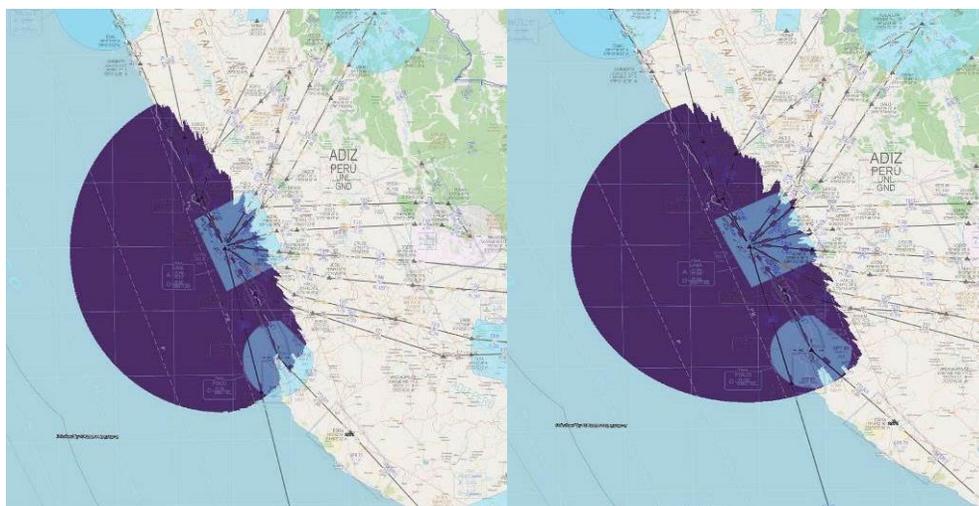


*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura del radar transportable a 5.000 y 10.000 fl,

Elaborado por el autor.

**Figura 39**

*Cobertura del radar transportable a 15.000 y 20.000 fl*

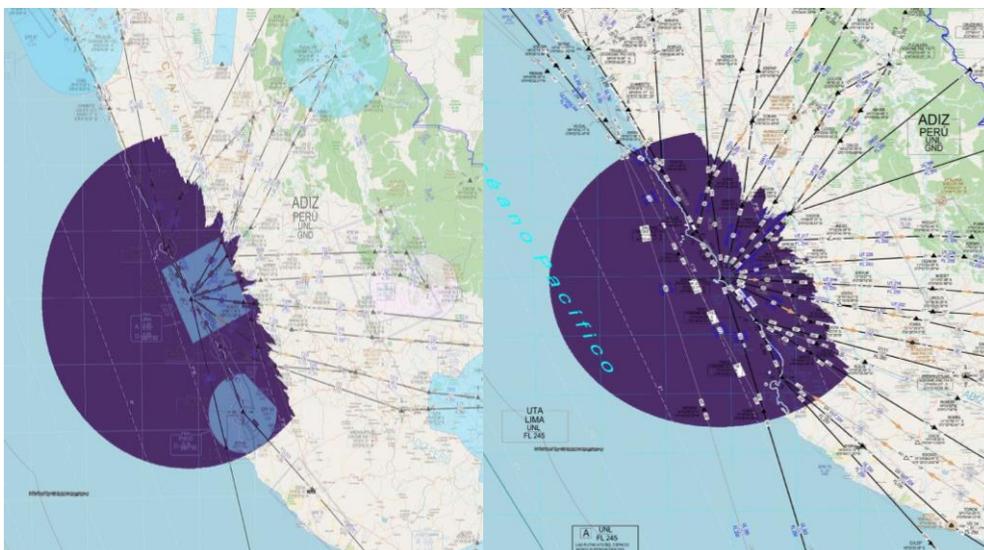


*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura del radar transportable a 15.000 y 20.000 fl,

Elaborado por el autor.

**Figura 40**

*Cobertura del radar transportable a 25.000 y 30.000 fl*

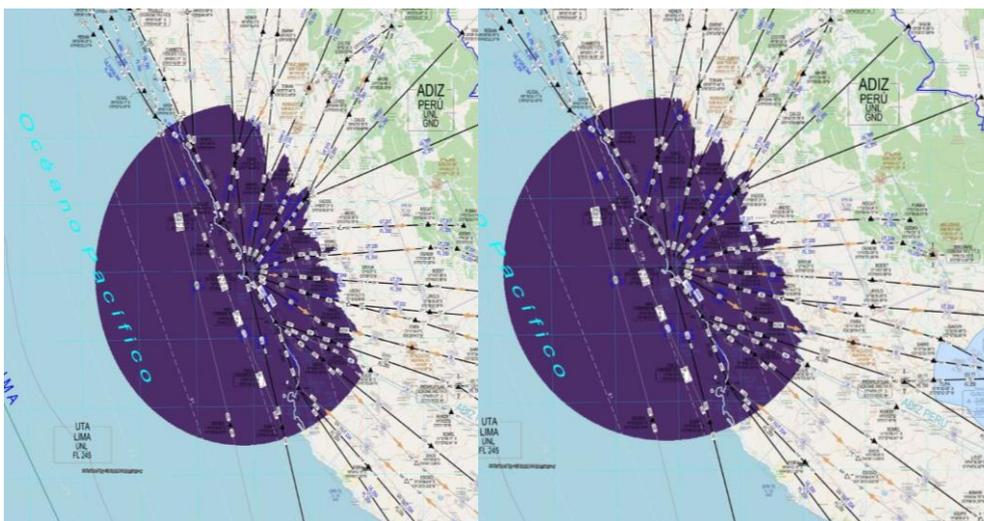


*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura del radar transportable a 25.000 y 30.000 fl,

Elaborado por el autor.

**Figura 41**

*Cobertura del radar transportable a 35.000 y 40.000 fl*



*Nota.* La figura muestra el nivel de cobertura del radar transportable a 35.000 y 40.000 fl,

Elaborado por el autor.

❖ **Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de Lima** En esta sección, se realiza una comparativa entre la cobertura del actual radar de Lima y el nuevo radar transportable. Según los resultados de las coberturas realizadas se puede ver que hasta 150NM, las coberturas son muy similares, como era de esperar dada la cercanía de las ubicaciones de las antenas de los dos radares. Hasta el nivel de vuelo 100, las coberturas de ambos radares son similares. A partir de este nivel de vuelo, el radar de Lima presenta cobertura sobre parte del espacio aéreo en el que no tiene el radar transportable, como era de esperar dada la diferencia entre ambos radares de alcance instrumental. Tanto en el TMA de Lima como en el TMA de Pisco, ambos radares tienen la misma cobertura radar. El radar de Lima tiene más cobertura sobre las aerovías del espacio aéreo inferior:

- G675
- L525
- L302

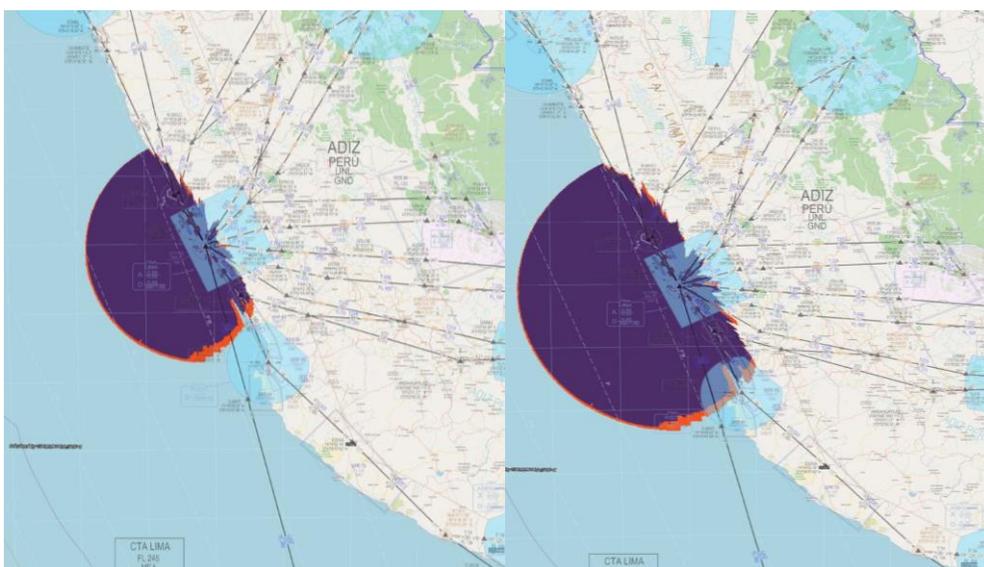
En el espacio aéreo superior, a partir de FL240, es cuando más se nota la cobertura a partir de 150NM. En el caso de estos dos radares, en la zona oceánica y en el noroeste y sureste del radar. El radar de Lima presenta más cobertura en las aerovías:

- UM793 / UM548
- UT222 / UT224
- UL550 / UL302
- UL780 / UM674
- UV1 / UM542
- UL308
- UL312 / UL344

A continuación, se muestran las imágenes de la comparativa de las coberturas, siendo la cobertura del radar transportable, tal como se muestra en color violeta, sobre la cobertura del actual radar de Lima que se muestra en color naranja. De esta forma se pueden apreciar las zonas en las que el radar de Lima tiene cobertura y no tiene el radar transportable (las zonas naranjas).

### **Figura 42**

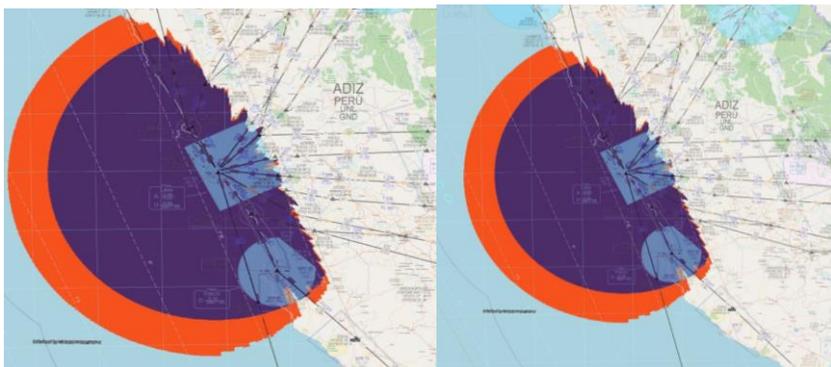
*Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 5.000 y 10.000 fl*



*Nota.* La figura muestra la Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 5.000 y 10.000 fl, Elaborado por el autor.

### Figura 43

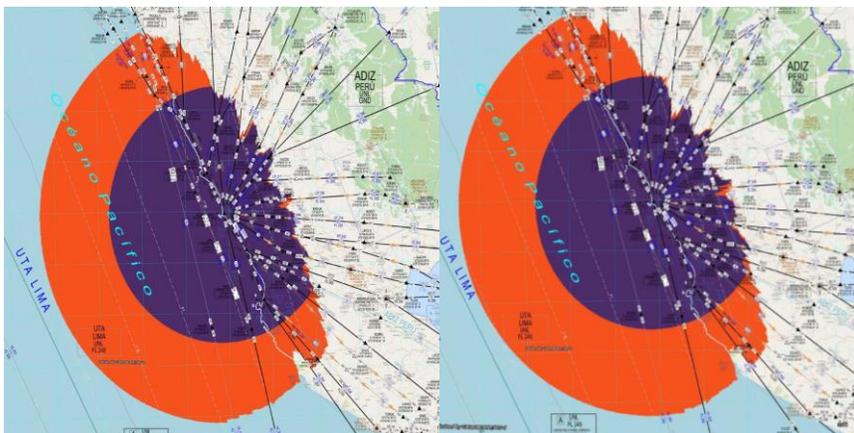
*Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 15.000 y 20.000 fl*



*Nota.* La figura muestra la Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 15.000 y 20.000 fl, Elaborado por el autor.

### Figura 44

*Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 25.000 y 30.000 fl*



*Nota.* La figura muestra la Comparativa de cobertura de radar de lima con el radar transportable de lima a 25.000 y 30.000 fl, Elaborado por el autor.

❖ **Cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable:** En este apartado, se estudia el efecto que tendría sobre la cobertura radar de CORPAC, y se debe añadir el radar transportable, tal y como se puede apreciar en las siguientes imágenes, habría cobertura doble tanto en el TMA de Lima, desde el nivel del suelo, como en el TMA de Pisco desde FL100. En ambos, habría cobertura doble en toda el área a FL250, tal y como se puede ver en los resultados de las coberturas, se aumentaría la cobertura en la zona circundante del aeropuerto de Lima, y habría cobertura doble tanto en aproximaciones como en salidas del aeropuerto, así como en todas las rutas de llegada y salida al Aeropuerto. En la zona continental, a partir de FL300, habría cobertura triple, cuando actualmente hay doble, o cuádruple, cuando ahora hay triple, en las zonas de:

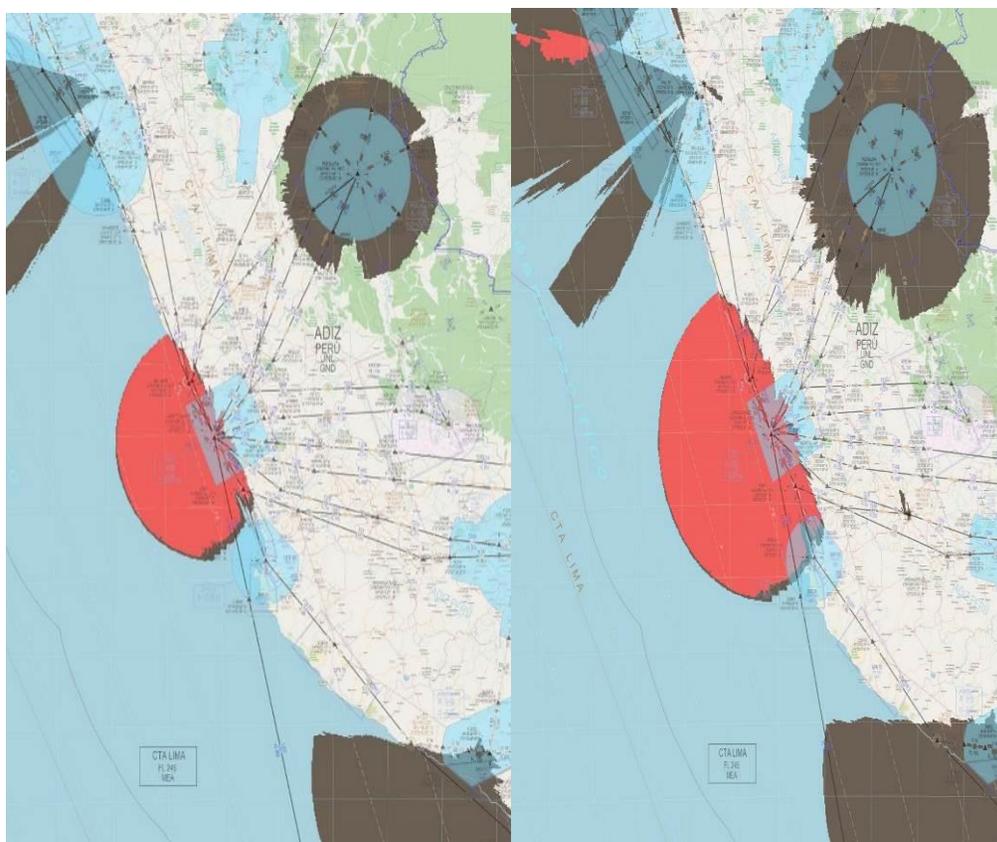
- ATATU / ILROL
- RENON / OPROS
- ILPIP / PEROV
- PAKOL / MEXUR
- AKSOL

para el análisis de la cobertura se deberá tener en cuenta el solapamiento de coberturas según la leyenda siguiente:



**Figura 45**

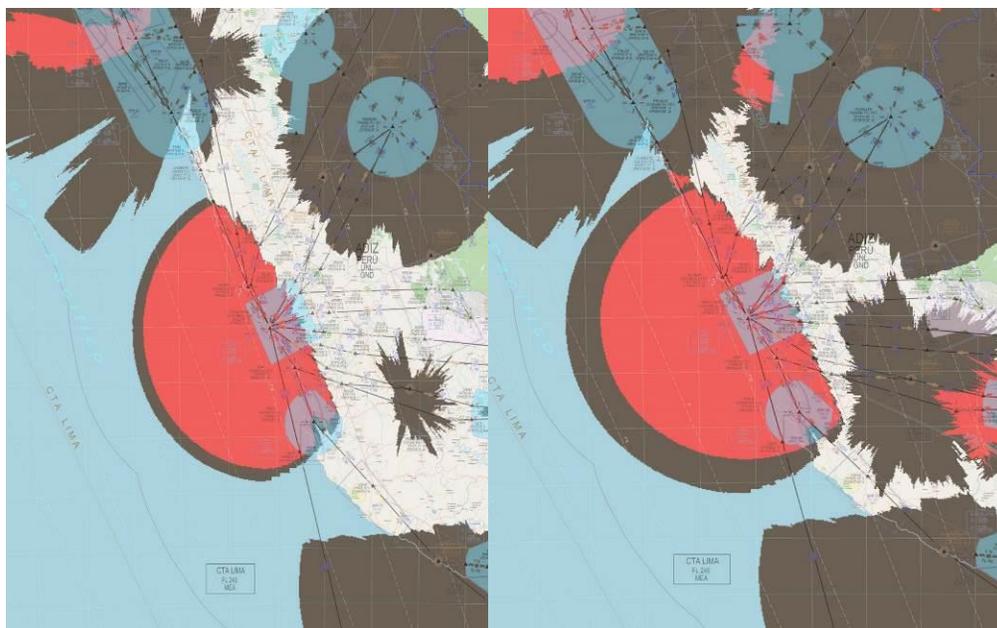
*Cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable a 5.000 y 10.000fl.*



*Nota.* La figura muestra La cobertura combinada de los radares de Corpac y el radar transportable a 5.000 y 10.000 fl, Elaborado por el autor.

**Figura 46**

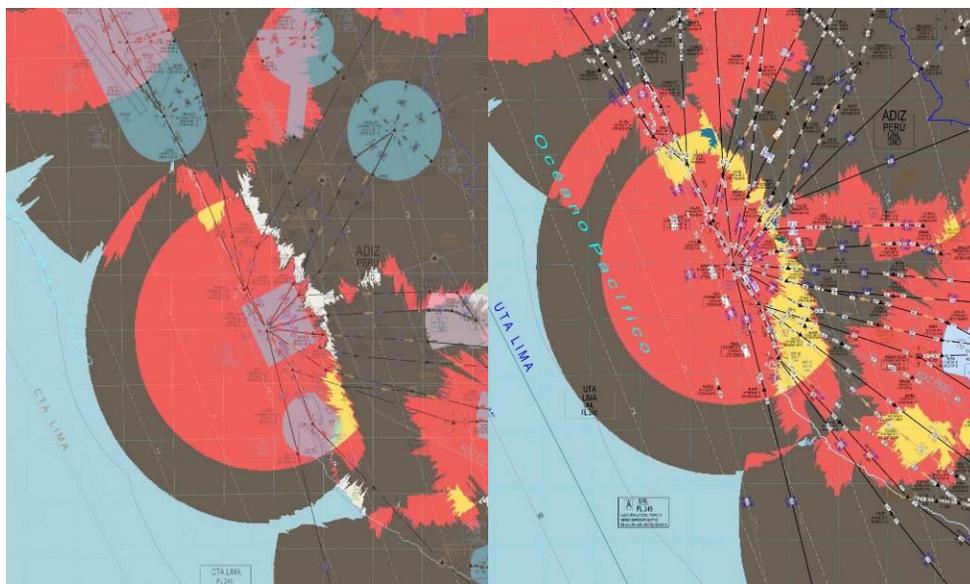
*Cobertura combinada de los radares de Corpac y el radar transportable a 15.000 y 20.000fl.*



*Nota.* La figura muestra La cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable a 15.000 y 20.000 fl, Elaborado por el autor.

**Figura 47**

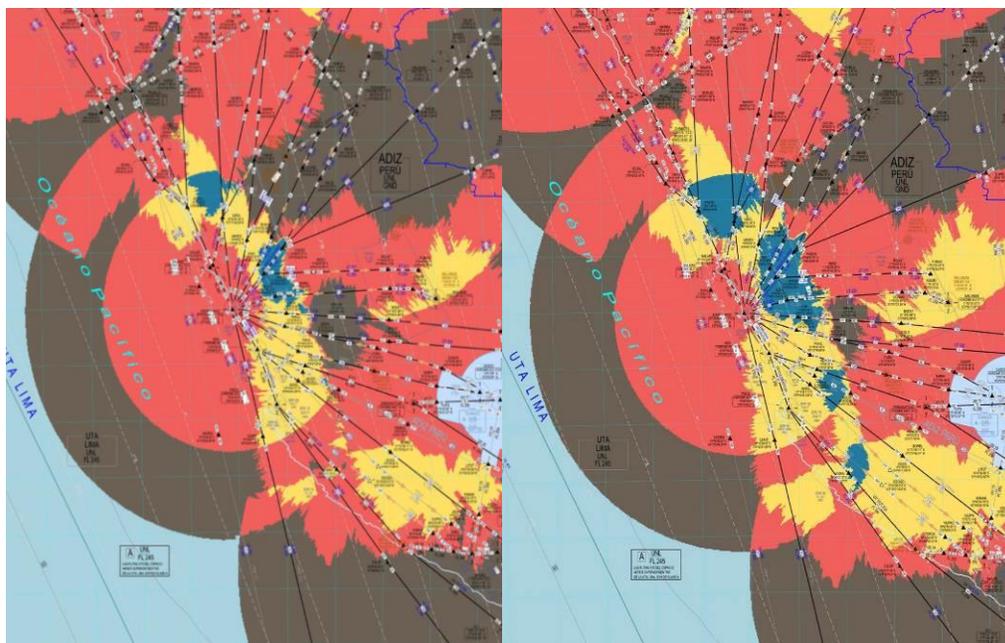
*Cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable a 25.000 y 30.000fl.*



*Nota.* La figura muestra La cobertura combinada de los radares de Corpac y el radar transportable a 25.000 y 30.000 fl, Elaborado por el autor.

**Figura 48**

*Cobertura combinada de los radares de Corpac y el radar transportable a 35.000 y 40.000fl.*



*Nota.* La figura muestra La cobertura combinada de los radares de Córpac y el radar transportable a 35.000 y 40.000 fl, Elaborado por el autor.

❖ **Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de Lima e incluyendo el radar transportable:** En esta sección, se comprueba el efecto sobre la cobertura de sustituir el actual radar de Lima por el radar transportable. hasta FL100 la cobertura es muy similar. A partir de FL150, se genera un hueco de cobertura sobre las aerovías inferiores:

- G675 / L525 / L302

A partir de FL250, este hueco está cubierto por:

- Cajamarca en la zona norte: G675.
- Ayacucho en mayor medida y Arequipa, en la zona sur: L525 y L302

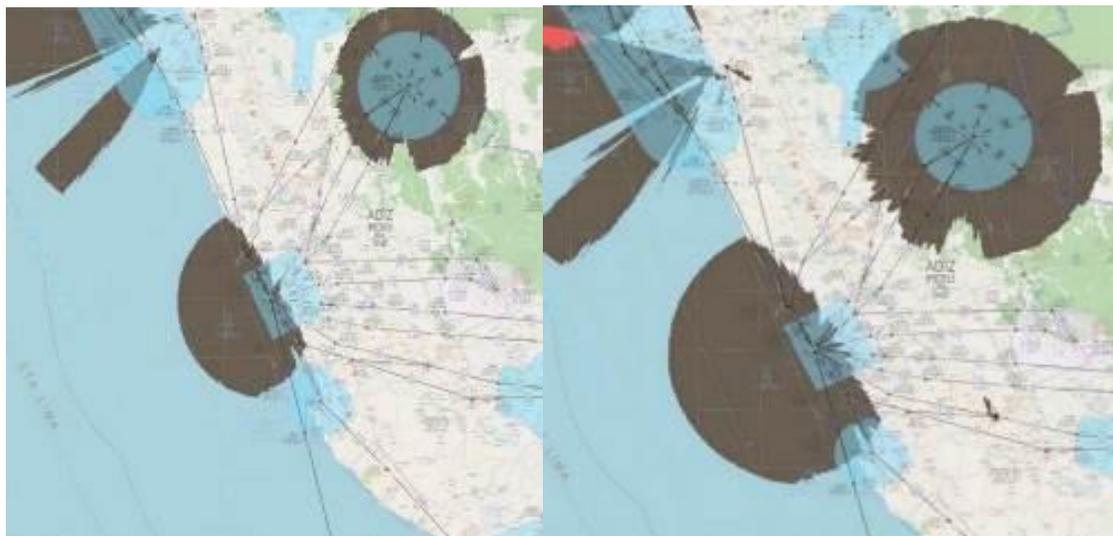
En las aerovías del espacio aéreo superior en las que Lima tiene cobertura y el transportable no cubre:

- UM793 / UM548 / UT222 / UT224 / UL550 / UL302 / UL780 / UM674
- UV1 / UM542 / UL308 / UL312 / UL344

Hay al menos cobertura simple desde FL250. Esta cobertura la garantizarían el radar de Cajamarca en la zona norte y el radar de Ayacucho y Arequipa en la zona sur. A continuación, se muestran los resultados de sustituir el radar de Lima por el radar transportable.

#### **Figura 49**

*Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de Lima e incluyendo el radar transportable a 5.000 y 10.000 fl.*



*Nota.* La figura muestra la cobertura combinada de los radares de Corpac excluyendo el radar de Lima e incluyendo el radar transportable a 5.000 y 10.000 fl, Elaborado por el autor.

**Figura 50**

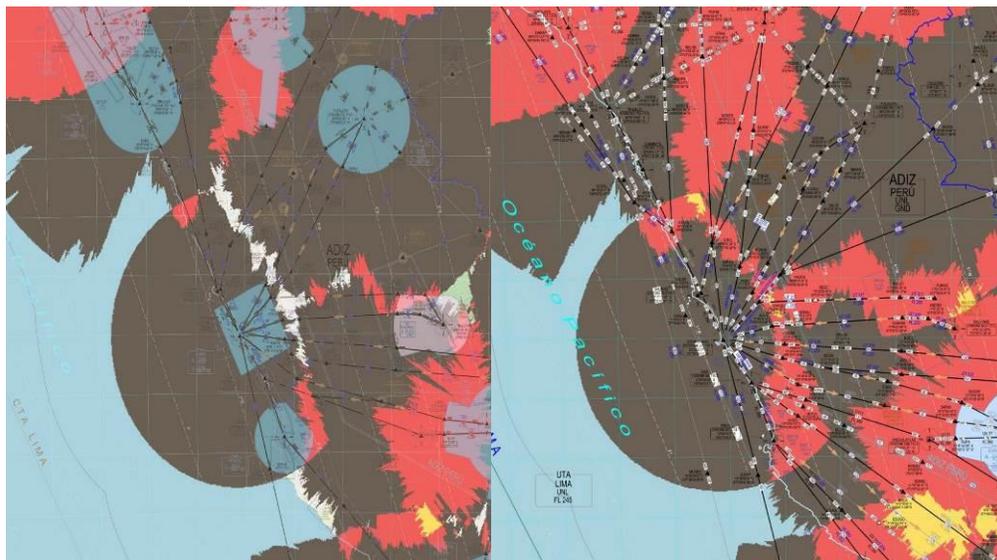
*Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 15.000 y 20.000 fl.*



*Nota.* La figura muestra la cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 15.000 y 20.000 fl, Elaborado por el autor.

**Figura 51**

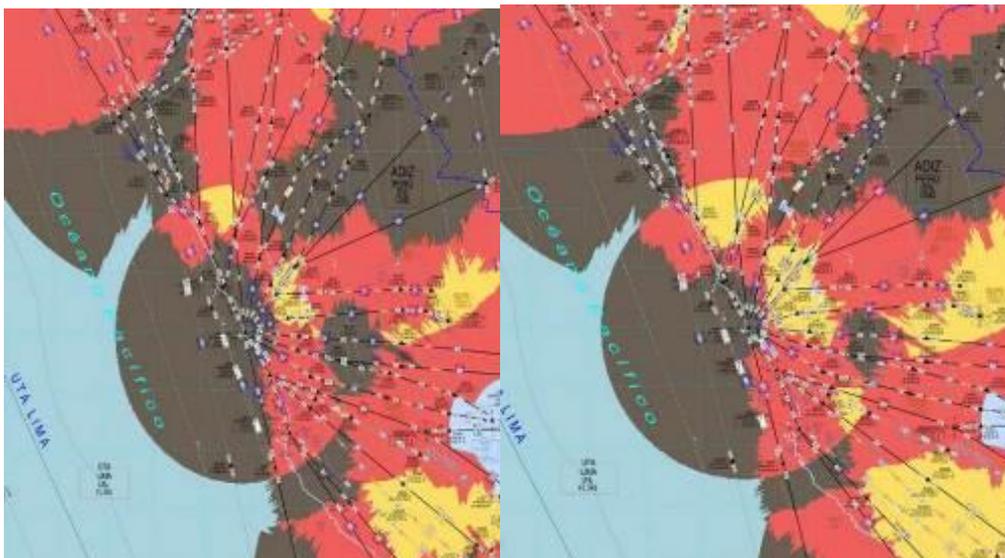
*Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 25.000 y 30.000 fl.*



*Nota.* La figura muestra la cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 25.000 y 30.000 fl, Elaborado por el autor.

**Figura 52**

*Cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 35.000 y 40.000 fl.*

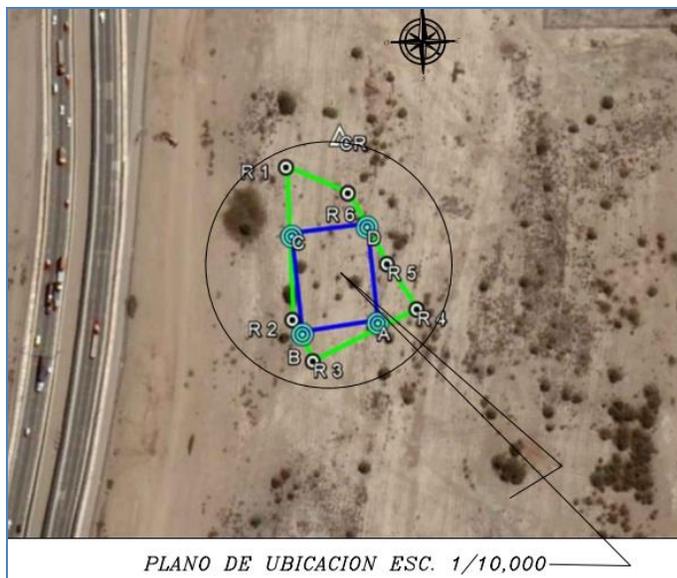


*Nota.* La figura muestra la cobertura combinada de los radares de Córpac excluyendo el radar de lima e incluyendo el radar transportable a 35.000 y 40.000 fl, Elaborado por el autor.

- c) **Inspección y validación del sitio:** luego de haber realizado el estudio de cobertura radar, con los datos brindados se hace la inspección del sitio, y posterior delimitación del terreno.

**Figura 53**

*Plano perimétrico donde se implementará el emplazamiento radar*



*Nota.* La figura muestra la localización del emplazamiento donde será implementado el radar transportable, Elaborado por el autor.

**Figura 54**

*Cuadro técnico de cada uno de las limitaciones del terreno.*

CUADRO TECNICO					
	COORDENADAS WGS 84		ANG. INTERNO	LADO	DISTANCIA
A	$N = 8'671,765.0687$	$E = 268,588.5970$	$89^{\circ}56'36''$	A-B	40.0373
B	$N = 8'671,759.9458$	$E = 268,548.8888$	$90^{\circ}03'24''$	B-C	50.0144
C	$N = 8'671,809.5427$	$E = 268,542.4403$	$89^{\circ}56'36''$	C-D	40.0373
D	$N = 8'671,814.6656$	$E = 268,582.1485$	$90^{\circ}03'24''$	D-A	50.0144

AREA = 2,002.439 m<sup>2</sup>  
 PERIMETRO = 180.103 ml.

COORD CENTRO RADAR  
 $N = 8'671,774.4041$   $E = 268,576.1046$   
 LAT  $12^{\circ} 00' 25.35003''$  S  
 LONG  $77^{\circ} 07' 31.83602''$  W

*Nota.* La figura muestra las coordenadas del centro radar, que está limitado por los puntos detallados, Elaborado por el autor.

Se realiza la inspección del sitio proporcionado por el cliente para la implementación del radar transportable, para este caso tenemos que ver que la inclinación del terreno no pase de  $2.5^\circ$ , esto luego se verificara con la inclinación de la torre, ya que contiene sensores de inclinación, velocidad de viento, se hace la validación para que el transportista pueda trasladarlo desde los almacenes de aduna hasta el sitio.

### **Figura 55**

*Verificación del sitio donde se implementará el radar transportable*



*Nota.* La figura muestra el lugar exacto donde se proceder hacer los trabajos de implementación, Elaborado por el autor.

Para el proceso de traslado y descarga se usaron dos camiones y un montacargas de 50 toneladas, y se deja en el sitio a implementar el radar.

**Figura 56**

*Proceso de descarga del radar transportable y dejado en sitio*



*Nota.* La figura muestra el proceso de descarga del sistema radar transportable sin cama bajo de 40 pis ISO, Elaborado por el autor.

Se realiza la verificación de línea de vista, para poder hacer el enlace microonda hacia el centro de control aéreo.

**Figura 57**

*Línea de vista para el radio enlace hacia la torre de control aéreo.*



*Nota.* La figura muestra que existe línea de vista para poder hacer el enlace vía microondas, y que esto no se ve afectado por el despegue de aeronaves, Elaborado por el autor.

## Para el SPRINT 2:

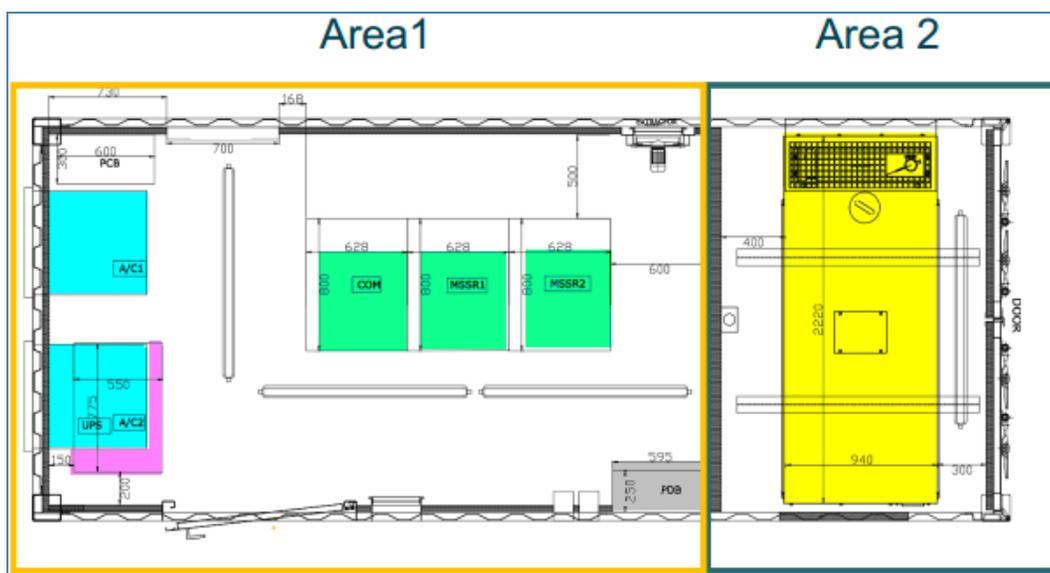
En este apartado se detallará las fases de implementación en sitio y despliegue del radar, que comprenderá el SPRINT2:

a) **Fase de implementación en sitio:** en esta fase se podrá describir en dos partes, que comprende la torre desplegable y shelter radar.

- ❖ **Shelter radar:** El shelter radar está comprendida por dos áreas los cuales son la sala radar y la sala de grupo electrógeno, posteriormente, se procede a describir cada uno de los equipamientos que comprende cada sala.

**Figura 58**

*Shelter radar que comprende los equipos electrónicos y generador diésel*



*Nota.* La figura muestra la distribución del shelter radar, donde se detalla las ubicaciones de cada uno de los componentes electrónicos y equipos auxiliares, Elaborado por el autor.

- ❖ **Sala radar:** la sala radar está comprendida por los siguientes componentes electrónicos, que a continuación se detalla:
  - **Electrónica MSSR-S:** Está comprendido por el sistema interrogador tanto la etapa transmisora y receptora que están comprendidas por los diferentes módulos, también comprende: el sistema de posicionamiento y fechado de tiempo mediante los servidores NTP, ambos canales están comunicándose mediante los Switch que hace que la red sea redundante, en uno de los bastidores se encuentra los servidores tanto para la parte de la gestión, visualización de datos radar y la interfaz que interconecta con los sistema de radio enlace que hará posible el envío de la información al centro de control aéreo.

### Figura 59

*Electrónica MSSR-S, más los sistemas de comunicaciones*



*Nota.* La figura muestra la electrónica MSSR-S en conjunto con los servidores donde se tiene instalada la gestión y proceso de visualización de datos radar, y con la interfaz para el enlace externo, Elaborado por el autor.

- **Unidades de aire acondicionado redundantes:** Los acondicionadores de aire se utilizan para lograr los requisitos ambientales asegurando una temperatura adecuada dentro del sala técnica, al ser un modelo militar es robusto y soporta a la esta del traslado.

### Figura 60

*Aire acondicionado tipo ventana modelo militar*



*Nota.* La figura muestra los dos aires acondicionados tipo ventana, replegado, los cuales se encargarán del enfriamiento de la sala técnica, Elaborado por el autor.

- **Caja de control de pedestal (PCB):** Para el control del Pedestal a través del LCMS, se utiliza la PCB, que es un subsistema del MSSR-S, se caracteriza por proporcionar la potencia adecuada para mantener la rotación de la antena a la velocidad seleccionada, así como las protecciones de seguridad incluidas en la cadena de bloqueo de seguridad.
- **Tablero de distribución de energía (PDB):** La caja de distribución de energía (PDB) es un componente que divide una alimentación de energía eléctrica en circuitos secundarios, proporcionando al mismo tiempo, un fusible de protección o disyuntor para cada circuito.

- **Gabinete de interruptor de transferencia automática (ATS):** El interruptor de transferencia automática (ATS) es un interruptor eléctrico que cambia la carga entre ser suministrada por el Generador diésel y la red eléctrica. En un funcionamiento normal, la carga es alimentada por la red. Si ocurre una falla de red, el ATS cambiará automáticamente de red eléctrica al Generador Diésel, con el fin de mantener el funcionamiento del equipo.
- **Fuente de alimentación ininterrumpida (UPS):** El UPS se utiliza para proteger equipos sensibles y evitar la pérdida de información electrónica valiosa, minimizar el tiempo de inactividad y minimizar el efecto adverso en el equipo de producción debido a problemas inesperados de energía, donde las baterías de la UPS son capaces de suministrar energía a los equipos protegidos por la UPS en las condiciones más restrictivas, que consiste en un solo módulo funcionando y todo el equipo funcionando, durante aproximadamente 10 minutos; es por ello, que en promedio, con los dos módulos funcionando, la UPS es capaz de suministrar energía durante 20-25 minutos.
- **Sistema detector de intrusos:** El sistema de detección de intrusos es un sistema de seguridad integrado que permite monitorear la presencia de intrusos en las diferentes zonas de radar; además está compuesto por la placa de control, un teclado y diferentes sensores de intrusión cableados a la placa, donde la condición del Sistema de detección de intrusos se puede verificar en el LCMS y el RCMS porque el tablero de control está cableado al AEI.
- **Interfaz de equipo auxiliar (AEI):** Es una placa de monitoreo que se utiliza como interfaz para controlar y monitorear, desde posiciones locales y remotas, los equipos auxiliares instalados en el shelter.

- **Sala de grupo electrógeno:** El generador diésel está diseñado para proporcionar electricidad de forma continua en sitios donde no hay electricidad disponible. Además, se utiliza comúnmente como stand-by en caso de interrupción de la red eléctrica. Este elemento, tiene las siguientes características:

- Capacidad del depósito unos 1105 litros.
- Potencia 35 KVAs.
- Autonomía de unas 48 horas en trabajo continuo

Las características descritas cumplen con todos los requisitos para operar a distintos niveles de altitud.

- ❖ **Sistema de torre desplegable:** El conjunto antena-pedestal transportable propuesto para el Sistema Transportable MSSR-S está compuesto por los siguientes elementos principales.

- **Sistema de antena LVA y la interfaz mecánica:** se cuenta con una antena de amplia cobertura con un alcance mínimo de 150NM, el cual está montando sobre una interfaz mecánica que une con el pedestal.

## Figura 61

### *Sistema de antena LVA y la interfaz mecánica*



*Nota.* La figura muestra la antena LVA y la interfaz mecánica donde se posiciona la antena, Elaborado por el autor.

- **Pedestal:** La configuración para este modelo es con dos motores redundantes, cada uno de ellos presenta la capacidad suficiente para mover y mantener la rotación de la antena. En la mesa giratoria existe una interfaz mecánica que es el elemento que une el pedestal y la antena. La configuración es una unidad protegida; Los sistemas de transmisión de movimiento, los sistemas de transmisión de información angular y la junta rotativa, se colocan colgando del techo del pedestal y estarán protegidos contra las condiciones ambientales por medio de un estuche.
- **Sistema de iluminación (luces de obstrucción):** Estos elementos se de vital importancia, debido a que en las inmediaciones es de uso obligatorio, por lo cual radar transportable cuenta con dos sistemas de iluminación que se encuentran ubicadas en la parte inferior de la antena.

- **Torre Desplegable de Antena de 11 metros:** es una torre replegable y desplegable de forma automática con apoyo de los controles de diseño propio de Indra.

**Figura 62**

*Torre desplegable y replegable de 11 metros*



*Nota.* La figura muestra a la derecha a la torre desplegada por completo, con las luces de obstrucción activo, Elaborado por el autor.

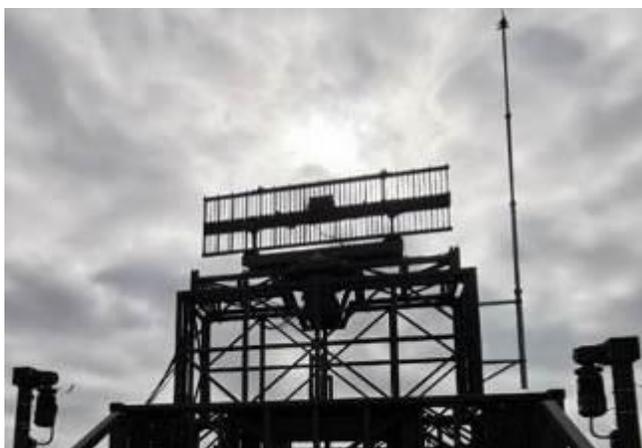
- **Pararrayos:** El pararrayos tiene un potencial eléctrico diferente entre:

→ El descargador (potencial del aire que lo rodea).

→ La punta del Terminal Aéreo y el conjunto de deflexión (potencial de la tierra).

### Figura 63

*Sistema de pararrayo instalado en la torre*



*Nota.* La figura muestra el sistema de pararrayo montado en la torre transportable para proteger a ante caídas de rayos, Elaborado por el autor.

**b) Fase de Despliegue del radar transportable:** El despliegue del sistema se divide en las siguientes partes.

❖ **Proceso de descarga:** Se llevará con apoyo de una grúa de 40 toneladas para el proceso de descarga como se describe en la **Figura 64**, primeramente, se baja el shelter de equipamiento electrónico, y para bajar se podría hacer de dos formas, podría ser con apoyo de una grúa o solamente podríamos desplegar las patas y subirlo con apoyo del sistema de elevación que tiene el radar.

**Figura 64**

*Proceso de descarga del equipamiento radar transportable*



*Nota.* La figura muestra el proceso adecuado a seguir para la implementación y despliegue del radar, Elaborado por el autor.

❖ **Proceso de verificación y encendido de todos los equipamientos del shelter radar:**

Es necesario hacer una inspección visual de cada uno de los componentes y que se encuentren en buen estado, y posteriormente se tendrá que encender primeramente el grupo electrógeno para energizar el radar, y luego en el tablero PDB, se tendrán que encender cada una de las llaves para alimentar a la UPS; posteriormente se subirán las llaves faltantes en la PDB, para alimentar cada una de los equipamiento tanto aire acondicionado, sensores de intruso, sistemas de comunicaciones, el sistema interrogador, las luces de baliza, el PCB. en la

❖

❖ **Figura 65**, se detalla cada uno de los pasos necesarios a seguir para el adecuado encendido del radar.

### Figura 65

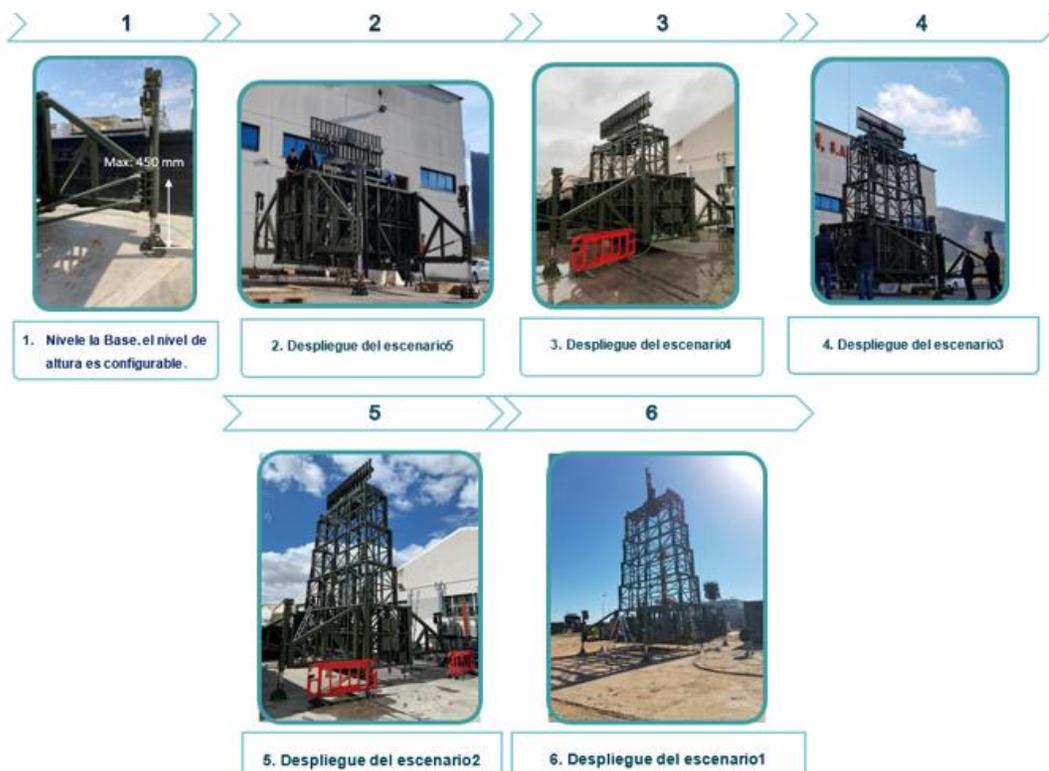
*Pasos a seguir para el adecuado encendido del radar.*

Sala radar	
1. Realice una inspección visual de los cables del equipo del Shelter.	6. Encienda el resto de los interruptores en el PDB.
2. Sacar del shelter los elementos designados para ser transportados.	7. Encienda el MSSR-S.
3. Inspeccionar los racks de equipos y el panel de interconexión.	8. Apague el interruptor de interrogación.
4. Implementar los acondicionadores de aire.	9. Encienda el bastidor de comunicaciones.
5. Retire el resto de las placas.	10. Encienda la PCB.
	11. Consultar las alarmas de la AEI en el LCMS.
	12. Encienda la UPS
	13. Instalar antenas GPS.
	14. Establece la temperatura de funcionamiento de los termostatos.

*Nota.* La figura muestra los pasos a seguir para la ejecución del encendido del radar,

Elaborado por el autor.

❖ **Proceso de despliegue de la torre:** Está comprendido por 5 fases, y que cada una de ellas cuenta con características especiales, como la fase 5 en la cual se tiene que desplegar las luces de obstrucción y se tiene que quitar el sistema de seguridad y en la fase 4 se pone el pararrayos y también se pone todo el cableado correspondiente RF.

**Figura 66***Etapas del despliegue de la torre transportable*

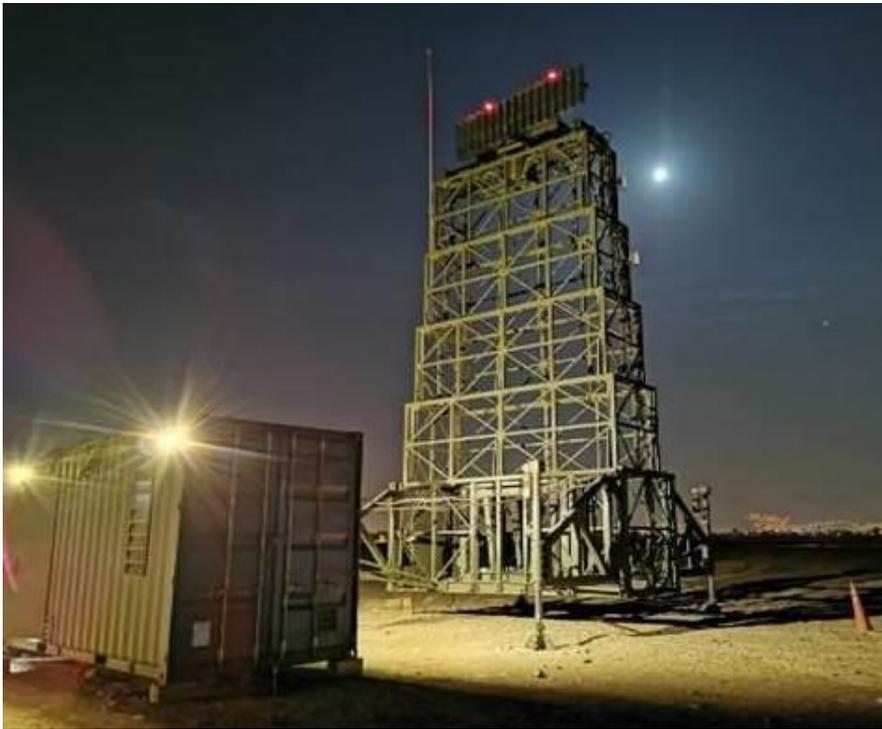
*Nota.* La figura muestra las etapas del despliegue de la torre del radar transportable,

Elaborado por el autor.

Al realizar toda las etapas detalladas, ya se cuenta con el radar listo para las pruebas exhaustivas y validación de blancos, con apoyo de equipamientos de medida.

**Figura 67**

*Radar transportable listo para pasar las pruebas de medidas exhaustiva.*



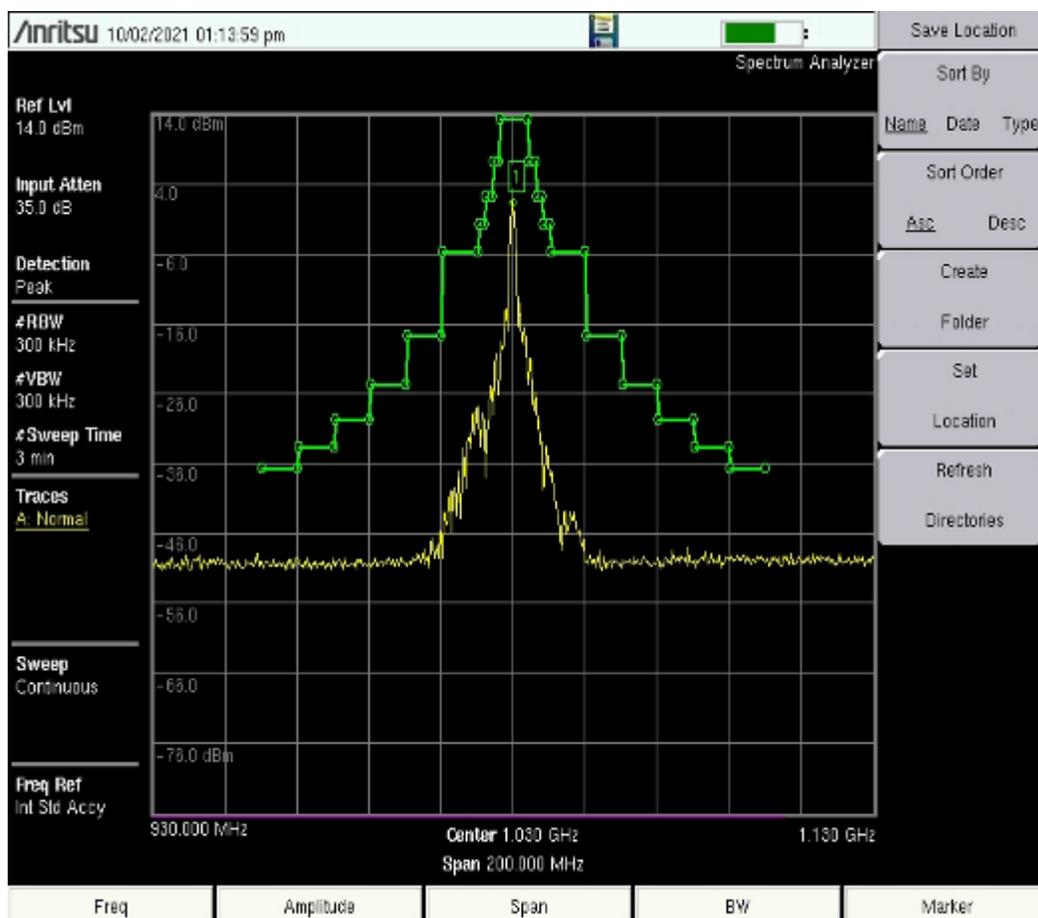
*Nota.* La figura muestra al radar transportable en su presentación final, Elaborado por el autor.

Luego de haber completado el sistema de verificación y despliegue de la torre se prosigue al proceso de ajuste y pruebas de aceptación previas, tales como:

- ❖ **Frecuencia de transmisión:** el radar en la parte transmisión opera centrado a 1030Mhz +- 1.5Mhz, por lo cual con apoyo del analizador de espectro se tiene que verificar que esté transmitiendo en ese rango.

**Figura 68**

*Frecuencia de transmisión del radar centrado a 1030 MHz*



*Nota.* La figura muestra la frecuencia de transmisión del radar transportable, donde se observa que está centrado a 1030Mhz, Elaborado por el autor.

❖ **Medida de pérdidas internas y externas del radar:** para las medidas tanto de pérdida interna y externa del radar, nos apoyaremos con el analizador de red; para ello es necesario, precisar que el radar en la etapa transmisora cuenta con dos señales: un canal de control que conoceremos como el canal OMNI y el segundo el canal de interrogación, que lo

conoceremos como el canal SUMA, y en la etapa recepción se agrega un canal adicional que es el canal diferencia que se utilizara para realizar la función Monopulso. Es necesario precisar que tanto los valores de atenuación, roe y fase entre canales se encuentren dentro de los valores permitidos por el fabricante.

**Tabla 6**

*Medida de atenuación externa del radar*

<b>ATTENUATION MEASUREMENT</b>						
	1030 MHz			1090 MHz		
<b>SUM-OMNI</b>						
<b>DIFF-OMNI</b>						
<b>SUM+DIFF</b>						
<b>AT. TOTAL</b>	<b>SUM</b>	<b>OMNI</b>	<b>DIF</b>	<b>SUM</b>	<b>OMNI</b>	<b>DIF</b>
	-3.890	-3.920	-3.730	-4.010	-4.050	-3.890

*Nota.* La tabla muestra la perdida externa hasta la antena, Elaborado por el autor.

❖ **Medida de ROE de la instalación:** esta medida es muy importante, para las protecciones de los equipos electrónicos que podrían ser afectados por la potencia reflejada.

**Tabla 7**

*Medida de ROE del radar transportable*

<b>SWR MEASUREMENT</b>						
	1030 MHz			1090 MHz		
	<b>SUM</b>	<b>OMNI</b>	<b>DIF</b>	<b>SUM</b>	<b>OMNI</b>	<b>DIF</b>
<b>INST RF+ANTENNA</b>	1.17	1.12	1.07	1.14	1.18	1.12
<b>INST RF (Measure with Load)</b>	1.15	1.09	1.08	1.16	1.15	1.11
<b>Antenna turning</b>	1.15	1.14	1.09	1.14	1.17	1.19
<b>Antenna</b>	1.14	1.06	1.02	1.11	1.15	1.16

*Nota.* La tabla muestra la medida de la ROE de la instalación, Elaborado por el autor.

- ❖ **Medida y ajuste de la fase de instalación:** es la medida más importante para la operatividad y detectabilidad de blancos adecuadamente.

**Tabla 8**

*Medidas y ajuste de la fase del radar.*

PHASE MEASUREMENT - 1090				
	BEFORE MEASURES			AFTER MEASURE
<b>SUM-OMNI</b>	60.72	60.66	60.73	60.76
<b>DIFF-OMNI</b>	-29.87	-30.34	-30.78	-30.80
<b>DIFF/SUM</b>	-90.59	-91.00	-91.51	-91.56

*Nota.* La tabla muestra el ajuste de la fase del radar, Elaborado por el autor.

- ❖ **Medida de potencia en SSR y Modo S:** el radar cuenta con 7 niveles de potencia para que puedan ser configurados en la gestión.

**Tabla 9**

*Medida de potencia del radar a los diferentes niveles de potencia*

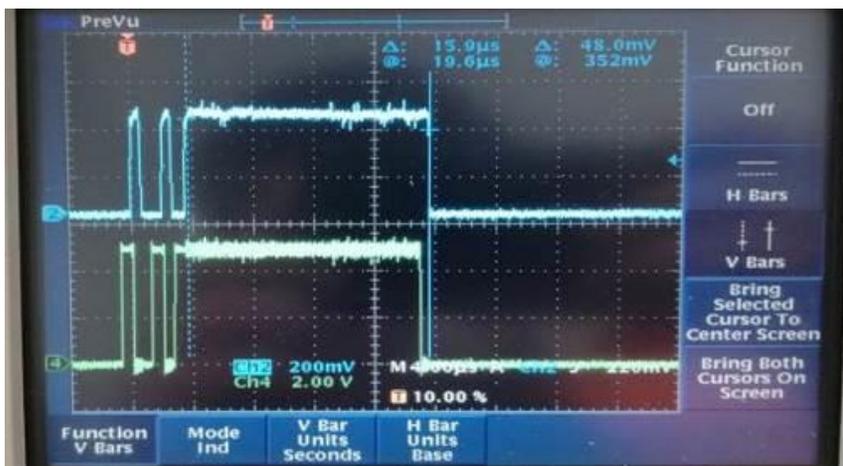


*Nota.* La tabla muestra la medida de potencia en SSR, que al medir en modo S son muy semejante, Elaborado por el autor.

- ❖ **Ancho del pulso en SSR y modo S:** Para que las aeronaves puedan responder a las diferentes formas de interrogación; es necesario que los anchos de pulso estén en los valores establecidos tanto para los modos A, C y modo S.

**Figura 69**

*Pulso para la interrogación modo S*

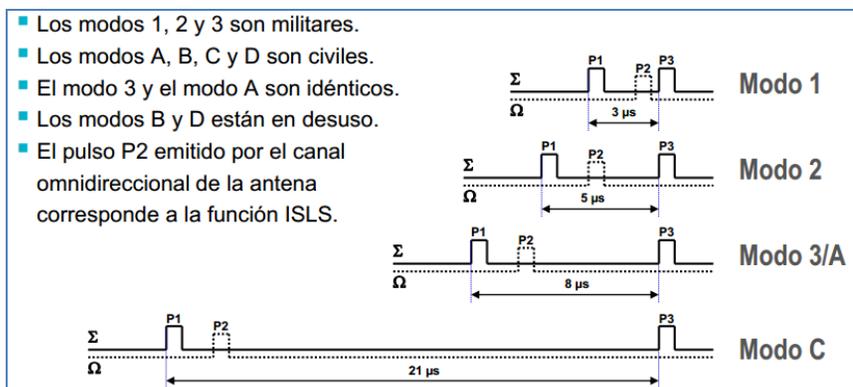


*Nota.* La figura muestra la gráfica del pulso modo S, y que estos se encuentran dentro de los valores establecidos, Elaborado por el autor.

Todos los transpondedores responden a estas interrogaciones en el modo correspondiente

**Figura 70**

*Pulso para las interrogaciones en SRR*

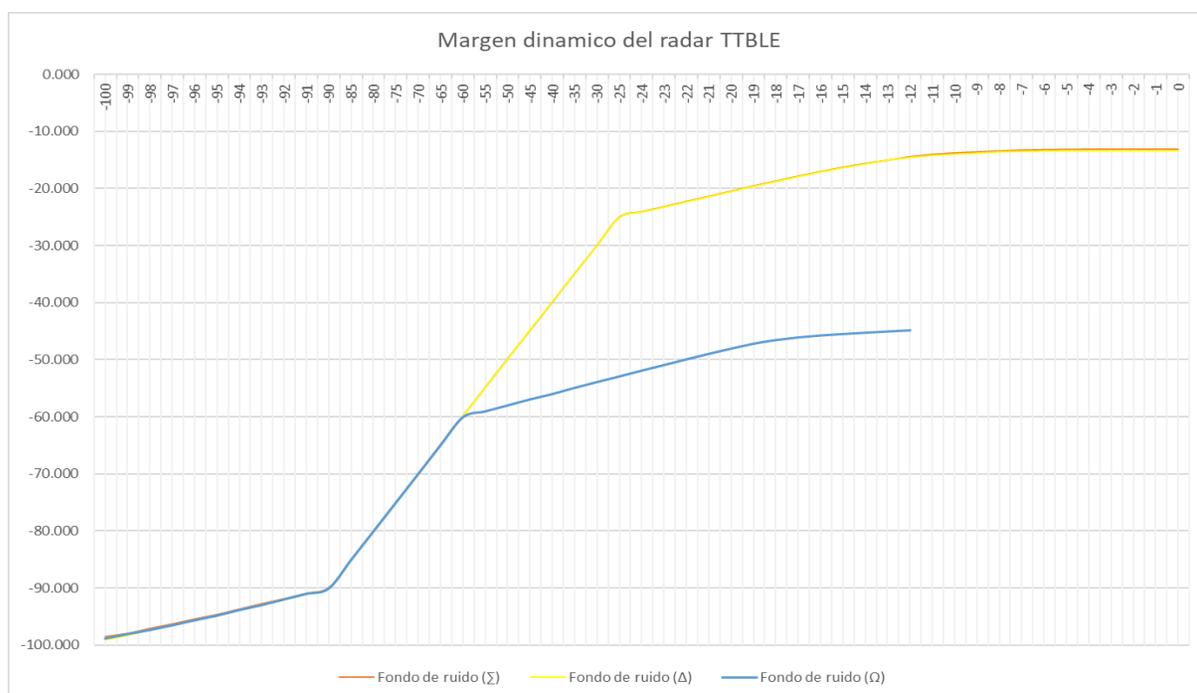


Nota. La figura muestra los diferentes modos de interrogaciones en SSR, Elaborado por el autor.

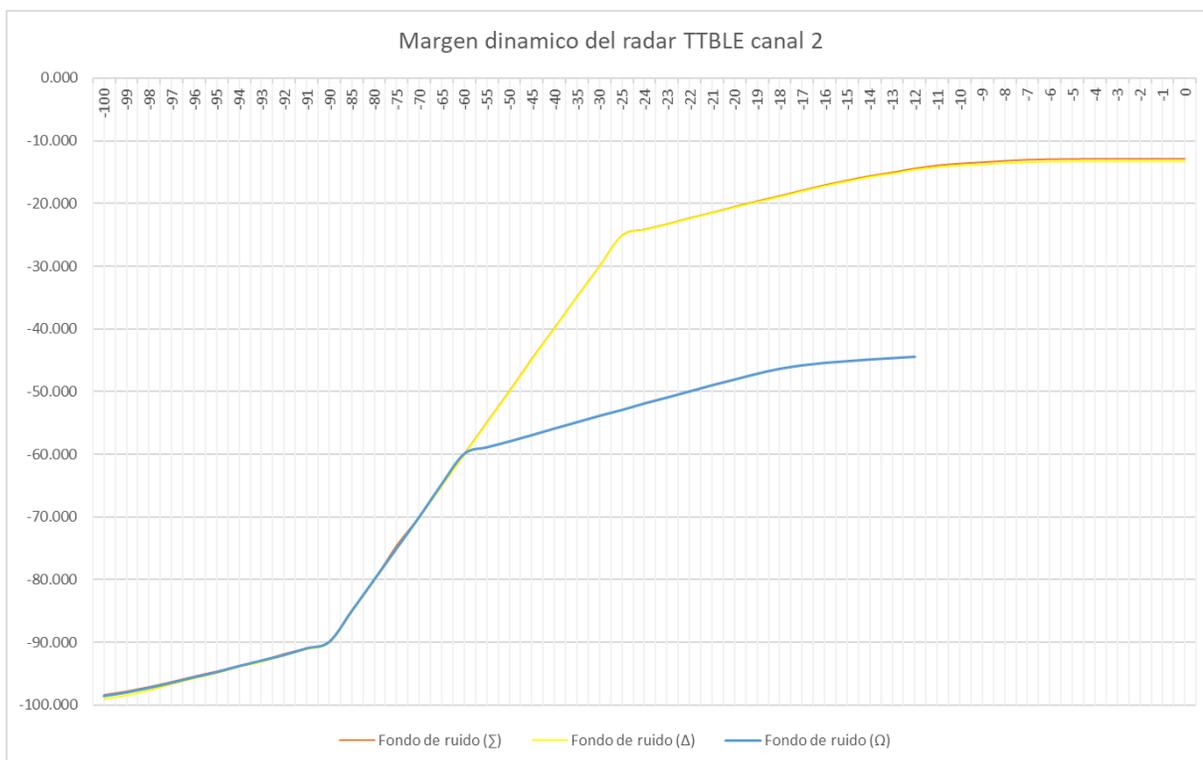
❖ **Rango dinámico del radar:** El margen dinámico del receptor se define como: la relación entre los niveles de señal de entrada máximo y mínimo para los que el equipo proporciona una calidad aceptable de señal a la salida.

**Tabla 10**

*Rango dinámico del canal 1.*



Nota. La tabla muestra el rango dinámico del canal 1, Elaborado por el autor.

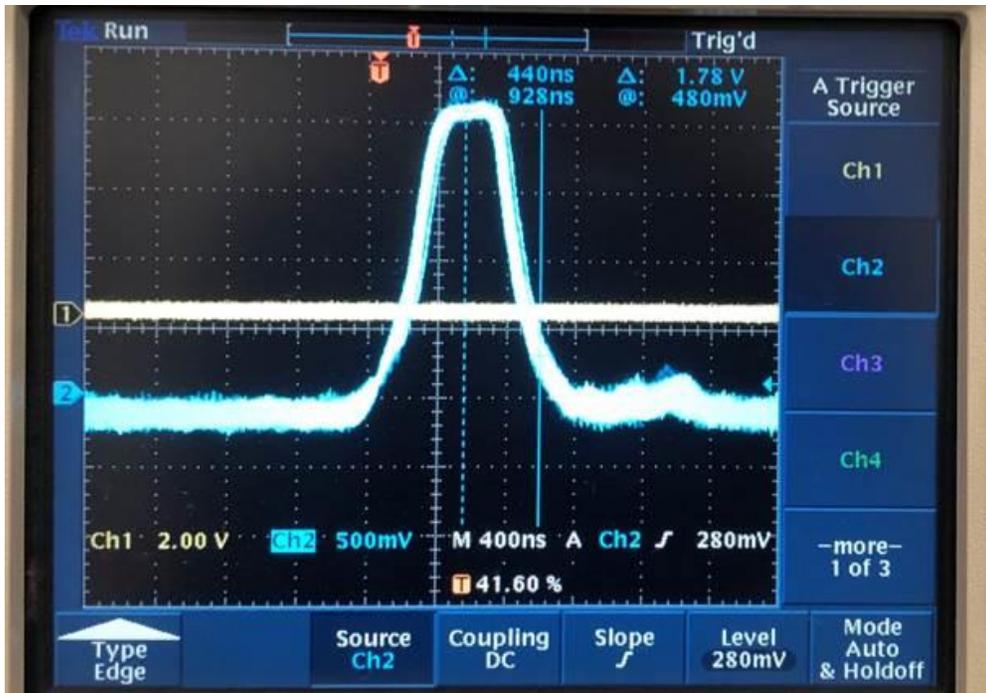
**Tabla 11***Rango dinámico del canal 2*

*Nota.* La tabla muestra el rango dinámico del canal 2, Elaborado por el autor.

- ❖ **Sensibilidad del radar:** Es la mínima señal medible en el video tomando en cuenta el fondo en el ruido de la señal de video.

**Figura 71**

*Sensibilidad tangencial de radar transportable*



*Nota.* La figura muestra la sensibilidad tangencial del radar, Elaborado por el autor.

- ❖ **Patrón de blancos:** Es la generación de 300 blancos divididas en 12 radiales cada uno de 30° comenzando desde el norte, eso con la finalidad de simular blancos en toda su cobertura y que sean estables.



### Para el SPRINT 3:

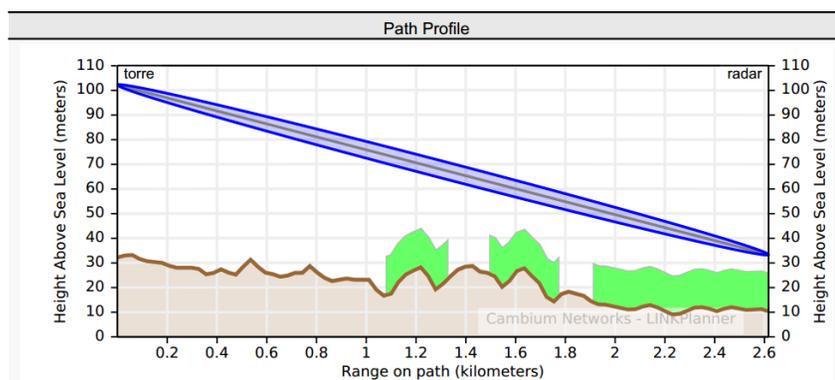
En este apartado se detallará las fases integración del radar transportable y análisis de prestaciones que comprenderá el SPRINT3:

a) **Integración del radar transportable:** se detalla el proceso de integración del radar transportable al centro de control, en el sistema no operacional y posteriormente pasando a etapa operativa; el cual estará comprendido en:

- ❖ **Radio enlace:** luego de haber validado el sitio en el sprint1, y culminado con la etapa de la implementación y puesta en operatividad el radar, se tiene que enviar la información al centro de control (al no operacional, esto con la finalidad de no enviar mala información y validarlo), por lo cual con apoyo del programa linkplanner se realiza una simulación del enlace y verificar que no se tendrá pérdida de la data radar.

**Figura 73**

*Análisis de viabilidad del enlace microonda*

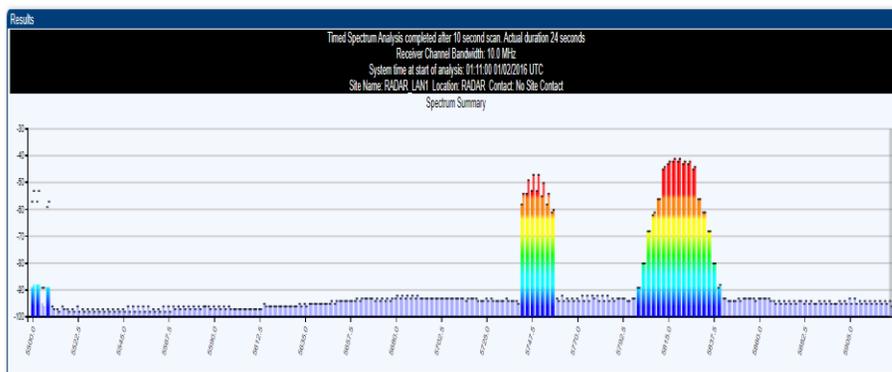


*Nota.* La figura muestra que tan viable es el enlace, al estar en la cabecera de la pista de aterrizaje está expuesto a caída de enlace, para lo cual se usaron dos enlaces, Elaborado por el autor.

Se realiza un escaneo en la frecuencia de operación del enlace y que no esté en uso dentro del aeropuerto o inmediaciones.

### Figura 74

*Espectro libre en los canales 5747.5Mhz y 5815Mhz para el enlace*

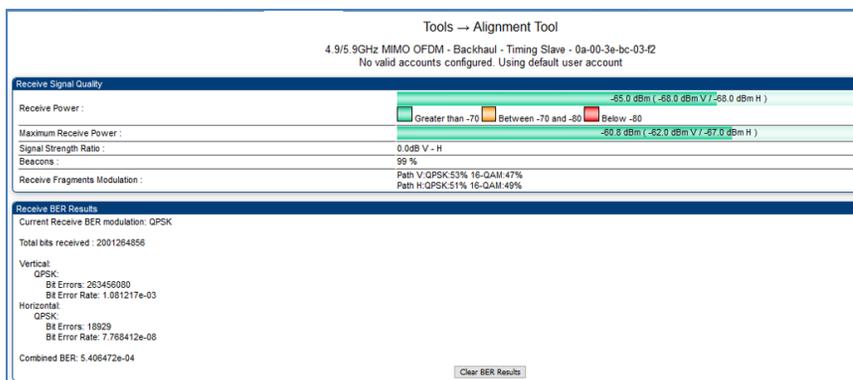


*Nota.* Se muestra el uso del espectro dentro del aeropuerto, Se garantiza que esté libre, Elaborado por el autor.

Al realizar el enlace se observa que se tienen buenos niveles de potencia para ambos enlaces.

### Figura 75

*Niveles de potencia del enlace microondas torre - radar*

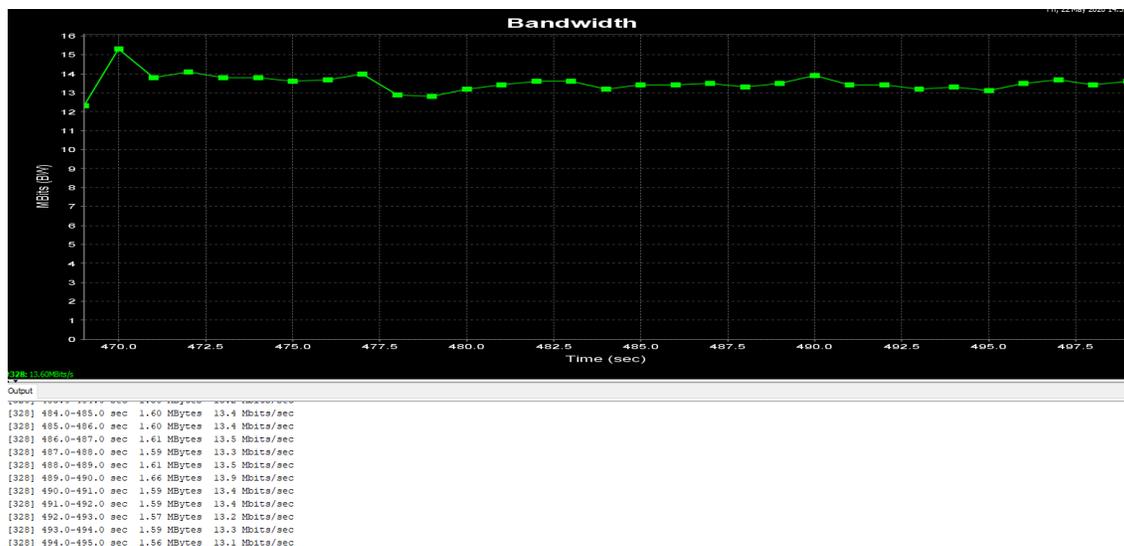


*Nota.* La figura muestra los niveles de potencia obtenida del enlace de microonda, esto se corrobora para ambos enlaces, Elaborado por el autor.

Al corroborar que el enlace se encuentra estable se realiza prueba del ancho de banda como mínimo se requiere de 1Mbits/s.

**Figura 76**

*Prueba de ancho de banda del enlace torre - radar*

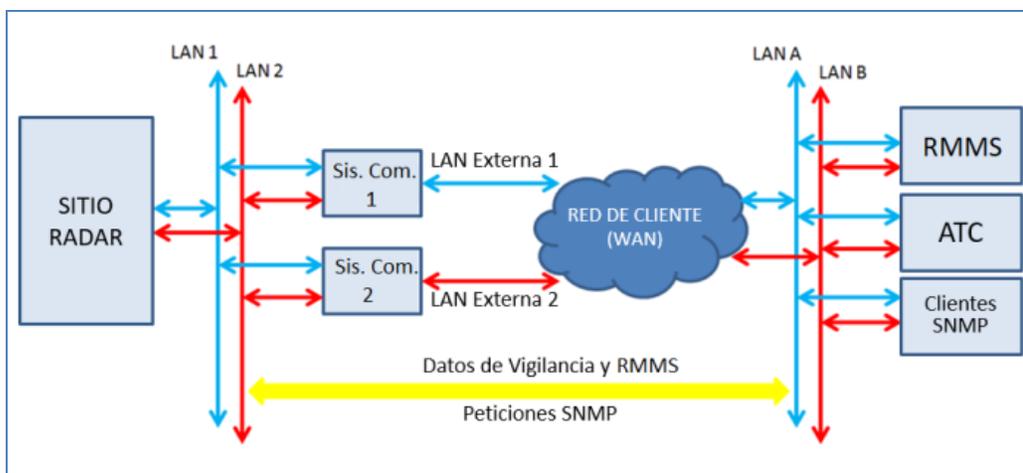


*Nota.* La figura muestra que el enlace cumple con los requisitos mínimos de ancho de banda, Elaborado por el autor.

❖ **Asignación de puerto en los Switch radar:** el enlace microondas se conecta mediante un PoE a unos Switch Zyxel y desde aquí serán enrutado mediante fibra óptica hasta los switches de radares de Córpac y asignarle un puerto específico y pasarlo a la red de los simuladores del sistema no operacional, y así validando la información mediante la captura de datos radar del transportable.

**Figura 77**

*Flujos de datos en el Sistema de Comunicaciones*

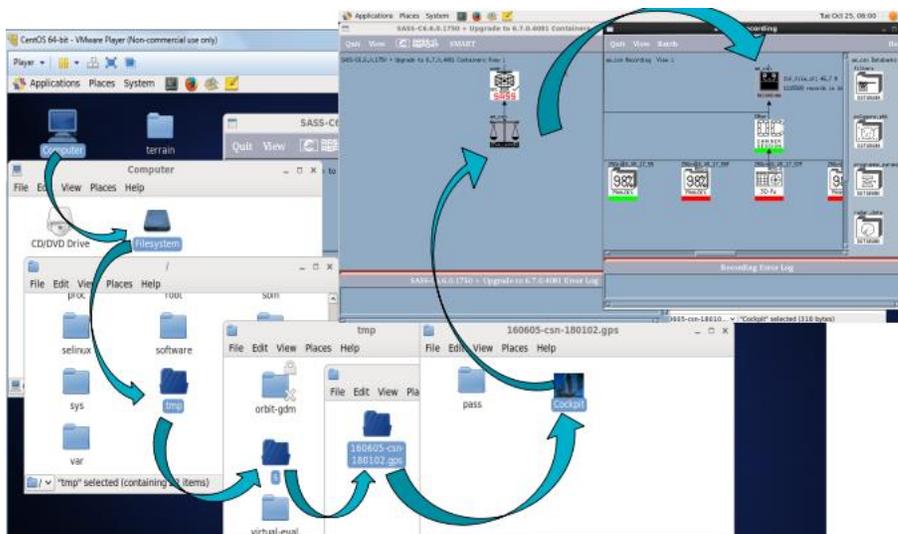


*Nota.* La figura muestra el Sistema de Comunicaciones puede disponer de una o dos LAN externas, la figura es referencial, Elaborado por el autor.

- ❖ **Pasar al sistema operacional:** Esta es la etapa principal de la implementación ya que es cuando se pone el radar en operatividad y en pleno uso del dato para el control del tráfico aéreo, y desde aquí se realizan la etapa de análisis de prestaciones, continuamente cada día en un periodo de 6 Hrs.
- ❖ **Sistema en servicio y análisis de prestaciones:** luego de la integración al centro de control operacional quedando aceptada el radar, se prosigue con el análisis continuo de la prestación radar mediante el servicio brindado “PASS”; En este apartado se describe el proceso de la recopilación de la información para el procesamiento de la información y visualización en entorno web.
- ❖ **Análisis de grabaciones automática (SASS-C):** Es una herramienta SW de EuroControl para la evaluación de prestaciones a partir de grabaciones multiradar. En la Figura 78, se puede describir los procesos para la evaluación de SASS-C.

**Figura 78**

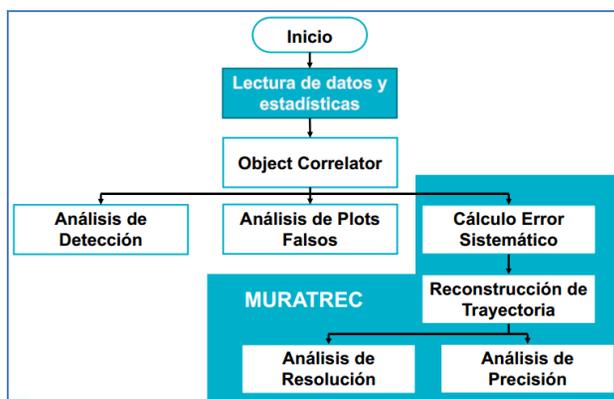
*Proceso del análisis automático del SASS-C*



*Nota.* Proceso de análisis de la data multiradar, tomada de ICAO, 2020. Tomado de <https://www.icao.int/SAM/Documents>

**Figura 79**

*Lectura de datos y estadísticas del SASS-C*

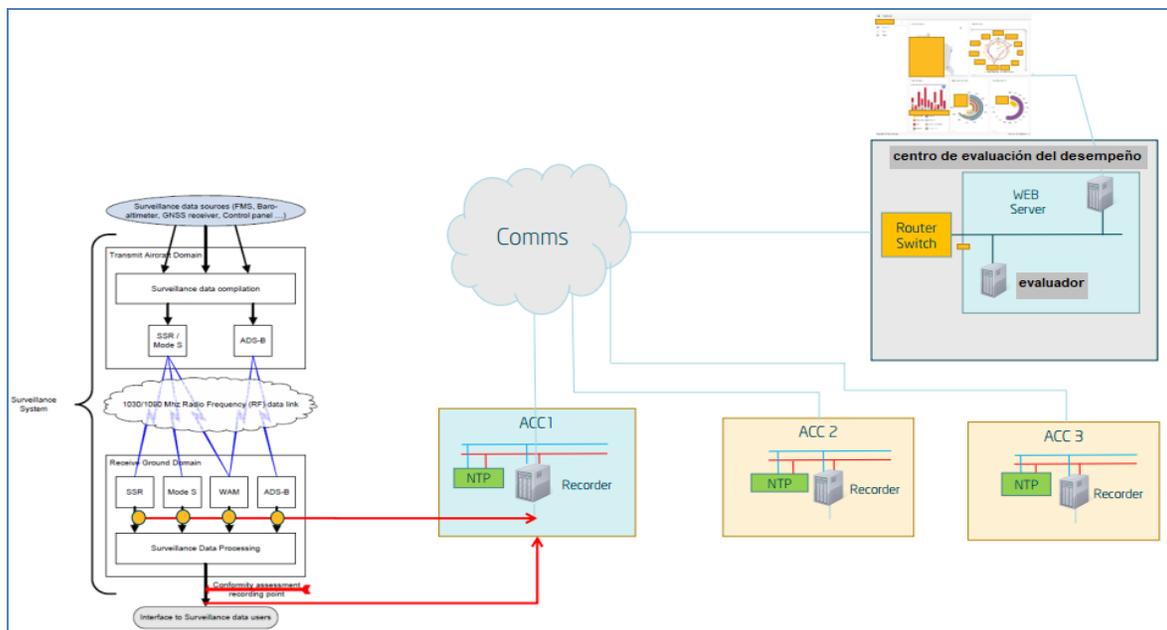


*Nota.* La figura muestra la lectura de datos y estadísticas del SASS-C y muestra información del radar a ser evaluado, tomada de ICAO, 2020, tomado de <https://www.icao.int/SAM/Documents>

❖ **Arquitectura de PASS:** Para la evaluación del desempeño de los sistemas de vigilancia se sigue la siguiente arquitectura para la recopilación de la información.

**Figura 80**

*Arquitectura de PASS para la evaluación de prestaciones radar*



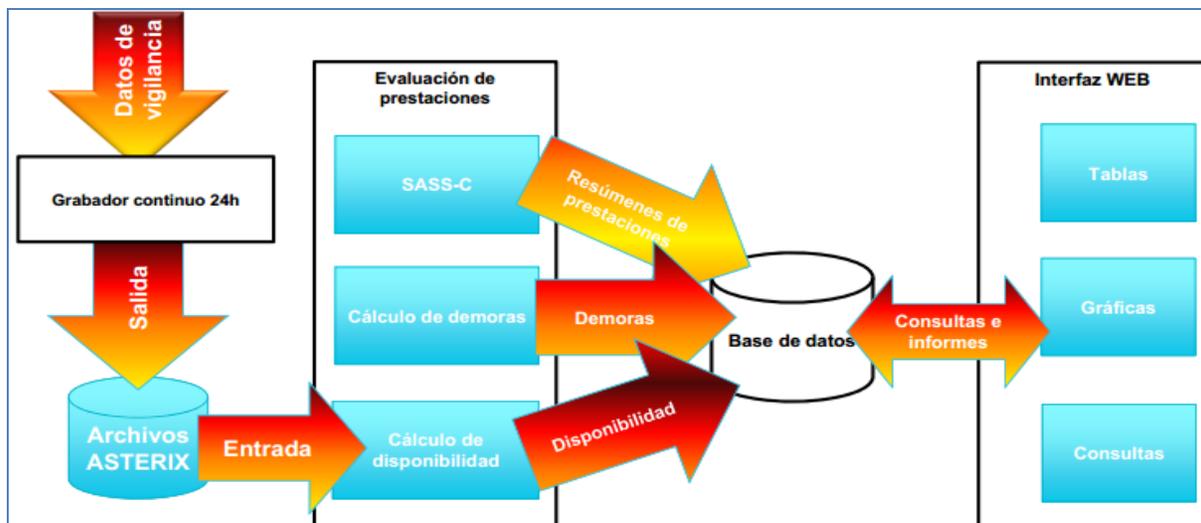
*Nota.* La figura muestra la arquitectura de todo el proceso hasta la etapa de visualización de las prestaciones del radar, tomada de ICAO, 2020. Tomado de

<https://www.icao.int/SAM/Documents>

La **Figura 81** se puede observar el proceso de captura de la data radar y las etapas que comprenden, de forma resumida.

**Figura 81**

*Proceso Genérico de la arquitectura del PASS*



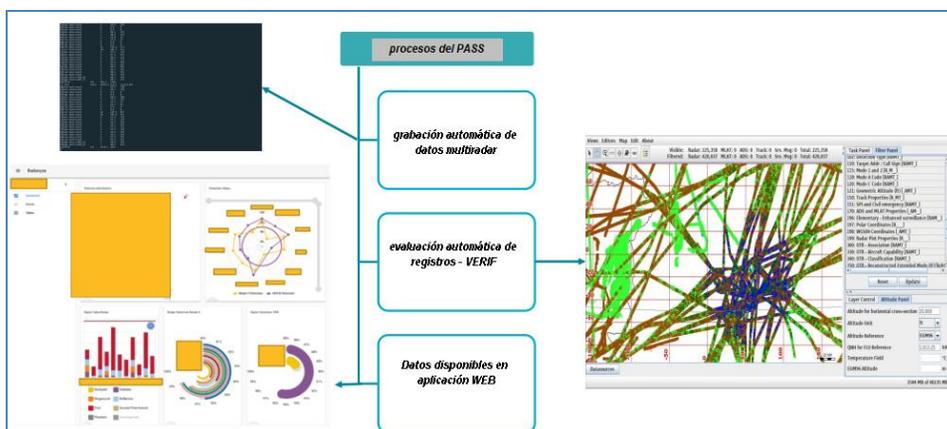
*Nota.* La figura muestra el proceso para la captura de la información hasta la etapa de visualización en entorno web, tomada de ICAO, 2020. Tomado de

<https://www.icao.int/SAM/Documents>

❖ **Procesos involucrados en el PASS:** están conformados por la grabación automática de datos multiradar, evaluación automática de registros mediante VERIF y posteriormente a la visualización de los datos mediante aplicativo por entorno WEB.

**Figura 82**

*Proceso involucrados para el análisis en el PASS*



*Nota.* La figura muestra el proceso del análisis de las prestaciones de grabaciones multiradar, y prevenir degradaciones, tomada de ICAO, 2020. Tomado de <https://www.icao.int/SAM/Documents>

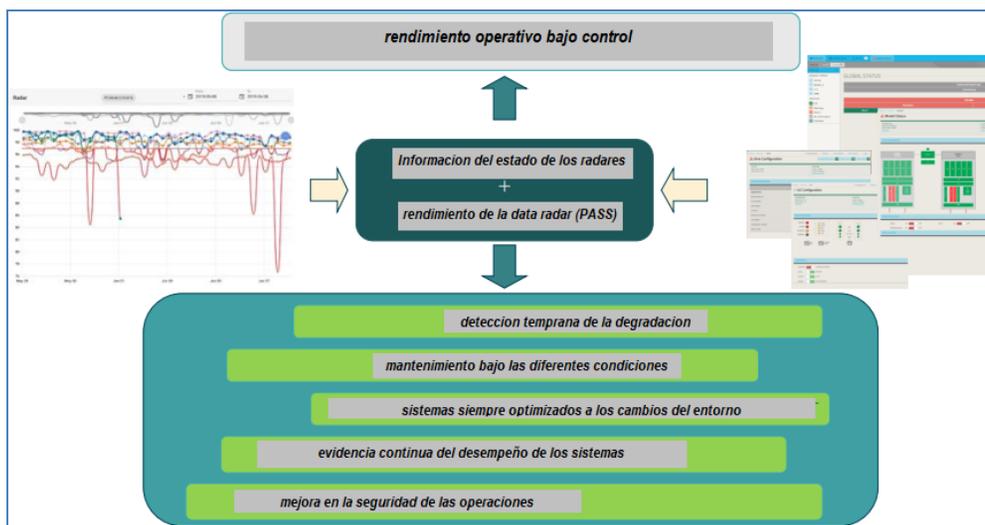
#### ❖ **Características principales del servicio –PASS**

- Grabación continua y automatizada de datos de vigilancia.
- Evaluación automática con SASS-C o VERIF de los datos grabados.
- Evaluación automática de los valores de disponibilidad de los radares grabados.
- Evaluación automática de las demoras de transmisión de los radares grabados.
- Almacenamiento de las prestaciones calculadas en una base de datos.
- Asistencia técnica continua, con especialistas altamente especializada.
- Análisis del desempeño del sistema, realizando seguimiento continuo.
- Generación de reportes periódicos de la evolución del sistema.
- Detección temprana de degradaciones en diferentes etapas del radar y su identificación de las fuentes de degradación.

- Propuestas de acciones correctiva, identificación y análisis de tendencias.

**Figura 83**

*Proceso del rendimiento operativo para la prevención de degradaciones -PASS*



*Nota.* La figura muestra el proceso del rendimiento operativo para el análisis de posibles degradaciones en las diferentes etapas hasta la captura de la data radar. tomada de ICAO, 2020. Tomado de <https://www.icao.int/SAM/Documents>

### 2.2.6. Análisis de resultados

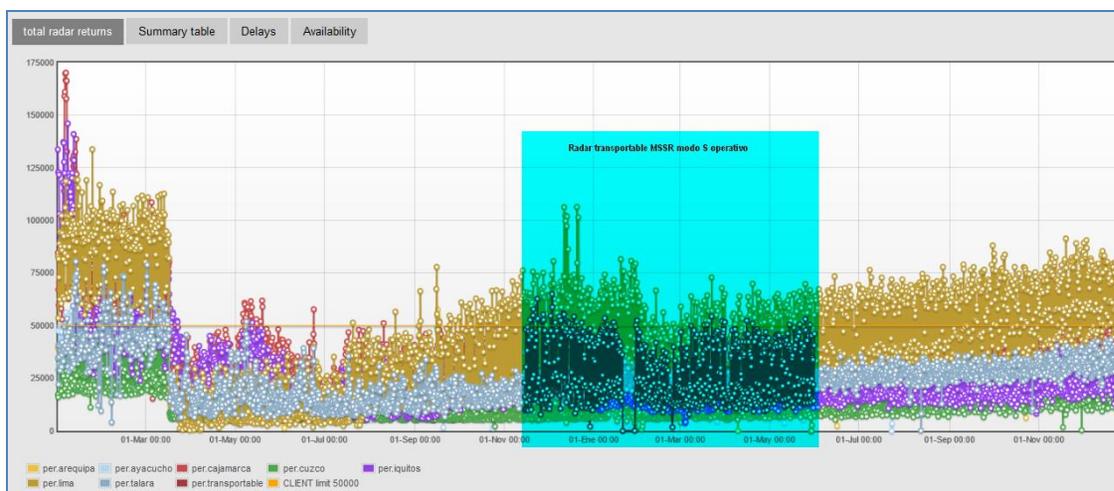
En este apartado, se realizaron los análisis de las prestaciones radar y operatividad antes, durante y después de la puesta en marcha del radar transportable MSSR modo S. El radar transportable viene funcionando desde el 2020, brindando con las más altas prestaciones establecidos por las autoridades nacionales e internacionales de la aviación civil.

En los meses del año 2020 hubo un hecho destacado a nivel mundial que repercute en la cantidad de tráfico de oportunidad en el volumen de cobertura de los radares. Se trata de la pandemia del coronavirus SARS-COV-2 que, debido a las medidas impuestas por los gobiernos y organismo

de salud (OMS-MINSA), ha provocado una disminución del tráfico, en la **Figura 84** se muestra a partir del 17 de marzo del 2020, el tráfico es menos denso, bajando el número de trayectorias a más de la mitad, que se debe a que las medidas propuestas por los gobiernos datan esa fecha como comienzo del confinamiento en diferentes países, y ello, se debe a la baja densidad de tráfico de oportunidad, a partir del día 17 de marzo de 2020, en la mayoría de los casos el número de target reports, en cada grabación de seis horas, no supera los 20,000 blancos por radar

### Figura 84

*Número de reporte de blancos del 17 de marzo de 2020 hasta el 2022.*



*Nota.* La figura muestra el número de blancos reportados cada seis hora, como se observa luego de la pandemia el promedio estuvo por debajo de 50000 blancos, En esta etapa el radar de LIMA estuvo en etapa de mantenimiento no brindaba ninguna información, ya que el radar transportable cubría la zona de cobertura, Elaborado por el autor.

En la **Figura 84**, se resalta donde el radar transportable estuvo en etapa operativa brindando información de toda las aeronaves, mientras el radar de lima se encontraba en

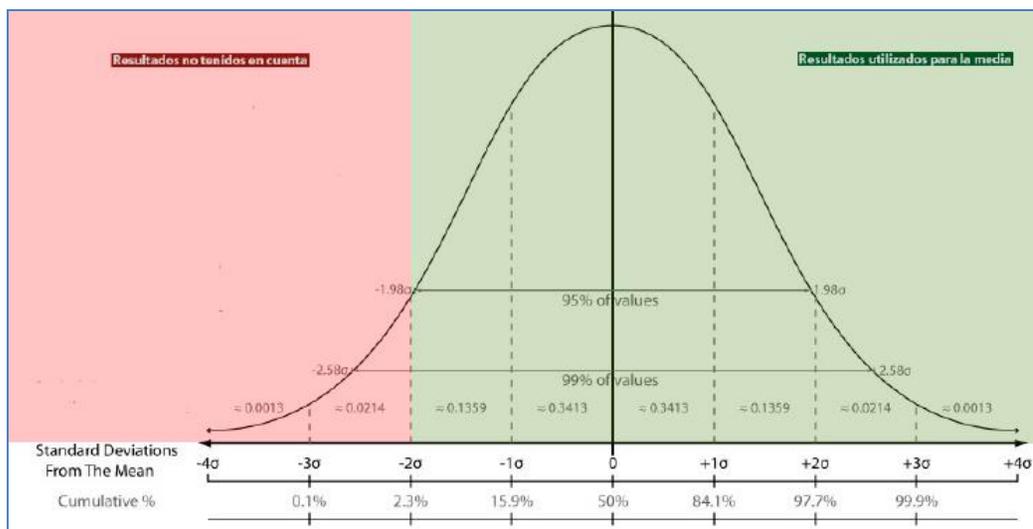
mantenimiento, siendo fundamento, que en todo momento se cuente con información radar, aunque con la coyuntura en que se vivía, los números de blancos eran inferiores a los 50000 blancos, estadísticamente hablando, este descenso en el tráfico de oportunidad puede influir en los resultados de los análisis realizados en algunas de estas evaluaciones debido al poco número de muestras usadas.

Para obtener los resultados promedio mostrados en este informe, se han eliminado los valores aberrantes, utilizando los siguientes valores para cada una de las prestaciones.

- ❖ **Probabilidad de detección, probabilidad de detección de códigos:** no se utilizan los valores inferiores a la media menos dos veces la desviación estándar.

### Figura 85

*Valores utilizados y no utilizados para el promedio ilustrados sobre una curva de distribución normal. Se Eliminan los Valores a más Distancia de  $-2\sigma$  de la Media*

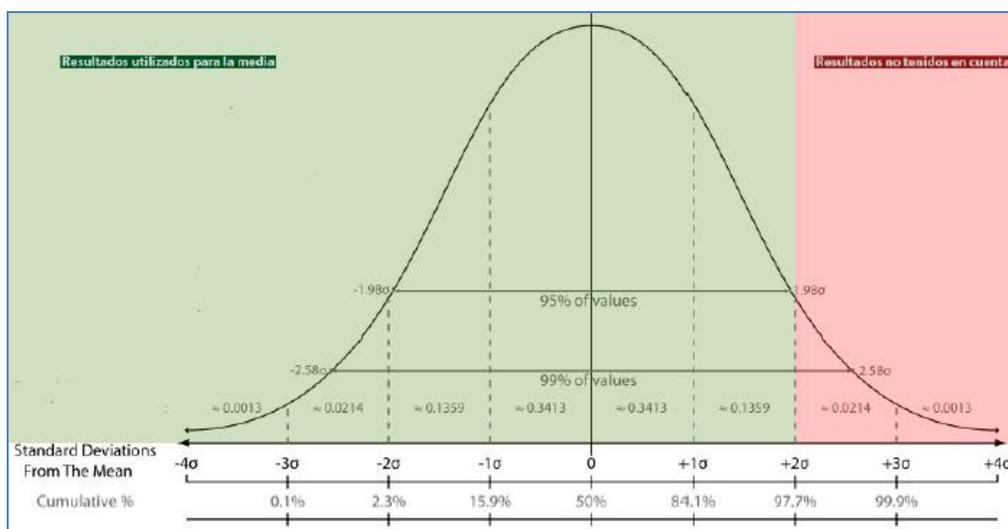


*Nota.* La figura detalla que no se utilizan los valores inferiores a la media menos dos veces la desviación estándar para el cálculo de la Probabilidad de detección, probabilidad de detección de códigos, tomado de "INDRA", indra, 2021.

❖ **Probabilidad de blancos falsos y blancos múltiples, incorrectos y validados modo a y modo c y desviación estándar del error en acimut y distancia:** no se utilizan los valores superiores a la media más dos veces la desviación estándar.

**Figura 86**

*Valores Utilizados y no Utilizados para el Promedio Ilustrados sobre una Curva de Distribución Normal. Se Eliminan los Valores a más Distancia de  $+2\sigma$  de la Media*

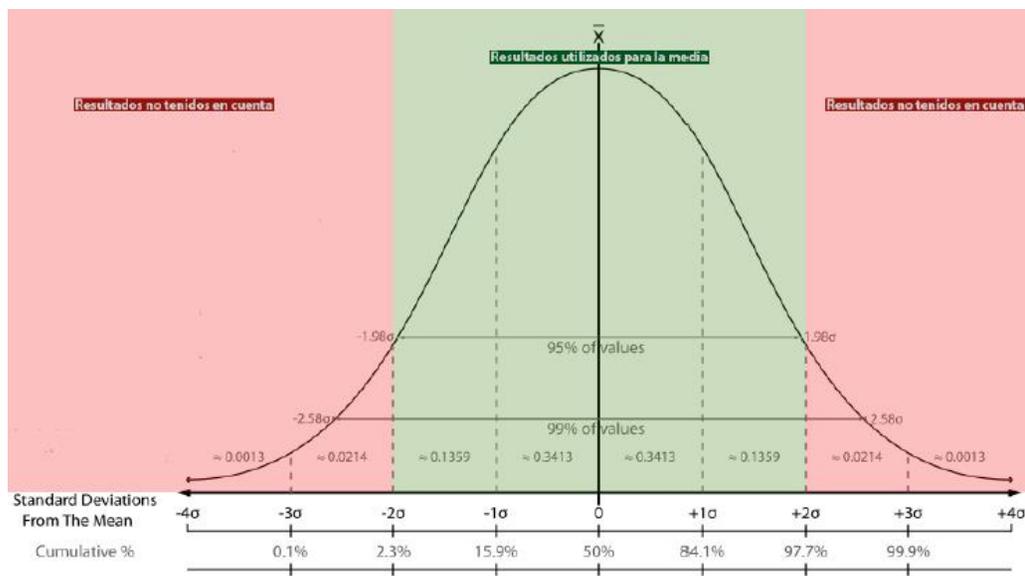


*Nota.* La figura detalla que no se utilizan los valores inferiores a la media más dos veces la desviación estándar para el cálculo de la probabilidad de blancos falsos y blancos múltiples, incorrectos y validados modo A y modo C y la desviación estándar del error en acimut y distancia, tomado de "INDRA", indra, 2021.

❖ **Errores sistemáticos en distancia y acimut:** sólo se utilizan los valores comprendidos entre la media menos dos veces de la desviación estándar y la media más dos veces de la desviación estándar.

**Figura 87**

*Valores Utilizados y no Utilizados para el Promedio Ilustrados sobre una Curva de Distribución Normal. Se Eliminan los Valores a Comprendidos a una Distancia entre  $-2\sigma$  y  $+2\sigma$  de la Media*



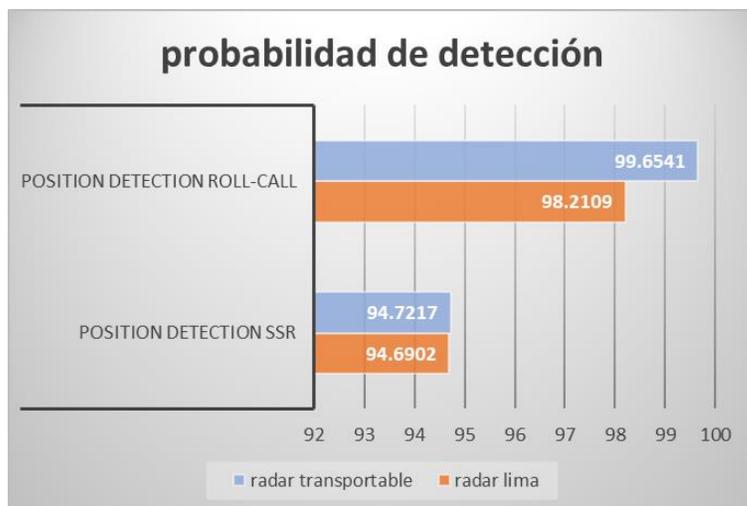
*Nota.* La figura muestra los valores tomados para el cálculo de los Errores sistemáticos en distancia y acimut, tomado de "INDRA", indra, 2021.

Con esta estrategia, se trata de eliminar el 2.5% (el 5% en el caso de errores en posición) de los valores extremos; entre los que se encuentran los valores aberrantes, obteniendo así valores cercanos al funcionamiento real de los radares. En las siguientes figuras, se aprecia un comparativo entre las prestaciones del radar de lima y el radar transportable MSSR modo S antes de la modernización y luego de las pruebas realizadas y puesta en operatividad dejando el radar de lima fuera de operatividad. El radar transportable cumple con todos los estándares establecidos por el cliente respecto a las prestaciones, como se puede apreciar las prestaciones de detectabilidad es superior a 99% en promedio. Comparativo de la prestación

del radar de lima versus el radar transportable MSSR modo S, antes de la etapa de mantenimiento de radar de lima.

### Figura 88

*Probabilidad de detección - radar lima versus radar transportable*

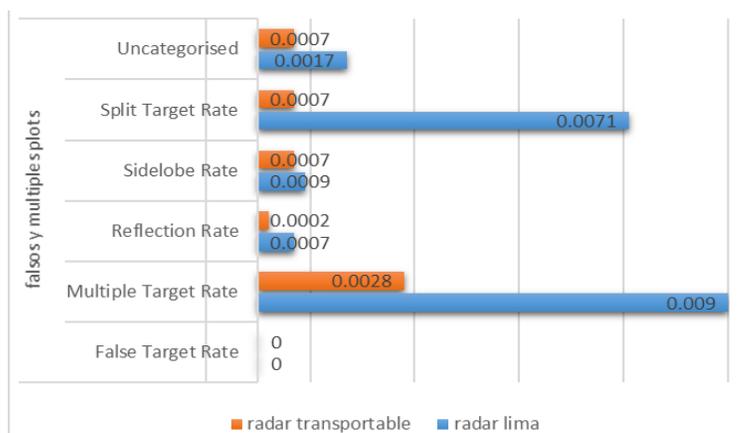


Nota: Elaborado por el autor.

Evaluación de los falsos y múltiples plots del radar de Lima versus el radar transportable MSSR modo S, antes de la puesta en servicio como principal.

### Figura 89

*Falsos y múltiples plots – radar de lima versus radar transportable*

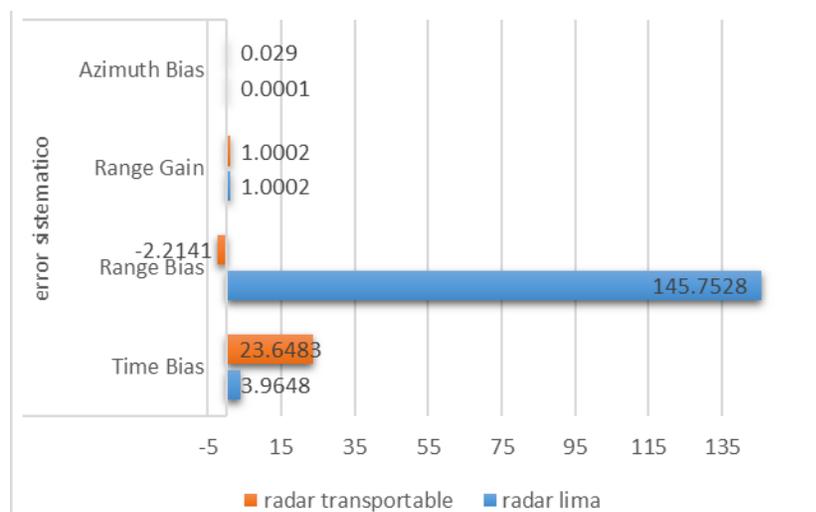


Nota: Elaborado por el autor.

Análisis del error sistemático en rango y acimut del radar de lima versus el radar transportable MSSR modo S, antes de la puesta en servicio como principal.

### Figura 90

*Error sistemático - radar de lima versus radar transportable*

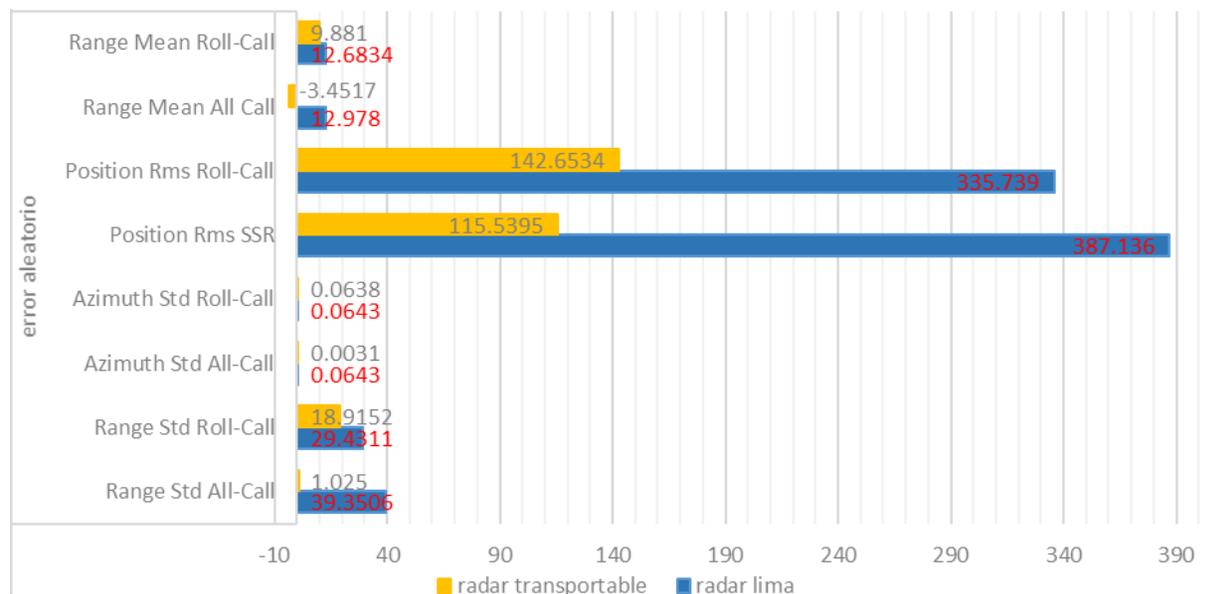


*Nota.* La figura muestra el comparativo del error sistemático del radar de lima VS el radar transportable, Elaborado por el autor.

Análisis del error aleatorio en rango y acimut del radar de lima versus el radar transportable MSSR modo S, antes de la puesta en servicio como principal.

**Figura 91**

*Error aleatorio - radar de lima versus radar transportable*



*Nota.* La figura muestra el comparativo del error aleatorio del radar de lima VS el radar transportable, Elaborado por el autor.

La probabilidad de detección del radar transportable presenta algunas oscilaciones puntuales y por debajo de los límites establecidos por el cliente, pero por encima del establecido por Eurocontrol. Estas caídas (ver **Figura 92**) puntuales que estuvo fuera de los límites es debido a trabajos de pruebas a solicitud del cliente, mientras el radar de lima constantemente presenta caídas de las prestaciones por debajo de lo establecido.

**Figura 92**

*Prestaciones del radar de lima es inferior a la del radar transportable*



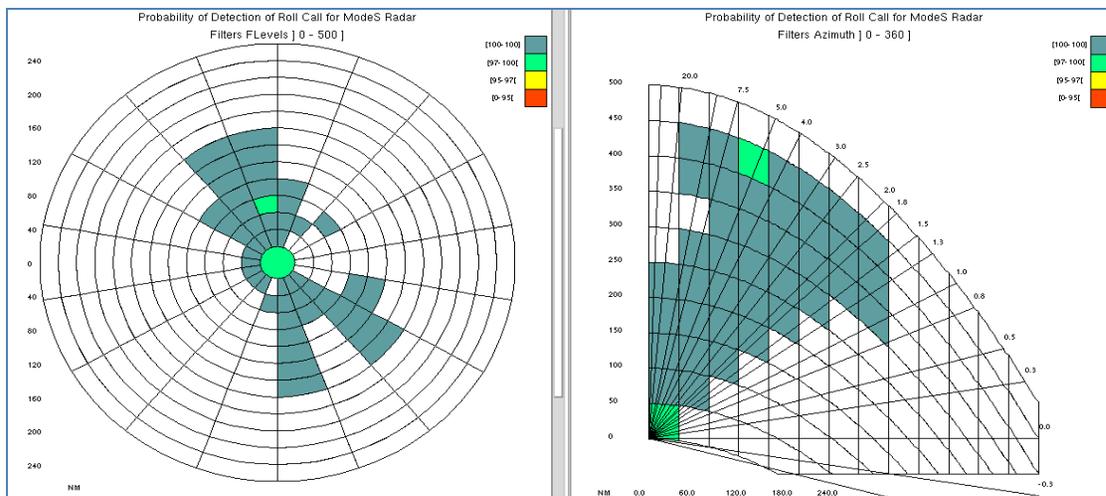
*Nota.* La figura muestra la comparativa de las prestaciones radar en el periodo de un mes antes del mantenimiento del radar de lima (datos generados por el software PASS), donde el radar transportable queda demostrado que brinda mejores prestaciones que el radar de lima.

Luego de haber realizado las pruebas de prestaciones radar se prosigue al apagado del radar de lima, quedando el radar transportable como el radar principal para brindar la data al centro de control, cubriendo la cobertura a 300NM de diámetro, se verificarán las pérdidas de detección modo S que pudiera tener el radar transportable, y se observan que la mayoría de ellos se encuentran en una zona de montaña y a baja altitud de vuelo.

En el siguiente mosaico, se representa la zona de pérdidas dentro de la cobertura del radar Transportable, tanto polar como vertical. Se corrobora lo dicho anteriormente, la mayoría de las pérdidas Modo S se encuentran en las zonas norte del radar, a de 80NM debido a su nivel de vuelo que lleva esta aeronave.

### Figura 93

*Probabilidad de detección modo S del radar transportable visto en formato polar*

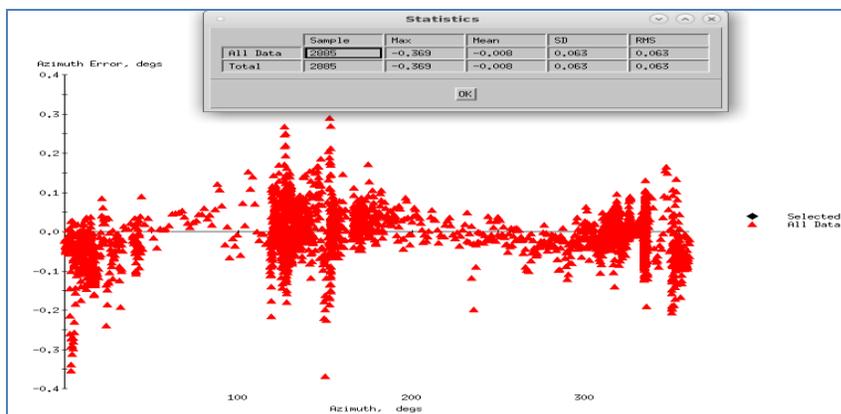


*Nota.* La figura muestra las prestaciones de forma polar del radar transportable y por inclinación de antena, donde nos indica las prestaciones por el código de color (datos generados por el software SASS-C).

Se observa un error alto en precisión de acimut, es debido a una aeronave, se aprecia que es debido a un blanco que ha sido detectado en las proximidades de una montaña y donde se perdió por 7sg y luego se recuperó con precisión de acimut dentro de los valores.

## Figura 94

### *Precisión de acimut del radar transportable*

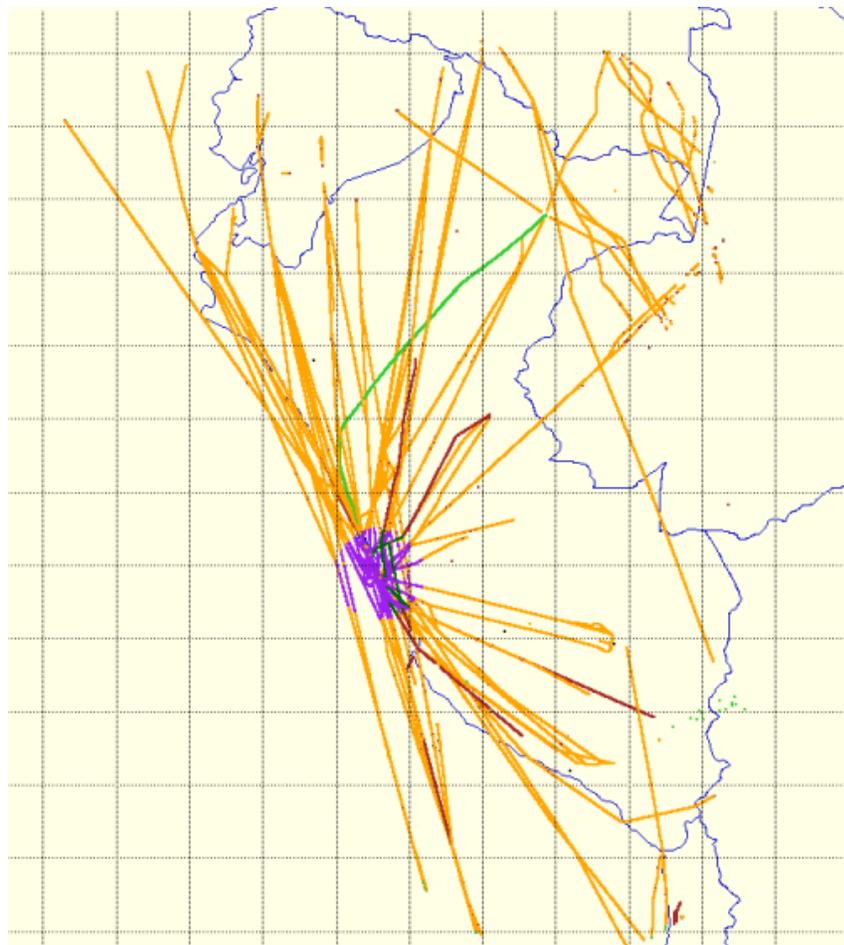


*Nota.* La figura muestra la precisión de acimut del radar transportable, donde se observa que nos encontramos dentro del rango a excepción de algunos casos puntuales. (datos generados por el software SASS-C).

En la **Figura 95**, se observa la operatividad de todo el sistema con algunas pérdidas puntuales y que están fuera de su cobertura, pero está cubierto por otro radar, así garantizando que todo el espacio aéreo peruano este vigilado.

**Figura 95**

*Cobertura del radar transportable, sin el radar de lima*

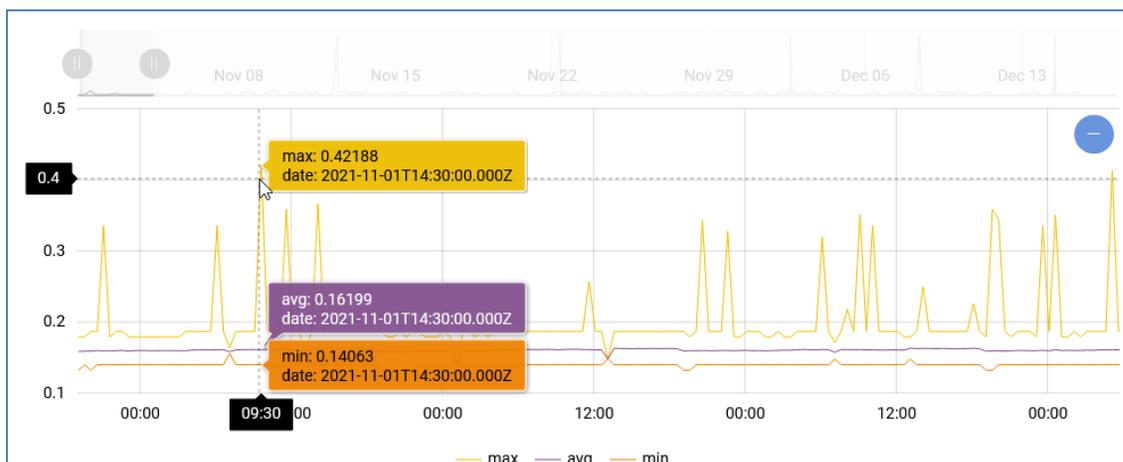


*Nota.* La figura muestra al radar transportable integrado al centro de control aéreo y brindando información radar para el control del tráfico en la zona lima, elaborado por el SW SASS-C.

Es muy importante saber el Tiempo que demora en llegar la data radar desde que se genera hasta llegar al grabador de datos para poder realizar ajuste por si el tiempo está fuera de los limites requeridos, para ello es necesario contar con el ancho de banda necesario para la transmisión de la data radar sin interrupción.

**Figura 96**

*Latencia de la data radar del transportable hasta su llegada al centro de control, medidos en milisegundos.*

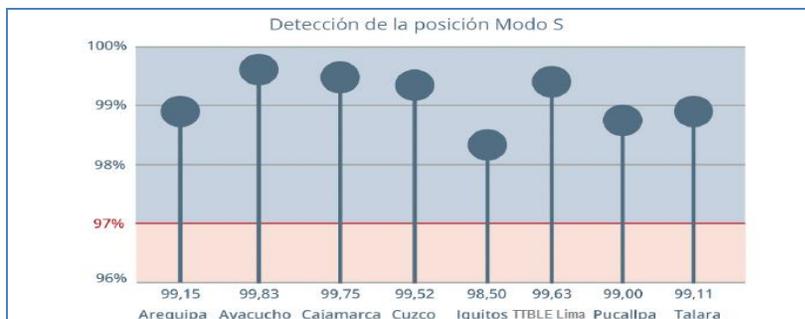


*Nota.* La figura muestra la latencia de la data del radar transportable en llegar hasta el grabador, se observa que se encuentra por debajo de los límites (datos generados por el software PASS),

En resumen, de los resultados obtenidos mediante la evaluación continua de prestaciones se muestra a continuación el estado general del sistema de vigilancia de CORPAC en el periodo de mantenimiento.

### Figura 97

*Detección de la posición en Modo S de los radares de CORPAC sin el radar de Lima*

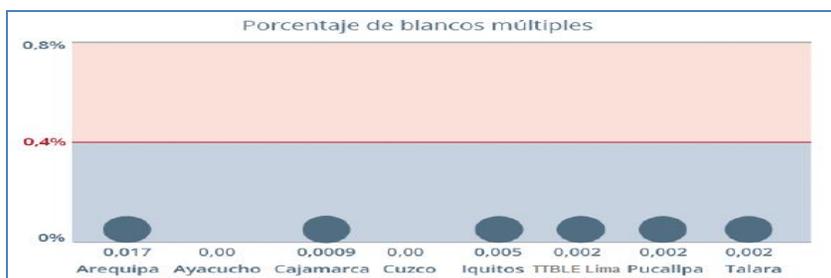


*Nota.* La figura muestra la detección de la posición en modo s de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable, elaborado por el autor.

Evaluación del porcentaje de blancos múltiples, que podrían generarse por diferentes factores, esto debe estar por debajo de 0.8% según EuroControl.

### Figura 98

*Porcentaje de blancos múltiples de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable.*

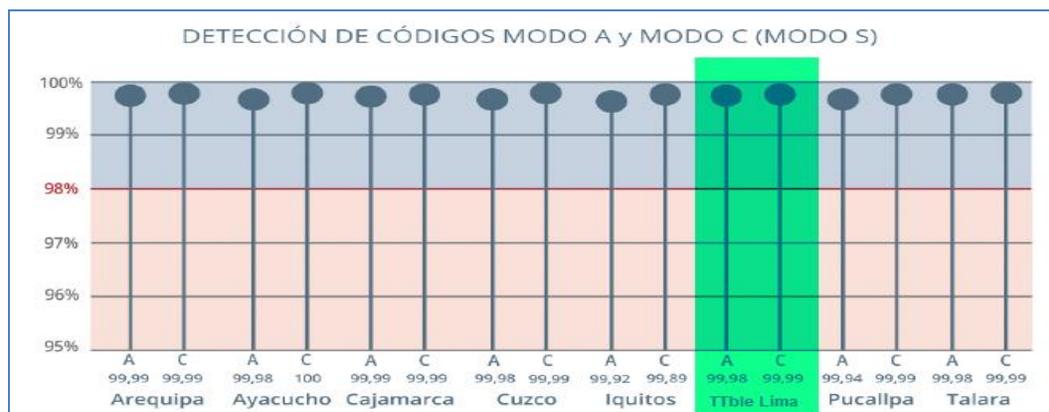


*Nota.* La figura muestra el porcentaje de blancos múltiples de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable, elaborado por el autor.

Análisis de la probabilidad de detección de códigos modo A y modo C en trayectorias modo S.

### Figura 99

*Probabilidad de detección de códigos modo A y C en modo S de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable.*



*Nota.* La figura muestra la probabilidad de detección de códigos modo A y C en modo S de los radares de CORPAC, sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable y se encuentran dentro de los límites establecidos por EuroControl, elaborado por el autor.

Evaluación del error sistemático en distancia y acimut, cuando el radar de lima se encuentra en mantenimiento.

**Figura 100**

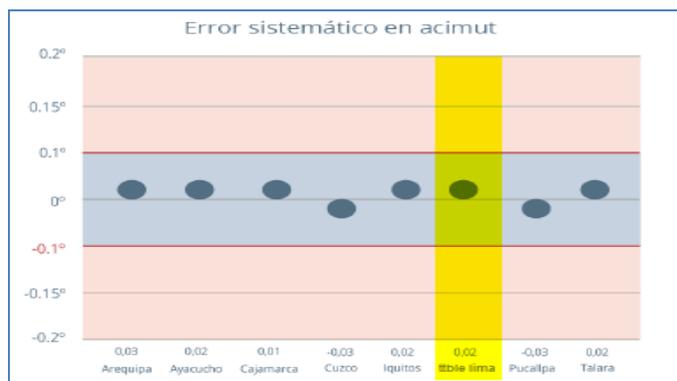
*Error sistemático en distancia de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable.*



*Nota.* La figura muestra el error sistemático en distancia de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable, que se encuentran dentro de los límites establecidos por EuroControl, elaborado por el autor.

### Figura 101

*Error sistemático en acimut de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar de lima*

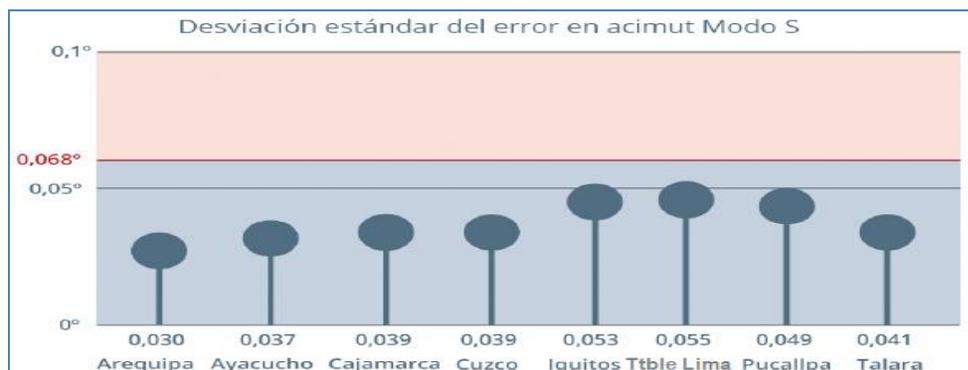


*Nota.* La figura muestra el error sistemático en acimut de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar de lima, se encuentran dentro de los límites establecidos por EuroControl, elaborado por el autor.

Evaluación de la precisión en acimut de los radares en el periodo de mantenimiento del radar de lima.

**Figura 102**

*Desviación estándar de error en acimut modo S de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable.*

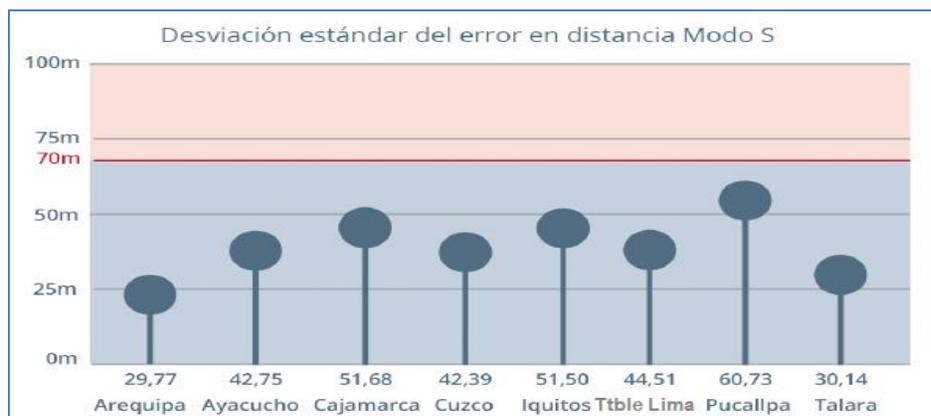


*Nota.* La figura muestra la desviación estándar del error en acimut modo S de los radares de CORPACC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable, y se encuentre dentro del límite establecido por EuroControl, elaborado por el autor.

Evaluación de la precisión en distancia de los radares en el periodo de mantenimiento del radar de lima

**Figura 103**

*Desviación estándar de error en distancia modo S de los radares de CORPAC sin el radar de lima, incluyendo el radar transportable.*



*Nota.* La figura muestra la desviación estándar de error en distancia modo S, y se encuentran dentro del límite establecido por EuroControl, elaborado por el autor.

De las gráficas anteriores se puede concluir, que estos radares cumplen ampliamente con los requisitos de calidad con un tráfico de oportunidad, en el siguiente informe, se detallan el porcentaje de grabaciones por rango de probabilidad de detección de todas las analizadas durante el periodo de mantenimiento del radar de lima.

**Tabla 12***Rango de PD en el periodo de mantenimiento del radar de Lima*

<b>RADAR</b>	<b>N° DE EVALUACIONES</b>	<b>PD&lt; 90%</b>	<b>90%&lt;=PD &lt; 95%</b>	<b>95%&lt;=PD &lt; 97%</b>	<b>97%&lt;=PD &lt; 99%</b>	<b>PD&gt;=99%</b>
<b>AREQUIPA</b>	120	0.83%	0.83%	0.00%	29.17%	69.17%
<b>AYACUCHO</b>	120	0.00%	0.00%	0.00%	0.83%	99.17%
<b>CAJAMARCA</b>	120	0.00%	0.00%	0.00%	0.83%	99.17%
<b>CUZCO</b>	120	0.83%	0.83%	0.83%	7.50%	90.00%
<b>IQUITOS</b>	120	0.83%	3.33%	12.50%	38.33%	45.00%
<b>TTBLE LIMA</b>	120	0.00%	0.00%	0.00%	0.83%	99.17%
<b>PUCALLPA</b>	120	0.00%	0.83%	0.00%	35.00%	64.17%
<b>TALARA</b>	120	1.67%	0.00%	0.83%	33.33%	64.17%

*Nota.* La figura muestra el rango de PD en el periodo de mantenimiento del radar de lima, que tuvo los radares del Perú, elaborado por el autor.

Para conseguir que el encadenamiento sea lo mejor posible es conveniente corregir los errores sistemáticos de los ocho radares que están operativo durante el periodo de mantenimiento del radar de lima.

**Tabla 13**

*Errores sistemáticos en los radares de CORPAC durante el mantenimiento del radar de lima*

<b>RADAR</b>	<b>ERROR SISTEMÁTICO EN DISTANCIA</b>	<b>CORREGIR</b>	<b>ERROR SISTEMÁTICO EN ACIMUT</b>	<b>CORREGIR</b>
<b>AREQUIPA</b>	51,98m	NO	0,0139°	NO
<b>AYACUCHO</b>	06,34m	NO	0,0152°	NO
<b>CAJAMARCA</b>	-47,21m	NO	0,0126°	NO
<b>CUZCO</b>	72,14m	NO	-0,0198°	NO
<b>IQUITOS</b>	-50,70m	NO	0,0122°	NO
<b>TTBLE LIMA</b>	-03,80m	NO	0,0127°	NO
<b>PUCALLPA</b>	21,67m	NO	-0,0002°	NO
<b>TALARA</b>	27,81m	NO	0,0059°	NO

*Nota.* elaborado por el autor.

En el proceso de mantenimiento del radar de Lima se observa que todos tienen prestaciones de precisión dentro de los límites exigidos debajo del 0.068°.

**Tabla 14**

*Total de evaluaciones de precisión de los radares de CORPAC, cuando el radar de lima estaba en mantenimiento.*

<b>RADAR</b>	<b>NUMERO DE EVALUACIONES</b>	<b>ERROR SISTEMÁTICO EN ACIMUT</b>	<b>% EVALUACIONES STD &gt; 0,068°</b>	<b>ESTADO</b>
<b>AREQUIPA</b>	120	0,0289°	1,67%	CORRECTO
<b>AYACUCHO</b>	120	0,0389°	5,83%	CORRECTO
<b>CAJAMARCA</b>	120	0,0423°	5.00%	CORRECTO
<b>CUZCO</b>	120	0,0367°	5.00%	CORRECTO
<b>IQUITOS</b>	120	0,0545°	20.00%	CORRECTO
<b>TTBLE LIMA</b>	120	0,0544°	7,50%	CORRECTO
<b>PUCALLPA</b>	120	0,0469°	1,67%	CORRECTO
<b>TALARA</b>	120	0,0442°	4,17%	CORRECTO

*Nota.* Elaborado por el autor.

Para concluir se muestran los detalles de las pocas incidencias que se han encontrado durante el periodo de mantenimiento del radar de lima, las deficiencias encontradas son:

**Tabla 15**

*Resumen de incidencias durante el periodo de mantenimiento del radar de lima*

Radares de CORPAC	Pérdidas de datos debido a:				Precisión:			Errores sistemáticos fuera de rango	
	Poca densidad de tráfico	Pérdida de las comunicaciones	Pérdidas a más de 200 NM	Transpondedor Modo S	Error en las primeras millas de la cobertura	Cercana al límite admitido	Degradada	En distancia	En acimut
Arequipa		X							
Ayacucho									
Cajamarca									
Cuzco					X				
Iquitos		X	X						
TTBLE Lima									
Pucallpa			X						
Talara		X							

*Nota.* La figura muestra todas las incidencias encontradas durante la operatividad de radar transportable sin el radar de lima, elaborado por el autor.

## 2.3. Evaluación

### 2.3.1. Evaluación Económica

La **Tabla 16** muestra las estimaciones económicas por cada una de las fases que comprende los SPRINT', para la ejecución de la implementación del radar transportable MSSR-S, donde se detalla el número de personal que participa, esto es llevado por el grupo de ingeniería en Perú:

**Tabla 16***Cuadro de costo de inversión de servicio logístico y de instalación*

	Costo por fase	Número de personal	Costo total (\$)
SPRINT 1	Preparatoria de la implementación	3	\$10,000.00
	Análisis del sitio	2	\$3,200.00
SPRINT 2	Implementación en sitio	3	\$3,300.00
	Despliegue del radar transportable	3	\$3,300.00
SPRINT 3	Integración del radar transportable	3	\$3,300.00
	Sistema en servicio y análisis de prestaciones radar	2	\$3,581.58
Total, en costo logístico (\$)			\$ 26,681.58

*Nota.* La tabla muestra el costo de inversión de servicio logístico y de instalación para la implementación del radar transportable, ejecutándose en toda la fase hasta el último proceso de la puesta en servicio, elaborado por el autor.

En la **Tabla 17**, se detalla el costo total del proyecto para la implementación del radar transportable MSSR-S, en la cual se detalla los costos referenciales de cada una de los equipamientos que comprende el radar transportable MSSR-S, como también el servicio logístico e instalación, cabe mencionar que este costo es para un solo Radar.

**Tabla 17**

*Cuadro de costo total de inversión para la implementación del radar transportable*

Cantidad	Descripción	Sub Total
2	Sistema receptor -Transmisor	\$ 297,703.82
1	Unidad de prueba y supervisión remota	\$104,464.85
1	Grupo electrógeno y UPS	\$40,000.00
1	radar transportable – Torre y shelter	\$ 1,015,231.7
1	Conjunto de servidores de comunicación	\$ 48,639.13
1	servicio logístico y de instalación	\$ 26,681.58
Total (\$)		\$ 1,532,721.08

*Nota.* La tabla muestra el costo total de inversión requerida para la adquisición del radar transportable, en las cuales ya se encuentran evaluado los diferentes riesgos de la implementación y su pronta reacción, los costos son referencia internacional pudiendo variar según los requerimientos, elaborado por el autor.

En la **Tabla 18**, se hace una comparativa entre el costo de un radar transportable y un radar estacionario.

**Tabla 18**

*Comparativa del costo de un radar transportable y un radar estacionario*

cantidad	Radar estacionario (USD\$)	Radar transportable (USD\$)
1	6,500,000.00	1,532,721.08

*Nota:* la tabla muestra la comparativa entre un radar transportable y un radar fijo, estos costos son referenciales y no se puede tomar como costos oficiales, elaborado por el autor.

La **Tabla 19** muestra los grandes beneficios de contar con un radar transportable, ya que brinda seguridad operacional y reducir costos sustancialmente.

**Tabla 19**

*Análisis de costo – beneficio para la ejecución del proyecto*

ITEM	SIN EL TRANSPORTABLE			CON TRANSPORTABLE			Análisis costo - beneficio (\$)
	Parada radar anual	Gasto unitario (\$)	Subtotal anual (\$)	Cantida d anual	Gasto unitario (\$)	Subtotal anual (\$)	
Mantenimiento	12	87,867.00	1,054,404	0	0	0	1,054,404
eléctricos	6	44,523.00	267,138.00	0.00	0.00	0.00	267,138
logísticos	18	16,000.00	306,000.00	12 vez	5,000.00	60,000.00	246,000.00
Ahorro total mensual (\$)							\$ 130,628.50
Ahorro total anual (\$)							\$ 1,567,542.00

*Nota.* La tabla muestra el análisis del costo- beneficio que se tendrá luego de la adquisición del radar transportable, con una recuperación en un año, elaborado por el autor.

Como se observa en los resultados, en un año se estaría obteniendo un costo/beneficio de \$ 1,567,542.00 para la empresa. Ahora si analizamos el costo de inversión se podría aproximar al cálculo del tiempo de recuperación de este, siendo el costo de inversión de USD \$ 1,532,721.08; se estaría pronosticando un retorno de la inversión en el periodo de (01) año. Asimismo, es importante determinar el índice de relación costo-beneficio (B/C).

$$\mathbf{B} = \frac{\Sigma \text{recuperación}}{\Sigma \text{Costos}}$$

$$\mathbf{C}$$

Resultado obtenido:

$$\mathbf{B/C} = 1,567,542.00 / 1,532,721.08 = 1.0227$$

$$\mathbf{B/C} > 1 \dots \text{entonces } 1.0227 > 1$$

Se muestra que el resultado de costo beneficio es 1.0227; que de acuerdo a las teorías económicas es superior a la unidad por lo tanto el proyecto es viable para su ejecución.

### **2.3.2. Beneficio para la Organización**

La implementación de tecnologías radar de fabricación INDRA en los diferentes países, refuerza la fluidez del tráfico en la región y mejora la conexión con destinos internacionales. Siendo Indra líder de la digitalización del tráfico aéreo e introduciendo las tecnologías que transforman completamente la forma en que se vuela en el mundo.

- ❖ Incrementar la seguridad aérea permitiendo la optimización de rutas, además gestionar más vuelos y ahorrar costes.
- ❖ Reducir las emisiones innecesarias, mejorando el servicio que contribuye a dinamizar el transporte aéreo, el turismo y la economía de Perú, permitiendo atraer a más aerolíneas y

que estas establezcan nuevas rutas, pero ayuda además a mejorar el tráfico aéreo en todo el continente.

❖ Mejora de la infraestructura de la red de tráfico aéreo generando un efecto en cadena, que se hace notar en la región e incluso en las operaciones internacionales con otros continentes.

❖ Garantizar la disponibilidad de datos radar en un tiempo muy corto, minimizando y mitigando los gastos asociados a degradaciones de los emplazamientos radar MSSR-S y pudiendo dar mantenimiento sin afectar la operatividad aérea.

### **III APORTES MÁS DESTACABLES A LA EMPRESA**

Entre los aportes más destacables para la empresa son:

1. Contribuir a la mejora del desempeño de las organizaciones a través de liderazgo, trabajo en equipo, comunicación efectiva y el entendimiento de los componentes éticos y sociales de mi labor.
2. Desarrollo e implementación del proyecto (Radar Transportable) aportando todo mi conocimiento adquirido en mi vida profesional para poder optimizar los trabajos en los diferentes proyectos asignados.
3. Ejecución del proyecto de repotenciación de los radares MSSR-S con receptor analógico a digital para Perú, realizando las comprobaciones hasta la puesta en servicio.
4. Ejecución de proyectos de puesta en operatividad de un radar modo S con receptor digital + ads-b para DINACIA, en Uruguay.
5. Ejecución de los proyectos de modernización de los radares secundarios convencionales a radares digitales para Centroamérica.
6. Innovación y creatividad al equipo para poder afrontar diferentes problemas que suscitan día a día dando soluciones más optimizadas, brindando calidad y seguridad al cliente.
7. Participación en la elaboración del proyecto para el mejoramiento de los sistemas de comunicaciones de la red de CORPAC en todo el país, generándose resultados favorables.
8. Participación en las recomendaciones para los sistemas de radio ayuda y generación de nuevas propuestas para el guiado de aeronaves con instrumentación para el aeropuerto Jorge Chávez.

#### IV CONCLUSIONES

**a)** .- La implementación del radar transportable MSSR-S para la vigilancia aeronáutica peruana ha cumplido su objetivo, minimizando el impacto operacional de tráfico aéreo, mejorando las prestaciones de detección, seguimiento y la seguridad operacional; bajo el marco de trabajo SCRUM.

**b)** .- Como se muestra a lo largo de este proyecto, las coberturas del radar transportable y el radar de Lima son muy similares hasta las 150NM (hay que recordar la limitación instrumental a 150 Millas Náuticas del radar transportable). A partir de las 150NM y del nivel de vuelo 100, el radar de Lima tiene más cobertura sobre algunas aerovías del espacio aéreo inferior que el radar transportable. Este hueco en la cobertura del radar transportable es cubierto a partir del nivel de vuelo 250 por los radares de Cajamarca en la zona norte (aerovía G675), y por los radares de Ayacucho y Arequipa en la zona sur (aerovías L525 y L302). Tanto en el TMA de Lima como en el TMA de Pisco, ambos radares tienen la misma cobertura radar.

**c)** .- Los sistemas de vigilancia continúan constantemente evolucionando con el uso de las nuevas tecnologías, mejorando continuamente las técnicas de detección y las comunicaciones de datos, disponiendo de un sistema de vigilancia que caracteriza: Óptima cobertura, Máxima fiabilidad y alta disponibilidad, elevada calidad de la información suministrada y Mínimo coste de exploración.

**d)** .- La información obtenida de las aeronaves por los sensores de vigilancia puede ser lo esencial y elemental (posición, altitud e identificación) o comunicaciones de datos más elaborados (vigilancia mejorada), en todas las fases de vuelo y tierra. Se realizan el análisis continuo de los sensores de vigilancia para cumplir con los requisitos establecidos por OACI para los sistemas de vigilancia aérea. El estado de los ocho radares que forman parte del sistema

de vigilancia de CORPAC son muy buenos tanto en posición y detección. Esto a través del aplicativo PASS.

e) .- Sea optimizado el mantenimiento preventivo y correctivo de los emplazamientos radar, minimizando el impacto operacional y cubriendo el espacio aéreo mientras el radar se encuentra fuera de operatividad como se muestra en los resultados del análisis.

## V RECOMENDACIONES

**a.** Ajustar los errores sistemáticos en distancia y en Acimut, en la medida de lo posible, de los radares de la red de vigilancia de CORPAC.

**b.** Si el radar transportable va a estar en continua operatividad, es necesario contar con un sistema de puesta a tierra para minimizar degradaciones en los módulos radar.

**c.** Contar con las herramientas de trabajo adecuadas para poder poner en operatividad el radar transportable, ante cualquier eventualidad que requiriere su puesta en operatividad.

**d.** Es necesario disponer del radar transportable en optimo estado ya que un mal manejo de este podría generar daños irreversibles.

**e.** Actualmente, los errores sistemáticos en algunos de los radares son elevados, se ha tratado de corregir; sin embargo, el resultado no ha sido el esperado por problemas con alineamiento en el sistema Aircom, para lo cual se sugiere mantenerlos como se encuentran actualmente y realizar su ajuste con la información ADS-B y del Transponder de Test una vez se realice el upgrade de cada uno de los sistemas.

**f.** Se han observado pérdidas de datos de diferentes radares en grabaciones distintas, debido a ello, se recomienda a CORPAC, el análisis de la estabilidad de la red de comunicaciones de COPRAC, en todas sus vías, de forma que se pueda garantizar la estabilidad de los datos radar y su confiabilidad.

**g.** El mantenimiento de la instalación radar, su cableado, tierras y energización, es fundamental para garantizar las prestaciones radar y su operación, donde una manipulación incorrecta de los sistemas sin seguir los manuales y rutinas de mantenimiento Indra, provoca una degradación de los sistemas y por lo tanto fallas en el hardware de este.

**h.** Se recomienda según las iteraciones del SCRUM usar SPRINT según la complejidad y necesidad del proyecto.

## VI REFERENCIAS

- Albaladejo, X. (07 de enero de 2022). proyectos agiles. proyectos agiles org:  
<https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>
- Andrés, B. (2019). implementación de un sistema radar móvil usando un sensor doppler para la detección de obstáculos [trabajo de grado]. Universidad de los llanos-colombia .
- deloitte. (2020). deloitte. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/roles-y-responsabilidades-scrum>.
- ICAO. (2019). Quinta Reunión del Grupo de Trabajo sobre Implementación de Navegación Aérea para las Regiones NAM/CAR.  
<https://www.icao.int/NACC/Documents/RegionalGroups/ANIWG/ANIWG05>
- ICAO. (2021). guia de la vigilancia global [ Version PDF] (THALES AIR SYSTEMS ed.).  
<https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2021/ADSB1>
- Islam, A., Mohamed, T., yasser, M & Ahmed, R. (2021). sciencedirect. Performance of global navigation satellite systems (GNSS) in absence of GPS observations.:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921003543>
- Israel, G. (2021). Validación y diseño de una aproximación SBAS LPV-200 en el aeropuerto de Gran Canaria [trabajo final de grado]. Universidad politecnica de valenica.
- Jie, W., Jian, L., Wenhao, Z & Nan, X. (2021). sciencedirect. Performance analysis of Radar detection for fluctuating targets based on coherent demodulation:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051200421004103>

Jingjing, G & Haihong, T. (2021). sciencedirect. Cramer-Rao lower bounds of target positioning estimate in netted radar system:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S105120042100261X>

Martínez, A. (2021). Diseño de una presentación radar para dispositivos móviles en android[Trabajo final de grado]. Universidad politecnica de valencia.

Na, Z., Hongsen, X. & Jinjie, L. (2020). sciencedirect. Application of radar signal processing and image display algorithm based on computer hardware system in intelligence processing:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141933120308929>

Santiago, G. (2019). Sistema de seguimiento y generacion de pistas para radar track while scan [tesis de maestria], Universidad Nacional de Córdoba.

Sara, C., Martina, S.,Luca,N. , Giacomo, D. & Michele, P. (2019). Hypatia-trackRadar: A software for animal tracking using marine surveillance:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574954118302097>

## VII ANEXOS

### ANEXO A

#### Glosario de términos usados en el Trabajo de Suficiencia Profesional

<b>Acimut:</b>	Angulo
<b>ACP:</b>	Radar Cambio de posición acimutal: Azimut Change Position.
<b>ARP:</b>	Pulso de referencia acimutal: Azimut Reference Pulse.
<b>ASTERIX:</b>	Formato de comunicación en una trama HDLC para la transmisión de blancos, plots y pistas.
<b>ATC:</b>	Control de tráfico aéreo: Air Traffic Control.
<b>BITE:</b>	Equipo de test en formación: Built in Test Equipment.
<b>BST:</b>	Trigger Interno.
<b>CORPAC:</b>	Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial
<b>Clutter:</b>	Reflexiones o ecos de energía.
<b>EEM:</b>	Energía electromagnética.
<b>EXT:</b>	Extractor.
<b>GPS:</b>	Sistema de Posicionamiento global: Global Position System in Test Equipment.
<b>PASS:</b>	Evaluación del Desempeño de los Sistemas de Vigilancia
<b>PREDICTion:</b>	Sistema de apoyo al análisis de vigilancia para centro ATC
<b>OACI:</b>	Organización de Aviación Civil Internacional

## ANEXO B

### Principales características del radar modo S de bajo coste y elevada prestación

Características		
<p><b>Funciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de blancos con vigilancia mejorada utilizando interrogaciones selectivas</li> <li>• Proceso de vídeo</li> <li>• Proceso de datos</li> <li>• Vínculo de datos</li> <li>• Coordinación de la estación</li> <li>• Gestión de códigos: IIS/ SI y OACI</li> <li>• Presentación en pantalla</li> <li>• Informe automático de identificación de la aeronave</li> <li>• Informe de la capacidad del transpondedor</li> <li>• Informe de altitud en intervalos de 25 pies</li> <li>• Estado del vuelo</li> <li>• Capacidad del código SI</li> <li>• DAPs           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumbo magnético</li> <li>- Velocidad aerodinámica</li> <li>- Altitud seleccionada</li> <li>- Velocidad vertical</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variación ángulo de seguimiento</li> <li>- Ángulo de balanceo</li> <li>- Velocidad con respecto al suelo</li> <li>- Ángulo del rastro verdadero</li> </ul> <p><b>Características del sistema y parámetros del radar</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doble canal redundante para el transmisor/receptor/procesador con reconfiguración automática en el caso de fallo</li> <li>• Transmisor de estado sólido</li> <li>• Empleo de procesadores de datos y de señal de última generación para el procesamiento y seguimiento de la señal</li> <li>• Compatible con las normas internacionales tales como EUROCONTROL e ICAO</li> <li>• Sistema de control y supervisión local y remota con una interfaz hombre máquina de máxima eficiencia, utilizando un monitor a color, en posiciones de trabajo</li> <li>• BITE inteligente, equipo integrado de pruebas, con diagnósticos por control remoto y supervisión de prestaciones</li> <li>• Fácilmente configurable para adaptarlo a las necesidades de los clientes</li> </ul>	<p><b>Control y monitorización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redundancia plena</li> <li>• Configuración jerárquica para evitar conflictos de control</li> <li>• Almacena datos históricos. Crea/gestiona archivos de accesos de usuario</li> <li>• Claves de colores para conocer el estado de los módulos</li> <li>• Imprimir y recuperar archivos</li> <li>• Ayuda en el caso de opciones incompatibles</li> <li>• Configuración definida para cada canal y por zonas</li> <li>• Se detecta más del 90% de los fallos</li> </ul> <p><b>Visualización local</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de datos sobre mapas</li> <li>• Filtrado por áreas de interés</li> <li>• Zoom</li> <li>• Presentación de enlace de datos</li> <li>• Grabación</li> <li>• Almacenamiento de datos en archivos</li> <li>• Gestión de visualización</li> </ul>
Características		
<p><b>Alta tecnología</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radar de estado sólido en su totalidad, incluyendo el transmisor</li> <li>• Resistente a fallos</li> <li>• Tx/Rx y arquitectura de extractor duales</li> <li>• El conjunto de radar MSSR-S presenta una arquitectura de estación moderna, autónoma, con gestión remota y local completa, de última generación y uso sencillo</li> <li>• SME, bus VME, circuitos VDSLII-DSP, power PC</li> <li>• Procesadores de señal digital de última generación y con la última tecnología probada en técnicas de detección, que garantiza la adquisición de los datos con una elevada fiabilidad</li> </ul>	<p><b>Fiabilidad y un bajo coste del ciclo de vida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevados valores de MTBCF MTBF</li> <li>• Tareas sencillas de mantenimiento y de ajuste</li> <li>• Bajo coste anual en tiempo de mantenimiento y repuestos que reduce en gran medida los costes del ciclo de vida</li> <li>• Unidad integrada de pruebas y supervisión</li> <li>• BITE modular a nivel LRU que controla continuamente el correcto funcionamiento de cada uno de los módulos, tanto para proceso digital como para radiofrecuencia</li> </ul>	<p><b>Comunalidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Concebido con los mismos conceptos que han proporcionado unos resultados óptimos para estaciones radar suministradas por Indra. El sistema proporciona una solución Modo S mejorada</li> <li>• La estación radar Modo S comparte importantes componentes con estas estaciones radar (fuente de alimentación y módulos de proceso, posiciones de control y supervisión, componentes de gestión de comunicaciones...)</li> </ul> <p><b>Capacidad operativa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevada fiabilidad de los datos y probabilidad de detección para futuras aplicaciones de control de tráfico aéreo</li> <li>• Elevada velocidad de proceso que permite una alta capacidad de eliminación de ecos próximos</li> </ul>

## Principales características técnicas del radar modo S

<b>Cobertura del radar</b>	Alcance 256 NM 66.000 pies de altura
<b>Probabilidad de detección (Pd)</b>	SSR: 3 97% Modo S: 3 99%
<b>Probabilidad de validación del código</b>	Modo 3/A: ≥ 98% Modo C: ≥ 96% Modo S: ≥ 99%
<b>Detección del código</b>	Modo 3/A, C Códigos 7500, 7600, 7700 Tren de repetición de emergencia militar Tren de repetición de identidad militar Detección y corrección de errores para respuestas en modo S
<b>Códigos falsos validados</b>	Modo 3/A: < 0,1% Modo C: < 0,1%
<b>Blancos falsos</b>	< 0,1% e inferior a uno por barrido como media
<b>Datos de repetición falsa Comm-B o Comm-D validados</b>	No más de 1 segmento en 107 mensajes
<b>Proceso múltiple de blancos</b>	Capacidad de discriminación
<b>Entorno asíncronos soportados (fruit environment supported)</b>	≥ 11.000 asíncronos/segundo en el haz principal de la antenas
<b>Precisión del alcance (errores sistemáticos)</b>	≤ 14 m
<b>Precisión del alcance (errores aleatorios)</b>	Modo S: $1\sigma \leq 15$ m SSR: $1\sigma \leq 30$ m
<b>Precisión del acimut (errores sistemáticos)</b>	$0 < \Phi < 6^\circ: \leq 0,022^\circ$ $6 < \Phi < 10^\circ: \leq 0,033^\circ$
<b>Precisión del acimut (errores aleatorios)</b>	$1\sigma \leq 0,068^\circ$
<b>Precisión</b>	Alcance: $\leq 1/128$ NM Acimut: $\leq 0,022^\circ$
<b>Tasa global de saltos</b>	< 0,05%
<b>PROCESO DE BLANCOS PRÓXIMOS (GARBLING)</b>	
<b>Nº de respuestas solapadas</b>	Cuatro SST, rechazo de todos los fantasmas Dos Modo S
<b>Probabilidad de detección de dos blancos SSR</b>	$\leq 60\%$ (< 0,05 NM alcance, < 0,6° acimut) $\leq 98\%$ (0,5 a < 2 NM alcance, $\leq 0,6^\circ$ acimut) $\leq 98\%$ (2 NM alcance, > 0,6° y < 4,8 acimut)
<b>Probabilidad de detección de dos blancos SSR (Códigos modo 3/A, modo C)</b>	$\geq 30\%$ (< 0,05 NM alcance, $\leq 0,6^\circ$ acimut) $\geq 90\%$ (0,5 a < 2 NM alcance, $\leq 0,6^\circ$ acimut) $\geq 98\%$ (< 2NM alcance, > 0,6° y < 4,8° acimut)
<b>CARGA DE BLANCOS</b>	
<b>Por barrido</b>	≥ 900
<b>Por sector de 45°</b>	≥ 225 = 25% total de aeronaves
<b>Por sector de 3,5°</b>	≥ 54 = 6% total de aeronaves
<b>Capacidades de tracking adicionales</b>	Sigue hasta 12 blancos simultáneos a través de un "cono de silencio"
<b>Retardos de proceso</b>	$\leq 120^\circ$ rotación LVA $\leq 2$ seg. Independientes de velocidad de giro
<b>Re-interrogación</b>	En ausencia de respuesta a una interrogación selectiva, se ejecutará una nueva interrogación en el siguiente periodo selectivo.
<b>MTBCF</b>	> 40.000 horas
<b>MTRR</b>	$\leq 30$ m por interrogador

## ANEXO C

Formato de mensaje ascendente UF, información que el radar necesita saber de cada aeronave.

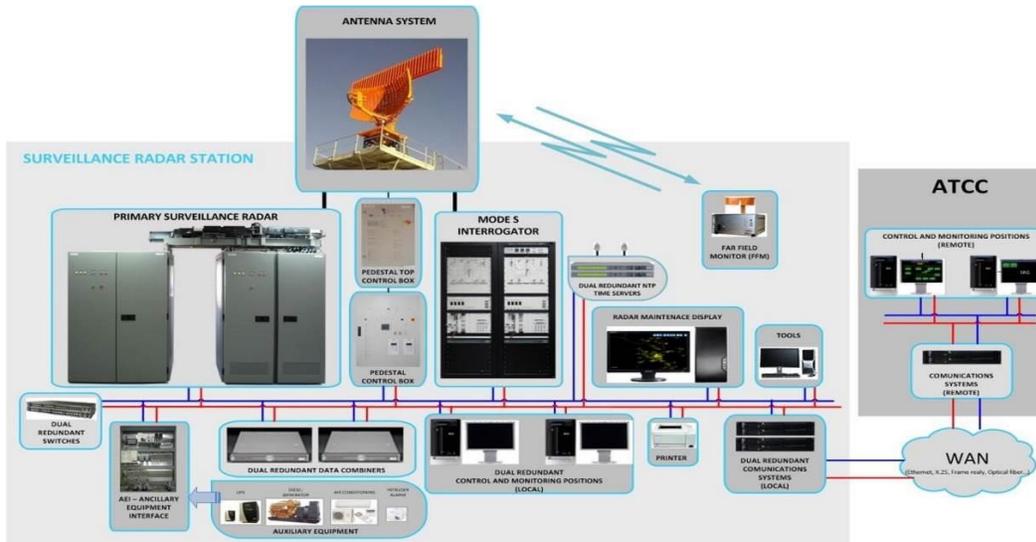
Format No.	UF								
0	00000	3	RL:1	4	AQ:1	18	AP:24	... Short air-air surveillance (ACAS)	
1	00001	27 or 83					AP:24		
2	00010	27 or 83					AP:24		
3	00011	27 or 83					AP:24		
4	00100	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	AP:24	... Surveillance, altitude request		
5	00101	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	AP:24	... Surveillance, identity request		
6	00110	27 or 83					AP:24		
7	00111	27 or 83					AP:24		
8	01000	27 or 83					AP:24		
9	01001	27 or 83					AP:24		
10	01010	27 or 83					AP:24		
11	01011	PR:4	IC:4	CL:3	16	AP:24	... Mode S only all-call		
12	01100	27 or 83					AP:24		
13	01101	27 or 83					AP:24		
14	01110	27 or 83					AP:24		
15	01111	27 or 83					AP:24		
16	10000	3	RL:1	4	AQ:1	18	MU:56	AP:24	... Long air-air surveillance (ACAS)
17	10001	27 or 83					AP:24		
18	10010	27 or 83					AP:24		
19	10011	27 or 83					AP:24		
20	10100	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	MA:56	AP:24	... Comm-A, altitude request	
21	10101	PC:3	RR:5	DI:3	SD:16	MA:56	AP:24	... Comm-A, identity request	
22	10110	27 or 83					AP:24		
23	10111	27 or 83					AP:24		
24	11	RC:2	NC:4	MC:80	AP:24	... Comm-C (ELM)			

Formato de mensaje descendente DF, los cuales son interpretados por los radares según los códigos y mostrados en el sistema de visualización radar

Format No.	UF									
0	00000	VS:1	7	Rl:4	2	AC:13	AP:24		.... Short air-air surveillance (ACAS)	
1	00001	27 or 83						P:24		
2	00010	27 or 83						P:24		
3	00011	27 or 83						P:24		
4	00100	FS:3	DR:5	UM:6	AC:13	AP:24			.... Surveillance, altitude reply	
5	00101	FS:3	DR:5	UM:6	ID:13	AP:24			.... Surveillance, identity reply	
6	00110	27 or 83						P:24		
7	00111	27 or 83						P:24		
8	01000	27 or 83						P:24		
9	01001	27 or 83						P:24		
10	01010	27 or 83						P:24		
11	01011	CA:3	AA:24				PI:24		.... All-call reply	
12	01100	27 or 83						P:24		
13	01101	27 or 83						P:24		
14	01110	27 or 83						P:24		
15	01111	27 or 83						P:24		
16	10000	VS:1	7	Rl:4	2	AC:13	MV:56	AP:24	.... Long air-air surveillance (ACAS)	
17	10001	CA:3	AA:24	ME:56			PI:24		.... Extended squitter	
18	10010	27 or 83						P:24		
19	10011	27 or 83						P:24		
20	10100	FS:3	D:5	UM:6	AC:13	MB:56	AP:24		.... Comm-B, altitude reply	
21	10101	FS:3	DR:5	UM:6	ID:13	MB:56	AP:24		.... Comm-B, altitude reply	
22	10110	27 or 83						P:24		
23	10111	27 or 83						P:24		
24	11	1	KE:1	ND:4	MD:80	AP:24			.... Comm-D (ELM)	

## ANEXO D

Sistema radar co-montado y sistema de monitoreo de forma individual de cada sensor radar, donde se describe la arquitectura del radar de indra ya sea un primario o secundario.



Sistema de monitoreo de los plots en tiempo real y visualización de las trayectorias de las aeronaves, brindando toda la información necesaria para su reconocimiento y guiado.

