

# ARCO: RESUMEN DE UN PROYECTO EN COLABORACIÓN SOBRE TECNOLOGÍA DE ANTENAS

Juan Vassallo Sanz  
UA Antenas Activas en CSIC  
CSIC – Inst. de Física Aplicada  
email:ltqvs22@ifa.cetef  
.csic.es

Francisco Ares Pena  
Dpto. Física Aplicada  
Univ. Santiago de Compostela  
(USC)  
email : faares@usc.es

José Antonio Encinar Garcinuño  
Dpto. Electrónica y Teoría de  
Circuitos  
Universidad Politécnica de Madrid  
(UPM)  
email :  
encinar@etc.upm.es

Antonio Tazón Puente  
UA Antenas Activas en UC  
Universidad de Cantabria (UC)  
email : tazon@unican.es

Pedro González  
ACORDE  
email :  
p.gonzalez@acorde.biz

Luis F. de la Fuente  
EADS CASA Espacio  
email :luisfernando.del  
afuente@casa-espacio.es

**Abstract- This paper presents a summary of the work realised in collaboration by six research groups of Spanish Companies and Publish Research Organisms (OPIs), to find the development of new and innovative technologies about arrays and reflectarrays having the common characteristic of a beam control.**

**The idea of this paper is to inform to the Spanish scientific community the development of this Project that has been sponsored by the Ministry of Education and Science, under P4 modality. Due to the magnitude of the of the Project, just finished, its results have been published in different congress proceedings and journals, and by this reason the objective of this paper is to present a summary of the story and management evolution of the project, besides of its more relevant results.**

## I. INTRODUCCIÓN

En la convocatoria de Programas Nacionales del año 2000, generada por el entonces denominado Ministerio de Ciencia y Tecnología apareció una modalidad de Proyectos denominada P4, en la que se admitía la financiación de Empresas con un máximo del 35 % de su participación. Ésta ha sido la única convocatoria en la que ha existido esa modalidad, y es ahora cuando han finalizado estos Proyectos que el Ministerio puede hacer balance de resultados y decidir si la experiencia ha sido positiva.

Trabajos precedentes fueron los Proyectos TIC95-0137-C02-02 y TIC98-0929-C02, que iniciaron estudios sobre reflectarrays, siendo [1] la primera publicación realizada en España sobre el tema. En ellos se vieron, o quizás se intuyeron más bien, las posibilidades que los reflectarrays podían proporcionar al estado actual de la tecnología de este tipo de antenas.

En el año 1998 hubo una serie de intentos realizados entre CASA, UPM y CSIC para interesar al CDTI y la ESA en financiar un proyecto de viabilidad de reflectarray que realizara un conformado de la sección transversal del haz, para una antena de comunicaciones a bordo de satélite geostacionario. Los intentos no dieron fruto en ese momento, pues la ESA consideraba que los reflectarrays solo tendrían aplicaciones puntuales y de carácter militar, por lo que opinaba no era de interés industrial. En el año 2002 la ESA cambiaba de opinión y lanzaba la primera ITT para el diseño y fabricación de reflectarrays.

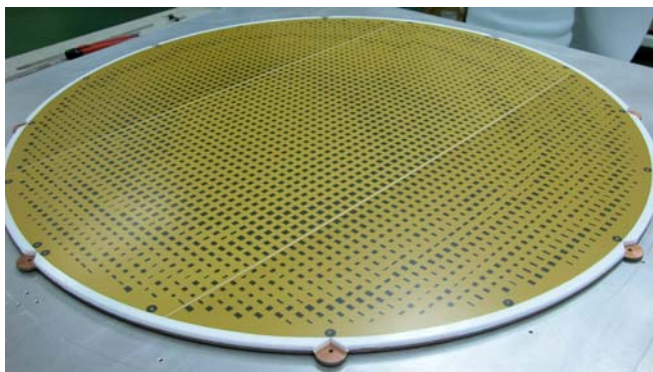


Figura 1 – Prototipo construido del Demostrador 1.

Por otra parte, la colaboración de UC, USC y CSIC en el desarrollo de un Radar de Abertura Sintética (SAR) para una aplicación en avión del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA), iniciada en el año 1994, propició el trabajo con un objetivo común entre expertos en componentes activos, otros en técnicas de optimización, y otros en diseño y fabricación de antenas impresas, lo que llevó a ver (quizás intuir), las posibles ventajas que sobre el

control del haz podría tener la incorporación de elementos activos en el propio reflectarray.

Había ya suficientes estudios realizados como para dar el paso de iniciar el desarrollo de técnicas específicas de diseño y fabricación para diferentes aplicaciones, y se planteó la posibilidad de presentar una propuesta conjunta de subvención a la modalidad P4 convocatoria de Programas Nacionales del año 2000. Otros grupos investigación afines e interesados en el tema, se unieron a ella, y un total de seis OPIs y 3 Empresas presentamos el Proyecto Coordinado ARCO [2].

## II. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA

El objetivo principal del Proyecto era el desarrollo de nuevas tecnologías de antenas, basadas en la idea común de realizar un control del haz proporcionado por la antena.

Se hizo un estudio previo de posibilidades, analizando aplicaciones, interés del mercado a corto y largo plazo, y teniendo en cuenta las posibilidades e intereses de los diferentes grupos participantes. De ese trabajo se obtuvo la estructura general de la oferta dividida en forma matricial.

Por una parte, el Proyecto se estructuraba en la consecución de cinco tecnologías diferentes, con el objetivo cada una de la realización de un demostrador:

- Demostrador 1: Reflectarray de haz conformado para aplicación en sistemas de comunicaciones en ambiente espacial.
- Demostrador 2: Reflectarray de haces conmutados, incorporando conmutadores en la superficie reflectora
- Demostrador 3: Array activo en banda L, de haz controlado en amplitud y fase
- Demostrador 4: Reflectarray activo de haz controlado en amplitud y fase
- Demostrador 5: Array activo en banda K, de haz controlado en amplitud y fase.

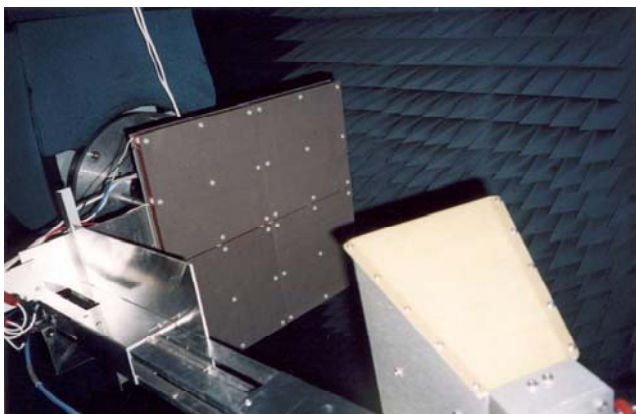


Figura 2 – Prototipo construido del Demostrador 2.

Por otro lado, el proyecto se estructuraba en tres etapas:

- Una inicial de estudio de componentes, adecuados a las necesidades particulares para cada demostrador. Cada Entidad que consideró necesaria la realización de ese estudio contó con un Paquete de Trabajo específico para ello.
- Una segunda de diseño eléctrico y estructural de cada demostrador.

- Y una tercera de fabricación y medida de cada demostrador.

El desarrollo de cada demostrador se realizaba mediante la participación de al menos tres Entidades: dos OPIs y una Empresa. La etapa de diseño era coordinada por uno de los OPIs, y la etapa de fabricación por una de las Empresas. Toda Entidad participante coordinaba al menos uno de los trabajos de diseño o de fabricación de algunos de los demostradores. De esa forma se repartían las tareas de coordinación entre todos los participantes.

Se pactó también que no habría exclusividad de información en los demostradores, de forma que cualquier grupo tendría acceso a ella aunque no participara directamente en el desarrollo del demostrador, pudiendo elaborar propuestas alternativas. La única exclusividad que se respetaba era la prioridad de las empresas participantes al uso y disfrute de las tecnologías desarrolladas.

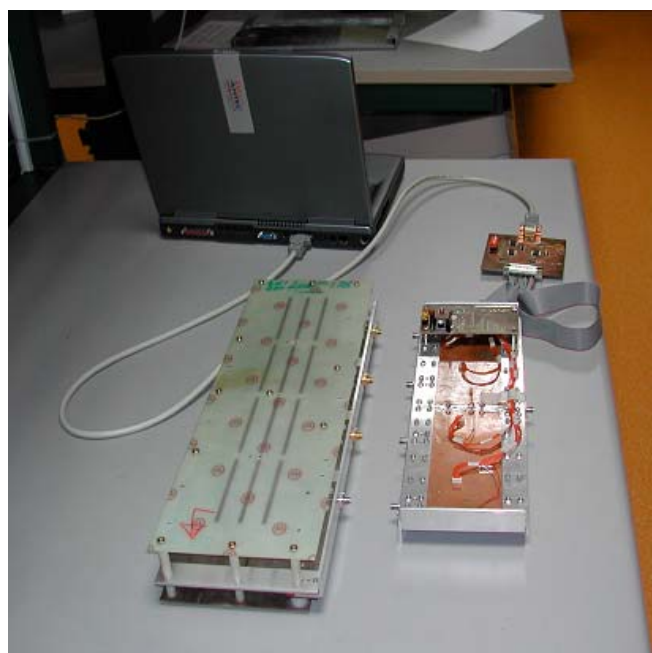


Figura 3 – Prototipo construido del Demostrador 3 para el array de 4 elementos.

## III. RESOLUCIÓN Y DESARROLLO DEL PROYECTO

La respuesta del Ministerio fue una propuesta de financiar únicamente el desarrollo de cuatro de los demostradores, retirando de la propuesta el demostrador 5. Entre las razones alegadas por el Ministerio figuraban la presencia de una empresa no española, y la falta de interés mostrada por los evaluadores en el desarrollo de un array activo en banda K, fundamentada en el tamaño de los componentes.

Conocida la propuesta del Ministerio, las Universidades de Málaga y Alcalá de Henares, junto con la empresa italiana TELESYSTEM, aceptaron retirarse del desarrollo del Proyecto, con lo que los trabajos relacionados con el Demostrador 5 no se han realizado.

El Proyecto quedó entonces con la estructura que muestra la Tabla I. El trabajo del Proyecto se inició el 7/11/2001 y terminó el 7/03/2005 tras solicitar una prórroga

de 4 meses. La Tabla II muestra las cifras globales sobre financiación del Proyecto.

Coordinación	CSIC			
Estudios previos	UPM	CSIC	UC	
Demostradores	1	2	3	4
Coordinador diseño	USC	CSIC	UPM	UC
Participantes	UPM	UPM	UC	CSIC
Coordinador de fabricación	CASA	CASA	ACORDE	ACORDE

Tabla I – Estructura del Proyecto

	SUBVENCIÓN	COSTE REAL
CSIC	148.089,38	148.247,37
USC	121.164,04	121.164,04
UPM	114.432,70	114.432,68
UC	141.358,04	141.405,09
ACORDE	96.161,94	314.842,03
EADS CASA Esp.	60.101,21	340.075,25
Total	681.307,31	1.180.173,46

Tabla II – Coste del Proyecto

Personal formado	8
Personal en formación transferido al sector industrial	1
Tesis Doctorales	3
Artículos en revistas internacionales	16
Artículos de divulgación internacionales	2
Capítulos en libros	6
Comunicaciones a congresos nacionales	17
Comunicaciones a congresos internacionales	43
Patentes	1

Tabla III – Resultados del Proyecto

#### IV. RESULTADOS

Una vez terminado el Proyecto, la forma de evaluar los resultados desde el punto de vista del Ministerio, es ver la cantidad de personal formado y publicaciones que ha originado el trabajo. La Tabla III muestra los números relativos a dicho criterio.

Sin embargo, dado que el objetivo del Proyecto era la definición de cuatro nuevos conceptos de tecnología de antenas, los resultados pueden evaluarse también analizando lo conseguido en el trabajo de cada demostrador, lo cual se resume a continuación.

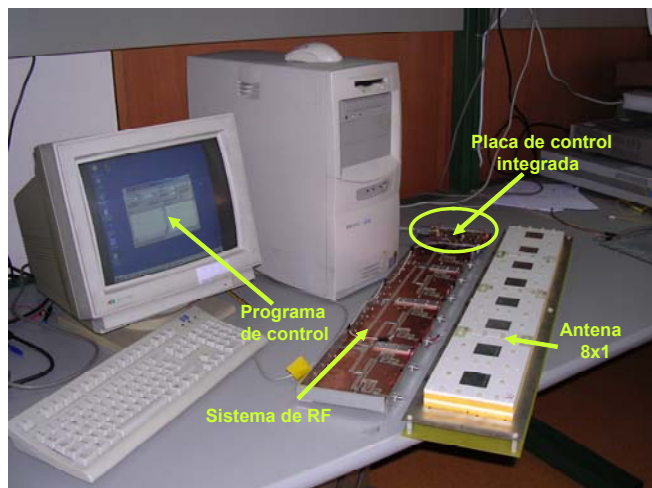


Figura 4 – Prototipo construido del Demostrador 3, para el array de 8 elementos

##### A. Demostrador 1: Reflectarray de haz conformado

Los grandes retos conseguidos en este trabajo han sido:

- Desarrollar un proceso de síntesis de diagramas de radiación en el que estén involucrados varios millares de elementos radiantes.
- Desarrollar un proceso de diseño eléctrico de reflectarrays con tamaño entorno a 1.6 m, en una tecnología de elementos acoplados en triple capa, con la que se consigue una gran estabilidad en frecuencia, de la fase reflejada por cada elemento, lo cual proporciona una mejor respuesta en banda del reflectarray.
- Desarrollar un proceso de fabricación de reflectarrays con tres capas de fotograbados, válida para ambiente espacial.
- Diseñar y fabricar un prototipo en banda Ku, de 0.8 m de diámetro con 3.228 elementos radiantes, de acuerdo a especificaciones eléctricas y estructurales propias de una aplicación para satélite geoestacionario. La figura 1 muestra una imagen el prototipo fabricado.

##### B. Demostrador 2: Reflectarray de haces conmutados

Los grandes retos conseguidos en este trabajo han sido:

- Demostrar el efecto de conmutación en un prototipo construido en banda S, que incorpora un desfaseador de 1 bit en cada elemento radiante. La figura 2 muestra el prototipo construido.
- Llegar a un diseño modular que permite una fabricación sistemática que reduce los problemas de integración de las redes de alimentación DC y de control de los conmutadores. El diseño está basado en desfaseadores de 3 bits, y consigue reducir costes de fabricación.

##### C. Demostrador 3: Array lineal en banda L con control de amplitud y fase

Los grandes retos conseguidos en este trabajo son:

- Se han diseñado y fabricado dos prototipos, primero uno de 4 radiadores en línea y luego otro

de 8, que generan un haz conformado cuyo apuntamiento puede variarse realizando un control de la ley de distribución de la señal en amplitud y fase, en base a elementos activos incorporados en la red de distribución.

- Se ha realizado un control por ordenador en forma discreta, de la ley de distribución de la señal a los radiadores, estableciéndose una capacidad de 8 estados para el array de 4 radiadores y de 16 estados para el de 8, correspondientes a direcciones predeterminadas de apuntamiento. Las figuras 3 y 4 muestran los sistemas completos para los casos de array lineales de 4 y 8 radiadores.

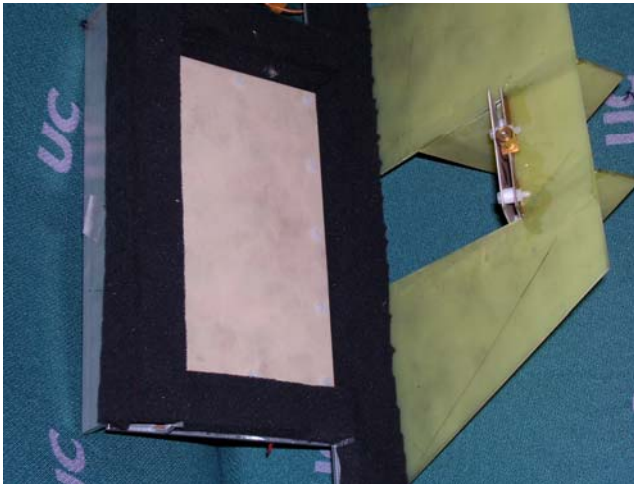


Figura 5 – Vista frontal del prototipo construido del Demostrador 4, en el sistema de medida.

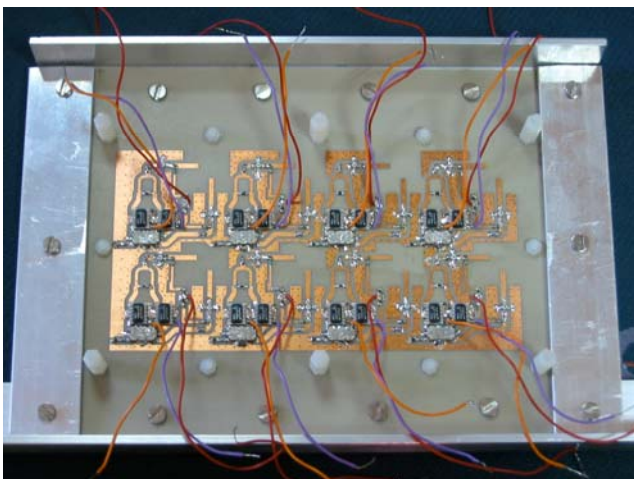


Figura 6 – Vista posterior del reflectarray activo.

#### D. Demostrador 4: Reflectarray con control de amplitud y fase

Los grandes retos conseguidos en este trabajo son:

- Se ha diseñado y fabricado un prototipo de reflectarray en banda C, que incorpora elementos activos para el control en amplitud y fase de la ley de alimentación de los elementos del reflectarray. Las figuras 5, 6 y 7 muestran diferentes vistas del prototipo fabricado.

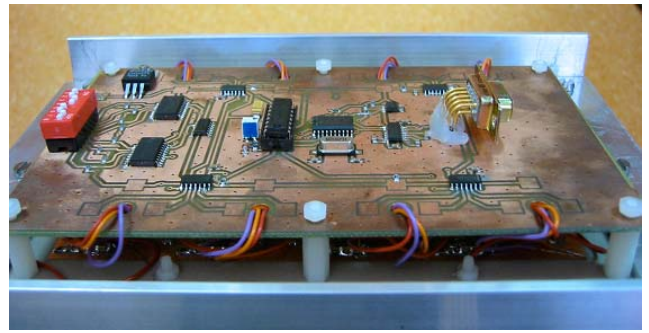


Figura 7 – Vista posterior del prototipo construido del Demostrador 4, con la placa de control.

Otra consecuencia del trabajo realizado es que se han obtenido también resultados parciales que pueden tener aplicación en futuros proyectos. Estos resultados han sido objeto por separado, de publicación en congresos, revistas, o libros, tal como se indica en la Tabla III, pero además se está pretendiendo dar publicidad al Proyecto, resaltando los beneficios del trabajo en colaboración. Con este objetivo se ha presentado la comunicación [3], y se celebrará una sesión especial dedicada el Proyecto en [4].

## V. CONCLUSIONES

Se ha realizado un Proyecto de I+D en colaboración entre seis grupos de investigación españoles, desarrollando cuatro novedosas tecnología de arrays y reflectarrays que presentan la característica común de realizar un control del haz generado. El trabajo realizado demuestra la capacidad de los grupos participantes en el desarrollo de tecnologías punteras en antenas.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto [2], ha sido realizado bajo financiación del Ministerio de Educación y Ciencia, y su actividad se enmarca en la Acción COST 284.

## REFERENCIAS

- [1] Cesar Ruiz Ahedo, “Contribuciones al estudio de superficies reflectoras basadas en agrupamientos de radiadores microbanda”, Tesina de Magister presentada en el Dpto Electrónica de la Universidad de Cantabria. 1995
- [2] “ARCO: Arrays y Reflectarrays con CONTROL del haz”, referencia TIC2000-0401-P4-09.
- [3] J. Vassal’lo, A. Oñoro, F. Ares, A. Trastoy, M. Barba, J.E. Page, J.A. Encinar, O. Castro, L. de la Fuente, P. González, L. Cabria, J.A. García and A. Tazón, “ARCO: A Spanish contribution to the improvement of arrays and reflectarrays with beam control”, 28<sup>th</sup> ESA Antenna Workshop on Space Antenna Systems and Technologies, Noordwijk (The Netherlands), may 2005.
- [4] Special Session ICECOM-COST284 on Arrays and Reflectarrays with beam control, 18<sup>th</sup> International Conference on Applied Electromagnetics and Communications (ICECOM 2005), Dubrovnik (Croatia), october 2005.