

# Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería

- | Enseñanza de la Ingeniería-CAEDI
- | Gestión de la Educación en Ingeniería
- | Agrimensura, Geodesia y Ciencias de la tierra y el mar
- | Biotecnología y Bioingeniería
- | Materiales y Nanotecnología aplicada a los materiales
- | Desarrollo Tecnológico Social, Vinculación Universidad, Empresa y Estado
- | Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Empresas y Servicios
- | Ferroviaria, Automotriz, Naval y Transporte
- | Alimentos y Agroindustria
- | Agronomía y Forestal
- | Energía, Energías Limpias, Energías Renovables y Eficiencia Energética
- | Ingeniería Sostenible, Gestión Ambiental y Cambio Climático
- | Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería
- | Mujeres en Ingeniería y Cambio Social
- | Obras y Proyectos de Ingeniería, Infraestructura y Conservación del Patrimonio
- | Tecnología de la Información y Comunicación



**Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería : edición 2022 / José Basterra...**

[et al.] ; contribuciones de Carolina Orcola ; compilación de Martina Perduca ; prólogo de Nestor Braidot ; Jose Basterra. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Universidad de la Cuenca del Plata. Secretaría de Políticas del Conocimiento, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4050-08-3

1. Ingeniería. 2. Educación. I. Basterra, José, prolog. II. Orcola, Carolina, colab. III. Perduca, Martina, comp. IV. Braidot, Nestor, prolog.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4050-08-3



## Análisis de interferencias en radar de vigilancia aérea

Valdez, Federico<sup>a</sup>; Valdez, Alberto D. <sup>a</sup>; Schlesinger, Paola L. <sup>a</sup>; Chiozza, Juan A. <sup>a</sup>; Miranda Carlos V. <sup>a</sup>; Grela, Abel A. <sup>a</sup>;

Juárez, Carlos E. <sup>b</sup>; Del Valle Camino, Miguel E. <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura

<sup>b</sup> Base Aérea Militar Resistencia. Fuerza Aérea Argentina

federicovaldez@exa.unne.edu.ar

### Resumen

Los sistemas de radares pulsados operan con señales de corta duración y de muy alta intensidad en la transmisión; Contrariamente en la recepción el nivel de señales es muy bajo. Es por ello de suma importancia el monitoreo de señales provenientes de otros sistemas de comunicaciones para la planificación técnica previa a la instalación de un radar en determinado emplazamiento geográfico. El objetivo del presente trabajo es proponer posibles mejoras a futuro tanto a nivel de reemplazos de etapas de radiofrecuencias antiguas como remarcar la importancia del lugar y su entorno radioeléctrico donde sería instalado el radar, basadas en la recomendación UIT – R 1463 - 3. En el trabajo se describe el desarrollo del análisis de interferencias, propuestas de mejoras y sus conclusiones respectivas para el radar. Una vez analizadas las señales de otros sistemas de comunicaciones, se procedió al análisis de alternativas de mejoras para las primeras etapas de radiofrecuencia en recepción y la determinación de las condiciones fundamentales del lugar en el cual se debería instalar el radar. En base a los resultados obtenidos, se concluyó que sistemas de comunicaciones pertenecientes a la ayuda de radionavegación aérea y servicios de telefonía móvil son los principales causantes de incompatibilidad electromagnética para este tipo de radar, produciéndose desensibilización del mismo en algunas direcciones azimut. Se propone una mejora basada en el reemplazo del amplificador de bajo ruido por un amplificador de bajo ruido moderno de banda angosta y menor cifra de ruido, considerando la imposibilidad de reubicación geográfica del radar.

### Abstract

Pulsed radar systems operate with signals of short duration and very high intensity in transmission; on the contrary, in reception the signal level is very low. It is therefore of utmost importance to monitor signals from other communications systems for technical planning prior to the installation of a radar in a given geographical location. The objective of this work is to propose possible future improvements both in terms of replacement of old radio frequency stages and to highlight the importance of the site and its radioelectric environment where the radar would be installed, based on the ITU - R 1463 - 3 Recommendation. The work describes the development of the interference analysis, proposals for improvements and their respective conclusions for the radar. Once the signals from other communications systems were analyzed, the analysis of improvement alternatives for the first stages of radiofrequency reception and the determination of the fundamental conditions of the site where the radar should be installed were carried out. Based on the results obtained, it was concluded that communications systems belonging to the aerial radionavigation aid and mobile telephone services are the main causes of electromagnetic incompatibility for this type of radar, producing desensitization of the radar in some azimuth directions. An improvement is proposed based on the replacement of the low noise amplifier by a modern low noise amplifier of narrow band and lower noise figure, considering the impossibility of geographical relocation of the radar.

**Palabras claves:** Radar primario de vigilancia aérea, Interferencias, Etapas de radiofrecuencia, Telecomunicaciones.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de radares de vigilancia aérea del tipo pulsados trabajan con señales de corta duración y de

muy alta intensidad en la transmisión, contrariamente en la recepción el nivel de señales del eco que se recibe es muy bajo. Es por ello de suma importancia el monitoreo de señales provenientes de otros sistemas de

comunicaciones para la planificación técnica previa a la instalación de un radar en determinado emplazamiento geográfico.

El trabajo realizado pretende analizar el espectro radioeléctrico del lugar perteneciente al emplazamiento del sistema radar de vigilancia aérea, evitando y reduciendo en algunas situaciones donde ya estén instalados los sistemas, posibles inconvenientes de funcionalidad debido a la incompatibilidad electromagnética, tomando como una de las referencias la recomendación de la UIT - R. 1463 - 3.

La proliferación de las aplicaciones y sistemas inalámbricos destinados a la radionavegación, comunicaciones móviles, radiodifusión sonora FM, radiotelevisión digital entre otras en las cercanías a instalaciones de radares y con los grandes inconvenientes a nivel de funcionalidad y hasta en los peores casos donde la vida corre riesgo, han sido motivación fundamental para realizar el trabajo aquí descripto.

El trabajo que se realizó tuvo pequeños desafíos como en cualquier trabajo de actividad de campo, el traslado de instrumental y recurso humano. Uno de los más destacado fue la autorización y tiempo limitado para algunas mediciones en el sistema de recepción del Radar.

El análisis de interferencia previo a instalación y durante la operatividad del sistema, permiten planificar y corregir un déficit de funcionamiento del mismo.

## DESARROLLO

### Mediciones

#### *Mediciones del espectro radioeléctrico en el aire*

El trabajo consistió como primera instancia el análisis del espectro radioeléctrico en el aire en donde se ubica el sistema radar de vigilancia aérea.

La actividad se realizó midiendo con una configuración analizador de espectro RF Explorer 3G – Antena Hyperlog 60100 en anchos de bandas amplios y barriendo un círculo de 360° grados utilizando movimientos con la antena obteniendo el valor máximo de potencia recibida. Tabla 1.

Conjunto con la medición se evalúa visualmente los sistemas de comunicaciones que se encuentran cercanos a la antena. Entre los sistemas que se identificaron visualmente son los siguientes: Sistema de telefonía móvil y Radio ayuda a la aeronavegación

Tabla 1: Mediciones del espectro radioeléctrico en el aire (OTA).

Ángulo Dirección N°	2.144,469 MHz	893,29 MHz	1.185 MHz
	dBm	dBm	dBm
245	-56	-77,52	-83,3

En la tabla 1 se especifican los valores de potencias medidos más relevantes en el ángulo de dirección 245 ° N aproximadamente.

Debido a que los radares de vigilancia aérea trabajan con sensibilidades por debajo de los -100 dBm, valores medidos y tabulados en la tabla 1 se deberán monitorear y evaluar si llevan a una sobre carga de la entrada, intermodulación o degradación de sensibilidad [1].

#### *Medición del espectro radioeléctrico en amplificador de bajo ruido (LNA)*

Hasta el momento se ha obtenido valores de potencia en el aire con relevancia en la dirección 245 ° N indicando algunas posibles perturbaciones electromagnéticas para el radar.

Para un mayor análisis se optó por medir en la etapa de salida del amplificador LNA del sistema de recepción del radar y verificar si algunas de las señales presentes en aire ingresan a la cadena de la antena, guía de onda, amplificador LNA.

Esto se llevó a cabo redireccionando la antena manualmente a la dirección 245 N° en cuestión y con el instrumento analizador de espectro R&S®FSH3 se barrió en frecuencia, observando dos frecuencias pertenecientes a dos sistemas de comunicaciones diferentes.

Tabla 2: Mediciones del espectro radioeléctrico en LNA.

Ángulo Dirección N°	893,29 MHz	1.185 MHz
	dBm	dBm
245	-87,52	-91,79

Podemos observar en la tabla 2 la existencia de dos señales pertenecientes al servicio de telefonía móvil Global System Mobile (GSM) y al servicio de radio ayuda a la aeronavegación Distance Measurement Equipment (DME) proveniente del Aeropuerto Internacional de Resistencia [2], [3], [4].

En el rango de frecuencia de banda L de operación del radar a la salida del amplificador LNA no se detectó señales no pertenecientes al sistema radar ni señales de otros sistemas de comunicaciones que provoquen saturación en la recepción.



Figura 1: Señal DME en la salida del LNA

## Obtención de valores críticos interferentes

### Sobrecarga del receptor

Mediante el cálculo simple establecido en la recomendación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) [1] se obtuvo un valor máximo permitido para señales en el ancho de banda o fuera de banda que puedan causar interferencias por sobrecarga o saturación de la entrada del receptor a través de la Ec. 1. Y Ec. 2.

$$PI_{\text{máx.}} = P_{O \text{ 1dB}} - G_{LNA} - k_{Sat.} \quad (1)$$

Donde:

$P_{O \text{ 1dB}}$ : Potencia de salida a 1 dB de compresión.

$G_{LNA}$ : Ganancia del amplificador de bajo ruido.

$k_{Sat.}$ : Margen de saturación.

$$PI_{\text{máx.}} = +10 \text{ dBm} - 23,5 \text{ dB} - 5 \text{ dB} \quad (2)$$

$$= -18,5 \text{ dBm}$$

Es decir que la señal interferente deberá ser de -18,5 dBm o superior para haber una probable sobrecarga con eventual problemas de intermodulaciones.

### Degradación de la sensibilidad

Los valores medidos de potencias no son capaces de llegar a un valor alarmante para una posible interferencia por saturación del receptor. Esto no descarta la degradación del receptor por desensibilización del mismo debido a señales que contribuyan en la densidad espectral de ruido térmico del receptor.

Por ello, se realizó un cálculo aproximado del nivel de señal en el que empiezan a degradarse las prestaciones de recepción del radar, Ec. 3. Y Ec. 4.

$$P_{Des.} = \frac{I}{N} + N \quad (3)$$

Donde:

$\frac{I}{N}$ : Relación de interferencia/ruido con criterio de calidad aceptable (-6 dB).

$N$ : Nivel de ruido inherente al receptor.

$$P_{Des.} = -6 \text{ dB} - 91 \text{ dBm} \quad (4)$$

$$= -97 \text{ dBm}$$

Esto quiere decir, con criterio de calidad aceptable de -6 dB, con una señal útil del eco menor a -97 dBm comienzan a degradarse las prestaciones del receptor del radar.

Con el valor de relación de interferencia/ruido a la entrada del receptor obtenido con el valor medido perteneciente a la señal del sistema DME (-91,75 dBm - 1185 MHz) se obtuvo un valor de señal en el que empieza a perder sensibilidad el radar. Ec. 5.

$$P_{Des.}(DME) = 0 \text{ dB} - 91 \text{ dBm} \quad (5)$$

$$= -91 \text{ dBm}$$

## Posibles mejoras

### Amplificador LNA

En los últimos años la tecnología avanzó considerablemente, permitiendo la construcción de amplificadores de muy bajo ruido, buena ganancia y valores aceptables de potencia de salida a 1 dB de compresión y anchos de bandas reducidos a los de interés.

Por ello, una primera mejora, consiste en el cambio de etapas viejas de radiofrecuencias como el LNA. Logrando así obtener mejores relaciones interferencia/ruido, menor ruido inherente al receptor y robustez frente a señales de potencias elevadas que puedan saturar el receptor.

### Ubicación y planificación

La solución más adecuada consiste en una sólida planificación con análisis previos de contaminación electromagnética, posibles coexistencias entre diferentes sistemas de comunicaciones y radares, así como el lugar geográfico estratégico desde los puntos de vistas de compatibilidad electromagnética y tácticos, tanto a corto plazo como a largo plazo.

## CONCLUSIONES



En el trabajo que se realizó se logró obtener mediciones del espectro radioeléctrico en el aire con valores relevantes que pertenecen a los sistemas de comunicaciones de telefonía móvil y radio ayuda a la aeronavegación

Con las mediciones que se realizó en la salida del LNA del receptor del radar, se determinaron valores considerables de potencia perteneciente a los sistemas de comunicaciones mencionados anteriormente, destacando la frecuencia perteneciente al DME con bajo rechazo dentro del ancho de banda del receptor.

Por medio de cálculos aproximados se determinaron valores críticos para determinar una posible situación de interferencia.

La situación a la que se concluyó por medio de los cálculos y revisión visual del video de banda ancha en el sistema radar es la posible desensibilización del sistema en la dirección 245 ° N

Estos resultados nos llevan a limitar el alcance de detección de blancos lejanos o de blancos de baja área efectiva de radar (RCS).

Para obtener una primera mejora de las prestaciones del radar en esta situación, se determinó la necesidad del cambio de etapas de radiofrecuencia en recepción por componentes actuales con mejores características, dando una mayor robustez frente a desensibilizaciones y posibles sobrecargas a la entrada del receptor.

Como recomendación, realizar los análisis del espectro radioeléctrico en el aire para una buena planificación previa. Realizar el monitoreo constante de las mismas una vez instalado el sistema radar. Esto permitirá contar con un historial de mediciones, permitiendo analizar si surge adicionalmente alguna señal interferente del tipo intencionada.

Las mediciones se deberán realizar en todos los ángulos acimuts.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra.

- [2] J. González, B. (1982). *Radar y ayudas a la navegación aérea*. Paraninfo. Madrid, 146-171.
- [3] ANAC. *Información Aeronáutica*. [Internet]. Disponible en [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://ais.anac.gov.ar/descarga/aip-62a92e2946024](https://ais.anac.gov.ar/descarga/aip-62a92e2946024).
- [4] The Radio Use Web Site. *Tabla Aeronáutica DME*. [Internet]. Disponible en [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.tele.soumu.go.jp/resource/e/search/share/pdf/a2-2.pdf](https://www.tele.soumu.go.jp/resource/e/search/share/pdf/a2-2.pdf).

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo realizado aquí se llevó a cabo con la gestión y el tiempo dedicado para el convenio y actividades con la FAA por parte de los profesores Mgtr. Ing. Alberto Daniel Valdez, Ing. Carlos Arturo Miranda, Mgtr. Ing. Paola Luciana Schlesinger y por parte de la FAA, el Capitán Ing. Miguel Del Valle Camino, el técnico radarista Cabo Primero Carlos Eduardo Juárez, por su aporte técnico y acompañamiento en las mediciones.

## REFERENCIAS

- [1] UIT (2018). *UIT – R M.1461-2 Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios*.