



## **ACG148/7: Aprobación del acuerdo adoptado por la Comisión de Investigación relativo a Informes de laboratorios singulares en tecnologías avanzadas.**

---

- Aprobado en la sesión ordinaria del Consejo de Gobierno de 23 de octubre de 2019

# Memoria de solicitud de Laboratorio Singular de la UGR

## Introducción

Los avances en los sistemas y tecnologías de comunicación están produciendo un impacto fundamental y profundo en la vida cotidiana y en las actividades sociales de la población. Esto ha impulsado una creciente demanda de dispositivos inteligentes que se fundamentan en la capacidad tecnológica de diseñar componentes y elementos de comunicación que satisfagan las necesidades de capacidad y flujo de datos bidireccional generado, y que se duplica año a año. Para hacer frente a estos retos de futuro cercano, las principales instituciones de investigación y los proveedores de servicios inalámbricos se han puesto en marcha para planificar el sistema de próxima generación, es decir, los sistemas inalámbricos de quinta generación (5G), cuyo despliegue está previsto para principios de los años 2020. Así pues, debido a este crecimiento sin precedentes de la demanda de datos móviles, los limitados recursos de espectro disponibles en el espectro de sub-6-GHz ya no satisfacen las necesidades del sistema. En ese sentido, los desarrolladores e ingenieros de radiofrecuencia han fijado su objetivo en el uso del amplio espectro infrautilizado en el rango de los 6 a 300 GHz para los sistemas inalámbricos comerciales de las próximas generaciones (5G y más allá). Para desarrollar y medir dispositivos (electrónica, componentes. Etc.) que permitan trabajar en esas frecuencias se ha creado el “Laboratorio de Caracterización Electromagnética de dispositivos y antenas para microondas y milimétricas”.

Esta infraestructura se ubica en el Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones de la Universidad de Granada (CITIC-UGR), vinculado a la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicaciones (ETSIT) de la Universidad de Granada.

## Descripción

El “**Laboratorio de Caracterización Electromagnética de dispositivos y antenas para microondas y milimétricas**” tiene capacidad para hacer medidas de diferente tipo y para dar servicio tanto a la Universidad de Granada como al exterior. Las ventajas competitivas de este laboratorio frente a otros similares son:

- a) la infraestructura disponible en el laboratorio es única en España (posibilidad de hacer medidas de 4 puertos hasta 110 GHz, y de 2 puertos hasta 300 GHz, para medida de dispositivos radiantes y caracterización de entornos de propagación).
- b) el equipamiento de dicho laboratorio permite realizar medidas hasta los 300 GHz permitiendo validar tecnología para 5G y las siguientes generaciones de comunicaciones móviles.
- c) es un laboratorio multidisciplinar en torno a las tecnologías de la información y comunicaciones que agrupa investigadores de 6 áreas de conocimiento diferentes que utilizan de forma optimizada un equipamiento sensible y muy costoso.

### **Capacidades del Laboratorio:**

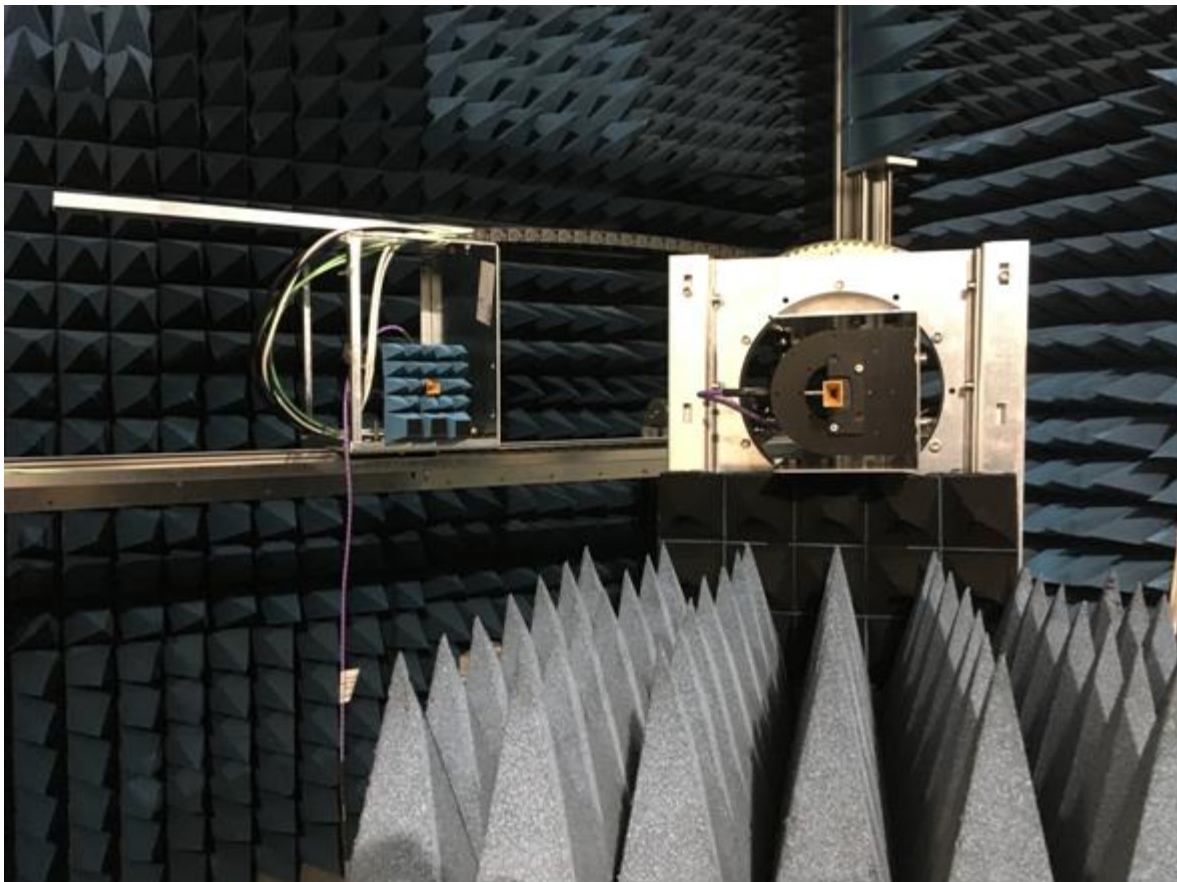
El laboratorio tiene capacidad para hacer medidas de radiofrecuencia de diferente tipo y para dar servicio tanto a la Universidad de Granada como al exterior (centros de investigación y empresas).

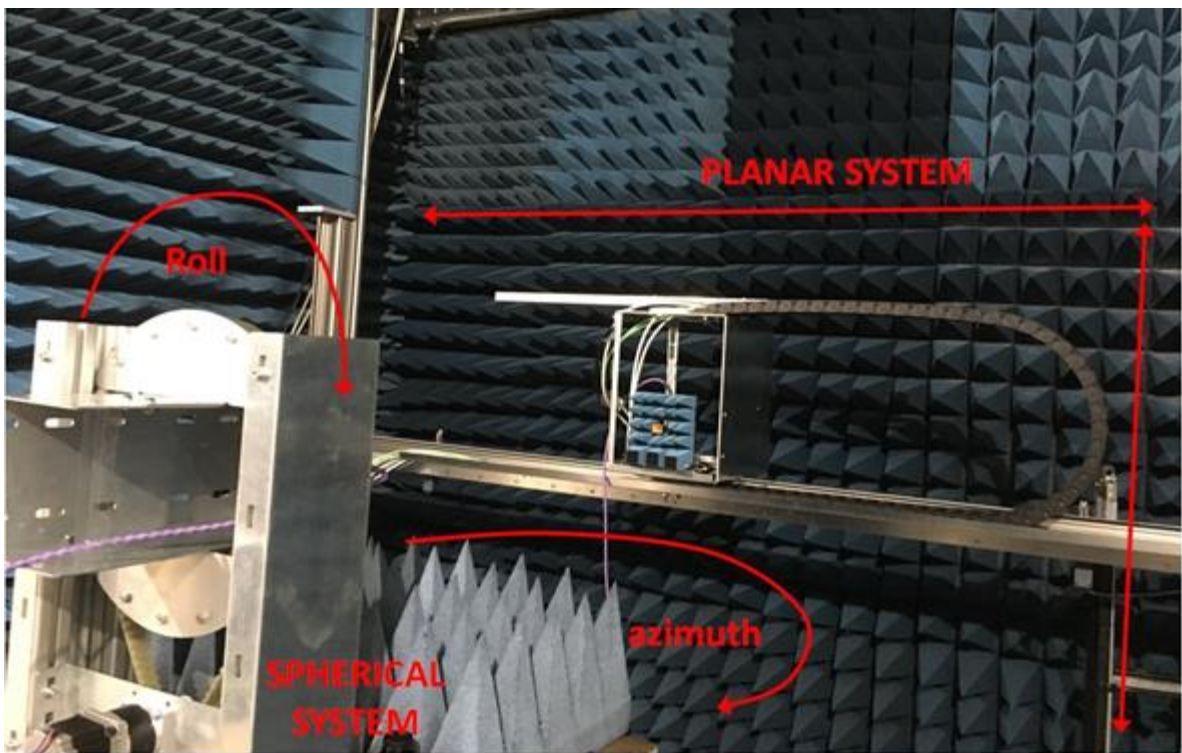
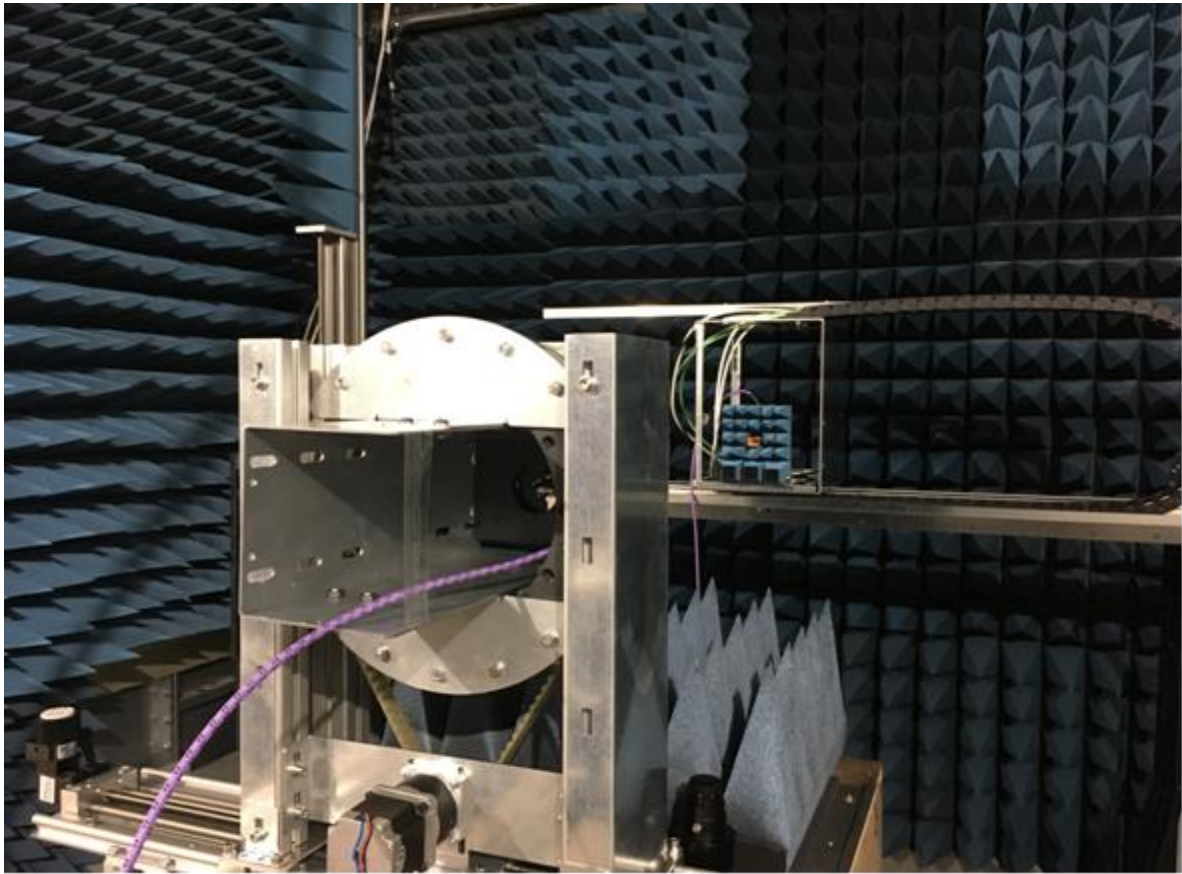
- Medidas de 4 puertos hasta 110 GHz, y de 2 puertos hasta 300 GHz, para caracterización de dispositivos radiantes y caracterización de entornos de propagación, permitiendo validar tecnología para 5G y las siguientes generaciones de comunicaciones móviles.
- Medida de Antenas: Ganancia, Diagrama de Radiación, Directividad, etc.
- Medida de entornos de propagación. Posibilidad de emulación de diferentes entornos de propagación mediante la configuración del entorno de medida, introducción de elementos dispersivos.
- Caracterización de dispositivos de RF. Medida de los parámetros de dispersión de dispositivos pasivos y activos de microondas.
- Caracterización de Materiales. Calculo de la constante dieléctrica ( $\epsilon_r$ ) y de la tangente de pérdidas ( $\tan \delta$ ) del material.
- Medida de Sección Transversal Radar (STR) de blancos, medida de absorción electromagnética de materiales, obtención de imágenes ISAR de blancos.

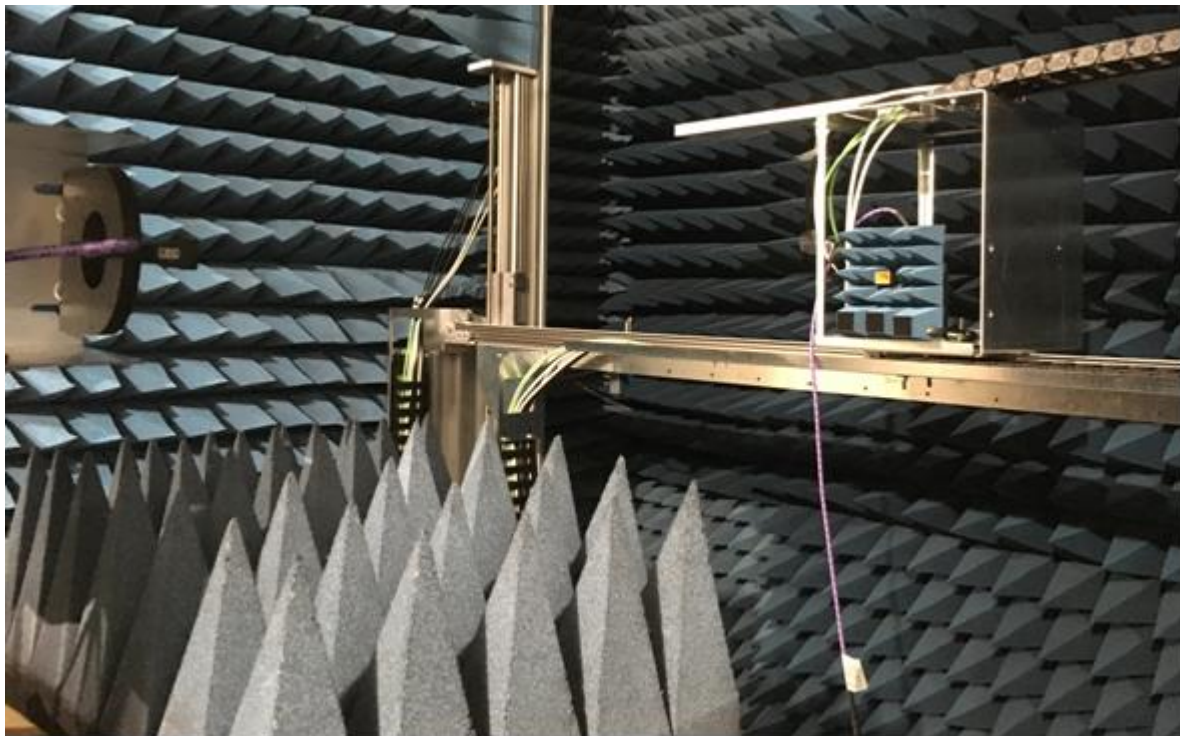
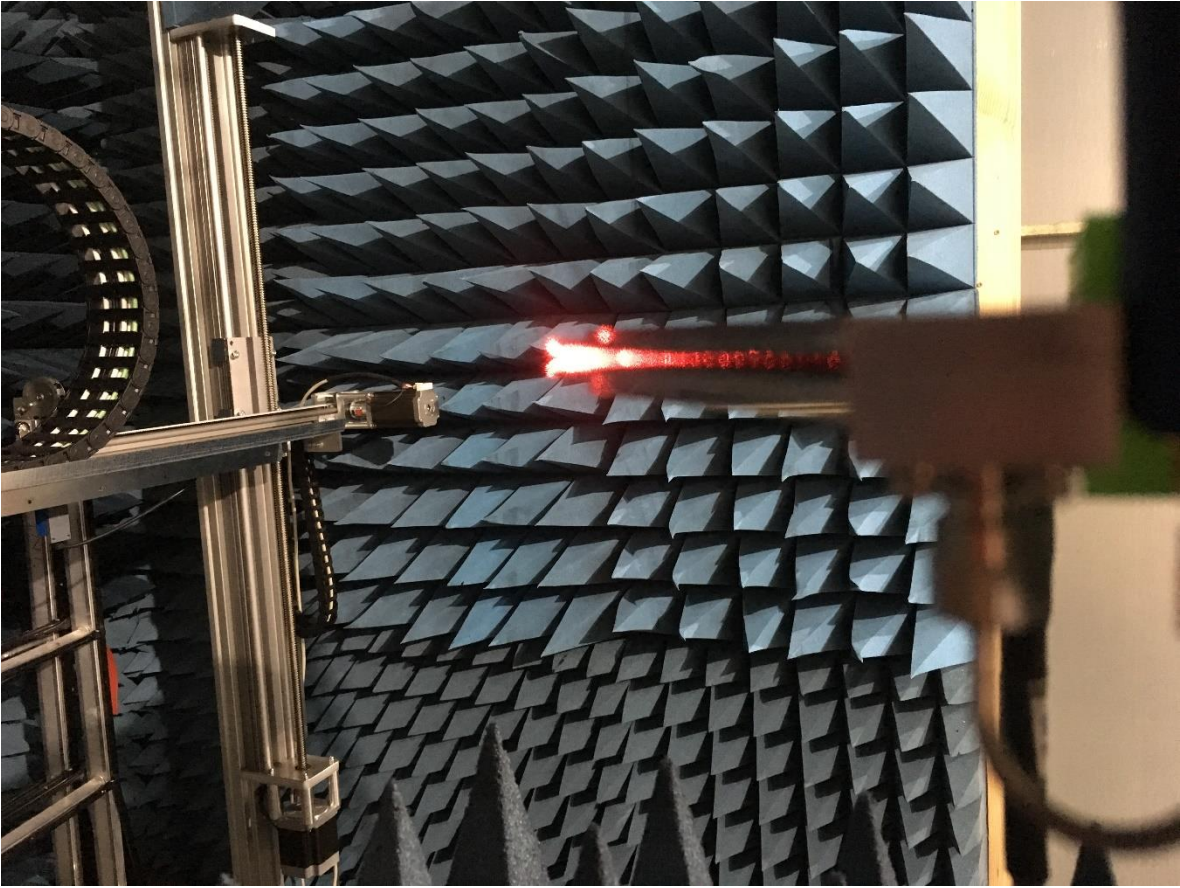
Este abanico de medidas disponible es el embrión de la potencial cartera de servicios de medida del laboratorio, para lo cual es de gran importancia la presencia de un profesional técnico de apoyo cualificado, que permita ofrecer un servicio eficiente y de calidad a los usuarios, tanto de ámbito científico como industrial y empresarial.

### **Descripción visual del laboratorio:**

A continuación se muestran algunas imágenes del laboratorio para dar idea de su configuración y funcionalidad:







## Características y prestaciones de la Infraestructura

Las características de la infraestructura son:

- Cámara Anecoica de tamaño 5x3x3.5 para realizar diverso tipo de medidas de RF hasta el rango de 300GHz.
- Analizador de redes con el rango de frecuencia hasta 67 GHz.
- Cabezas extensoras de frecuencia: Actualmente tenemos 4 cabezas extensoras de frecuencia que permiten medir en 4 puertos hasta 110 GHz. Se encuentra en proceso de compra otras 4: 2 cabezas extensoras de frecuencias hasta 180GHz y otras dos que permiten realizar medidas hasta los 300 GHz.
- **Múltiples posicionadores:** se cuenta con posicionadores plano y cilíndrico para realizar caracterización de antenas y se está en trámites de adquirir dos posicionadores más (configuración cuasi-esférica):
  - Posicionador ultrapreciso. Para realizar las medidas es necesario tener una precisión en el posicionamiento de los sistemas de medida como mínimo del orden de 1/10 parte de la longitud de onda. Por ejemplo, si estamos trabajando a 300 GHz, la longitud de onda será 1 mm, por tanto tendremos que garantizar el posicionamiento de los sistemas en el orden de las 100 micras.
  - Posicionador móvil para realizar medidas de campo de propagación en distintos entornos.
- **Sondas de medida:** Conjunto de sondas para poder utilizar realizar medidas en todo el rango de frecuencias.
  - 4 sondas de medida tipo bocina (horn standard gain standard instrument), con salida WR10 para rango de frecuencias de 73.8GHz a 112GHz, VSWR de 1.2 máx. y ganancia nominal en mitad de la banda de 20 dBi.
  - 4 sondas de medida tipo bocina (horn standard gain standard instrument), con salida WR15 para rango de frecuencias de 49.9GHz a 75.8GHz, VSWR de 1.2 máx. y ganancia nominal en mitad de la banda de 20 dBi.
  - 4 transiciones de guía WR15 a salida conector coaxial de 1.85mm hembra.
  - 2 sondas de medida tipo bocina (horn standard gain standard instrument), con salida WR22 para rango de frecuencias de 33GHz a 50.1GHz, VSWR de 1.2:1 máx. y ganancia nominal en mitad de la banda de 20 dBi.
  - 2 transiciones de guía WR22 a salida conector coaxial de 2.4mm hembra.
  - 2 sondas de medida tipo bocina (horn standard gain standard instrument), con salida WR34 para rango de frecuencias de 21.7GHz a 33GHz, VSWR de 1.2 máx. y ganancia nominal en mitad de la banda de 20 dBi.
  - 2 transiciones de guía WR34 a salida conector coaxial de 2.4mm hembra.
  - 2 sondas de medida tipo bocina (horn standard gain standard instrument), con salida WR51 para rango de frecuencias de 14.5GHz a 22GHz, VSWR de 1.2 máx. y ganancia nominal en mitad de la banda de 20 dBi.
  - 2 transiciones de guía WR51 a salida conector coaxial SMA hembra.
  - 2 sondas de medida tipo bocina (horn standard gain standard instrument), con salida WR75 para rango de frecuencias de 9.84GHz a 15GHz, VSWR de 1.2 máx. y ganancia nominal en mitad de la banda de 20 dBi.
  - 2 transiciones de guía WR75 a salida coaxial SMA hembra.
- **Cables de medida.** 4 cables de gran longitud (integrados en los sistemas de la cámara) con un rango de funcionamiento hasta los 67 GHz.
- **Mesa de puntas de RF** con sistema de posicionamiento incorporado, para medida in situ sin encapsulado ni transiciones o conectores.

Este equipamiento es único a nivel nacional ya que ningún ente público ni privado tiene una infraestructura de estas características porque dispone 4 cabezas extensoras de frecuencia hasta 110 GHz lo que posibilita la realización de medidas de sistemas MIMO, algo que es único. Además, la infraestructura está dotada con 2 cabezas extensoras de frecuencia en el rango de 110-180 GHz y otras 2 cabezas extensoras de frecuencia en el rango de 180 GHz a 330 GHz. Estas cabezas de alta frecuencia se encuentran disponibles en muy pocos laboratorios a nivel nacional y ninguno a nivel de Andalucía. Por último, los dos posicionadores nuevos serán ultraprecisos y son únicos ya que proporcionan unas nuevas funcionalidades al sistema de medida.

Infraestructuras similares a esta se pueden encontrar en diferentes entes públicos desde hace tiempo, pero con unas posibilidades de medida mucho más limitadas en frecuencia. Esta infraestructura está especializada en medidas de alta frecuencia (por ello no necesita tanto volumen) dando capacidades de medida que la mayoría de las infraestructuras existentes no pueden ofrecer. A continuación, en la tabla 1 se muestran diferentes infraestructuras existentes y su limitación en frecuencia (todos los datos han sido obtenidos de las correspondientes webs).

Tabla 1. Comparativa con infraestructuras existentes

Ente Público	Máxima frecuencia	Enlace web
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA)	40 GHz	<a href="http://www.inta.es/WEB/INTA/es/servicios/Area_Aeronautica/Defensa/Ensayos_Equipos_Sistemas/Espacio/Grupo/Ensayos/Radiofrecuencia/Terrestre/Terrestre_Ensayos_SGSE-9/">http://www.inta.es/WEB/INTA/es/servicios/Area_Aeronautica/Defensa/Ensayos_Equipos_Sistemas/Espacio/Grupo/Ensayos/Radiofrecuencia/Terrestre/Terrestre_Ensayos_SGSE-9/</a>
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	70 GHz	<a href="http://www.gr.ssr.upm.es/leha/">http://www.gr.ssr.upm.es/leha/</a> <a href="http://www.madrimasd.org/Laboratorios/busquedas/comun/FichLab.asp?Clabo=33">http://www.madrimasd.org/Laboratorios/busquedas/comun/FichLab.asp?Clabo=33</a>
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)	40 GHz	<a href="https://www.upc.edu/sct/es/equip/506/camara-anechoica.html">https://www.upc.edu/sct/es/equip/506/camara-anechoica.html</a>
Universidad Politécnica de Valencia (UPV)	70 GHz	<a href="http://www.iteam.upv.es/lab/laboratorio-de-antenas-y-microondas/?lang=es">http://www.iteam.upv.es/lab/laboratorio-de-antenas-y-microondas/?lang=es</a>
Universidad de Alcalá de Henares	40 GHz	<a href="http://www3.uah.es/catechom/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=59&amp;Itemid=74&amp;lang=es">http://www3.uah.es/catechom/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=59&amp;Itemid=74&amp;lang=es</a> <a href="http://www3.uah.es/catechom/index.php">http://www3.uah.es/catechom/index.php</a>
Universidad de Vigo	40 GHz	<a href="http://antelia.webs.uvigo.es/">http://antelia.webs.uvigo.es/</a>

## Servicios

Los servicios que pueden ofrecerse a partir de las infraestructuras disponibles en el laboratorio y el trabajo de un técnico son:

- Medidas de los parámetros característicos de las antenas: diagramas de radiación, ganancia, directividad, relación de onda estacionaria, etc.
- Medida de los parámetros de dispersión de dispositivos pasivos y activos de microondas.
- Medida de PIRE.

- Medida o emulación de diferentes entornos de propagación.
- Medida de Sección Transversal Radar (STR) de blancos, medida de absorción electromagnética de materiales, obtención de imágenes ISAR de blancos.
- Ensayos de emisión radiada y conducida.
- Ensayos de medida de eficiencia de apantallamiento a ondas electromagnéticas
- Caracterización de materiales complejos (Constante dieléctrica ( $\epsilon_r'$ ) y tangente de pérdidas ( $\tan \delta$ ))

## Potenciales usuarios y clientes del Laboratorio

El laboratorio tiene la potencialidad de prestación de servicios tanto a la comunidad investigadora de la UGR, como al exterior, tanto para otros centros de investigación y universidades, como para empresas tecnológicas punteras del ámbito de la radiofrecuencia. A continuación se indican grupos, instituciones y empresas que ya han sido usuarias de las instalaciones:

Tabla 2. Usuarios de la Propia UGR.

Grupo	Nombre	Escuela/Facultad
TIC 244	Grupo SWAT: Smart and Wireless Applications and Technologies	ETSIIT-UGR
TIC 216	Grupo de Nanoelectrónica	ETSIIT-UGR
TIC-131	Grupo de Electromagnetismo de Granada	Faculta de Ciencias
TIC-127	Grupo Digital Techniques	Faculta de Ciencias
TIC-123	Grupo Procesamiento de señales y comunicaciones	ETSIIT-UGR
TIC-117	Grupo de Circuitos y sistemas para procesamiento de la información	ETSIIT-UGR
TIC-250	Grupo Pervasive Electronics Advanced Research Laboratory	Faculta de Ciencias

Tabla 3. Usuarios de otros Centros de Investigación.

	Nombre de la entidad	Lugar
	Royal Institute of Technology of Stockholm (KTH)	Estocolmo, Suecia
	Universidad Autónoma de Madrid (UAM)	Madrid, España
	Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	Madrid, España
	Universidad Carlos III de Madrid (UC3M)	Madrid, España
	Universidad de Sevilla (US)	Sevilla, España



	Universidad de Málaga (UMA)	Málaga, España

Tabla 4. Usuarios de empresas del sector.

	Nombre de la compañía	Lugar
	Ericsson AB (Ericsson Suecia)	Göteborg, Suecia
	Gapwaves AB	Göteborg, Suecia
	Sencept AB	Estocolmo, Suecia

Además, el laboratorio pertenece a la red de laboratorios de medida y caracterización de antenas del EurAAP (European Association on Antennas and Propagation) como miembro del grupo de referencia en estandarización e intercomparación.

## Financiación recibida para la dotación del laboratorio.

### **PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS**

**Laboratorio de Comunicaciones 5G y sus aplicaciones** (Ref. UNGR15-CE-3311), ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Economía y Competitividad, Subprograma Estatal de Proyectos de Infraestructuras Científicas y Técnicas y Equipamiento, 01/01/2016 - 31/12/2017. IP: Pablo Padilla, Cuantía total: 307.453,5 €

**IoT5GLab: Diseño e implementación de las redes futuras para 5G e Internet de las cosas** (Ref. EQC2018-004988-P). ENTIDAD FINANCIADORA: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, Ayudas para la adquisición de equipamiento científico-técnico, Subprograma estatal de infraestructuras de investigación y equipamiento científico-técnico (plan Estatal I+D+i 2017-2020), 01/01/2018 - 31/12/2020. IP: Sandra Sendra Compte, Cuantía total: 705.370,37 €.

**EQC2018-004963-P. Laboratorio de Electrónica Sináptica e Interfaces Analógicas.** MINECO. 01/01/2018 – 31/12/2020. Principal Investigador: Francisco J. García Ruiz. 247.176,90€

**Total=1.260.000,77 €**

### **PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Optimización multi-capa de redes 5G (5G-CLOPS)** MINECO. 01/01/2018 – 31/12/2020. Investigador Principal: Antonio Mora García RTI2018-102002-A-I00 Presupuesto: 53.878,88

**Metaheurísticas aplicadas al diseño de redes 5G eficientes”** TIN2016-75097-P .Investigador Principal: Francisco Luna Valero MINECO: 01/01/2016 - 31/12/2020 50.400 €

**Desarrollo, caracterización y modelado de dispositivos memristivos de óxido de grafeno reducido orientado a aplicaciones neuromórficas.** MINECO. 01/01/2018 – 31/12/2020. Principal Investigador: Francisco J. García Ruiz. 84.700€.

**Evaluación numérica y experimental de efectos electromagnéticos ambientales en aviones no tripulados.** TEC2016-79214-C3-3-R. Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad. 30/12/2016 - 29/12/2019. Investigador principal: Salvador G. García, Mario F. Pantoja. 169.884 €.

(TEC2013-48414-C3-1-R) **"Análisis numérico y experimental de la inmunidad electromagnética de UAV bajo efectos indirectos de rayos y HIRF"** IP Mario F. Pantoja Fecha de inicio-fin: 2014 - 2017 Duración: 3 años Cuantía total: 141.000€

**State of unrest of active VOLCANOes through advanced seismic WAVES analysis - An application to eruption forecast modelling** (H2020-798480), Programa: Horizonte2020, Comisión Europea - Investigación e Innovación, Fecha de inicio: 2018-09-01; Fecha final: 2020-09-28; Investigador Principal: María del Carmen Benítez Ortúzar. 170.121,60 €.

**Extracción del conocimiento del estado de volcanes activos y su aplicación en el modelado del pronóstico de erupciones mediante el análisis avanzado de la señal sísmica.** TEC2015-68752, Ministerio de Economía y Competitividad. Carmen Benítez Ortúzar y Ibañez-Godoy, Jesus Miguel (Universidad de Granada). 2016-2019. 244.299 EUR

**Plat-EEG: Plataforma de altas prestaciones para la adquisición, extracción y procesamiento inteligente de señales EEG** TIC-7983, Reference: IP: Francisco J. Pelayo Valle Budget: 100.639,38€.

**Total Proyectos del plan nacional e internacionales:1.014.921,88**

#### **CONTRATOS DE INVESTIGACIÓN:**

Non intrusive testing (nitest) AIRBUS. Salvador González García. 03/09/2018-03/09/2020. **192.390 €.**

Contrato de I+D Internacional (Alemania) Título:RWG Material Measurements and Data Evaluation Entidades contratantes:BAirbus Bremen (Alemania) Investigador responsable: Salvador Gonzalez García/ Mario Fernández Pantoja Duración:01/09/2017 -- 38/02/2019 Cuantía contratada (€): **54.957,59€**

Specification analysis, Concept creation, System Designs " (Contract nº C-3770-01, C-3770-02, C-3770-03). Contracting company: Infineon Technologies AG (Munich, Gemany). Contractor: OTRI UGR. Dates: 01/11/2016 to 18/11/2019. Leading researchers: Diego P. Morales Santos and Encarnación Castillo Morales. Funding: 13.547+ 33.288,89+ 53.093,33=**99.928,89€**

**Total Contratos=254.845,37 €**

## **Necesidades**

**La principal necesidad del laboratorio es la dotación de un técnico que pueda realizar las medidas correspondientes, después de la consiguiente formación específica.**