

Congreso Nacional del Medio Ambiente
Grupo de Trabajo nº 24: Teledetección y Sensores Ambientales
Madrid, 26 de noviembre de 2018

ANTENAS MULTI-HAZ EN TECNOLOGÍA IMPRESA PARA PLATAFORMAS A GRAN ALTURA

José Daniel M. de Rioja, Eduardo M. de Rioja, José A. Encinar

Bloque temático: Economía y Sociedad
#conama2018



- 01** Las plataformas a gran altura (HAPS)
- 02** Antenas reflectoras planas en tecnología impresa
- 03** Diseño de antena multi-haz para HAPS
- 04** Conclusiones

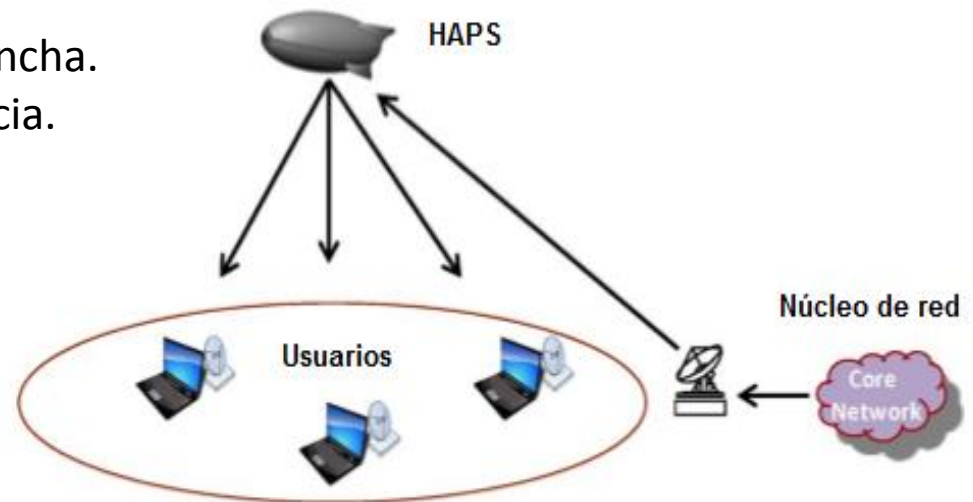


01 LAS PLATAFORMAS A GRAN ALTURA (HAPS)



Plataformas a gran altura (I)

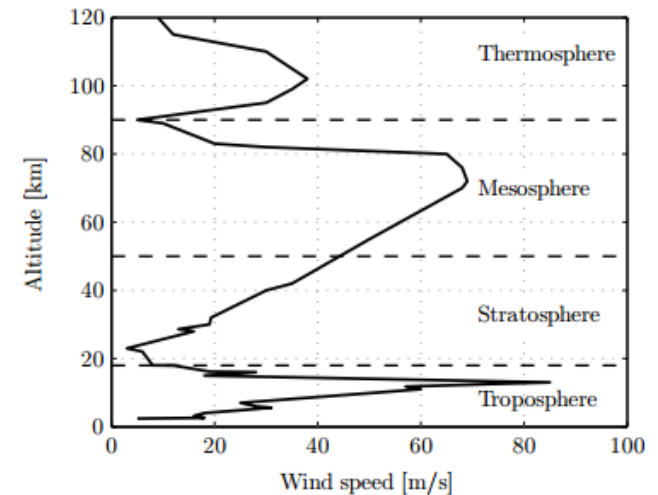
- Las **plataformas a gran altura** o **HAPS** (*High Altitude Platform Stations*) son vehículos aéreos situados a una altura de entre 20 y 25 km sobre la superficie terrestre (en la región estratosférica de la atmósfera), que desempeñan un papel similar al de un repetidor o estación base en un sistema de comunicaciones.
- Las **aplicaciones** potenciales de los HAPS son muy numerosas:
 - Servicios de radiodifusión.
 - Acceso a Internet de banda ancha.
 - Comunicaciones de emergencia.
 - Sistemas de vigilancia.
 - Teledetección.
 - Etc.





Plataformas a gran altura (II)

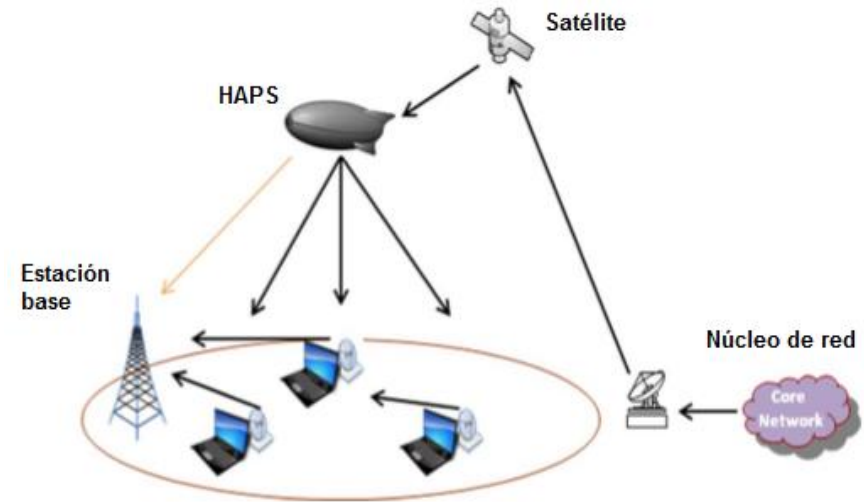
- La **estratosfera** es la segunda capa de la atmósfera. Se extiende desde los 17 km hasta los 50 km de altitud. La baja velocidad del viento la hace apropiada para los HAPS.
- Los HAPS suelen ser **vehículos aéreos no tripulados**. Los tres tipos más comunes son los aeroplanos, los dirigibles y los globos aerostáticos.





Plataformas a gran altura (III)

- Los HAPS pueden considerarse como una **solución intermedia** a los satélites y las redes terrestres.
- La **integración** de los tres sistemas en una **red heterogénea** constituiría una alternativa interesante para proporcionar conectividad global y servicios de banda ancha.



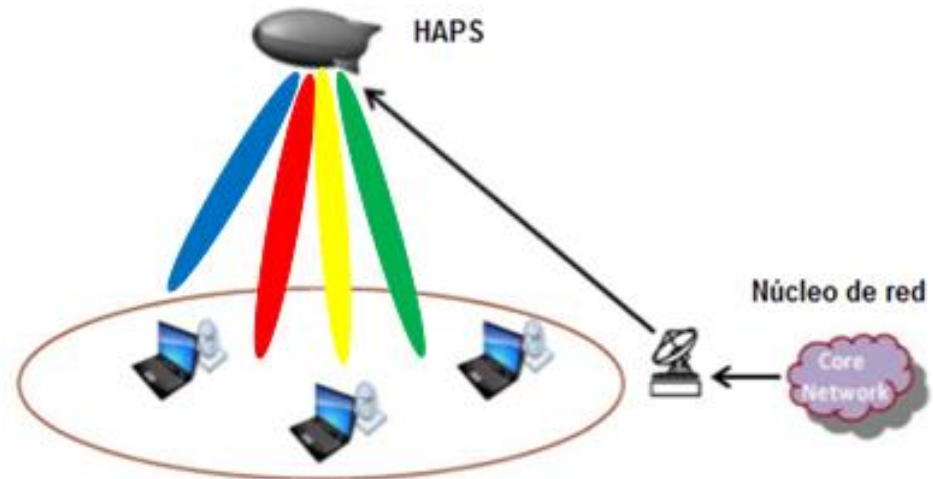
Característica	Satélites	Red terrestre	HAPS
Coste	Alto	Bajo	Intermedio
Tiempo de despliegue	Lento	Lento	Rápido
Retardo de propagación	Alto	Bajo	Bajo
Pérdidas del enlace	Altas	Bajas	Bajas
Área de cobertura	Grande	Pequeña	Intermedia



Antenas para HAPS

- **Frecuencias** asignadas por la Unión Internacional de las Telecomunicaciones para los servicios proporcionados mediante HAPS :
 - Banda de **2.1 GHz**: hasta 50/60 MHz de ancho de banda, servicio 3G.
 - Banda de **28/31 GHz**: 300 MHz en cada sentido, servicio fijo de banda ancha.
 - Banda de **47/48 GHz**: 300 MHz en cada sentido, servicio fijo de banda ancha.

- Características de las **antenas** para HAPS:
 - Tamaño y peso reducidos.
 - Alta eficiencia de radiación.
 - Bajo nivel de lóbulos secundarios.
 - **Generación de haces múltiples.**
 - Generación de haces conformados.
 - Reconfigurabilidad del haz.





Antenas multi-haz para HAPS (I)

➤ Bocinas:

- Antenas de ganancia media o baja.
- Haces relativamente anchos.
- Celdas de gran tamaño (entornos rurales).
- Poca flexibilidad.



➤ Reflectores parabólicos:

- Antenas de alta ganancia.
- Alta eficiencia de radiación.
- Celdas de menor tamaño (entornos urbanos).
- Generación de haces múltiples.
- Superficie doblemente curvada.

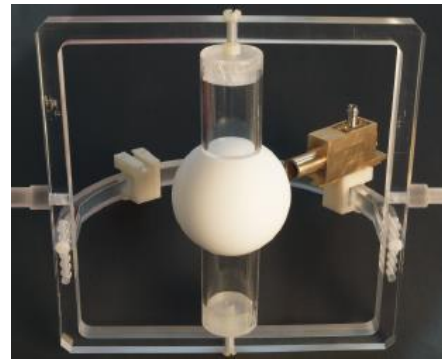




Antenas multi-haz para HAPS (II)

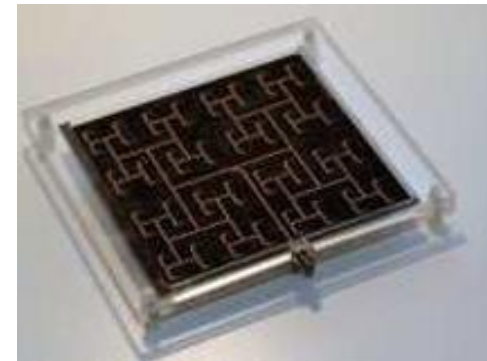
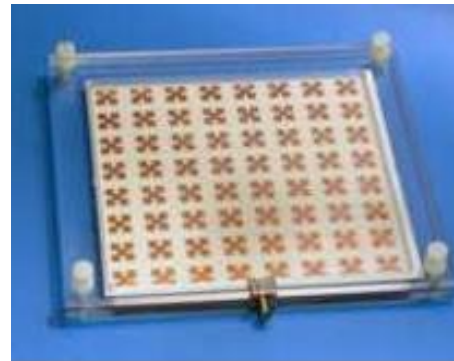
➤ Lentes:

- Antenas de alta ganancia.
- Generación de haces múltiples.
- Sin bloqueo del alimentador.
- Peso y volumen significativos.
- Fabricación compleja



➤ Arrays:

- Antenas de alta ganancia.
- Control de cada polarización.
- Superficie plana (fácil integración).
- Pérdidas de inserción elevadas.
- Alto coste de fabricación.





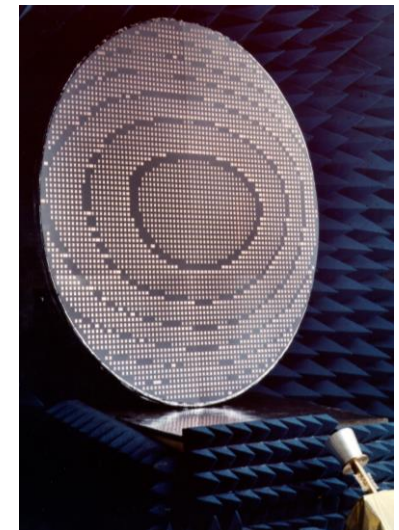
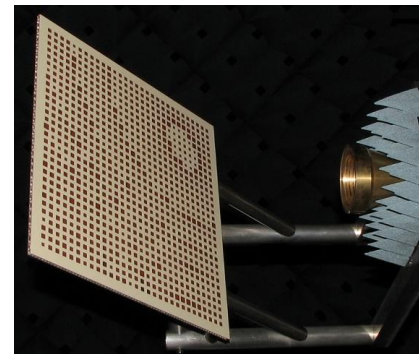
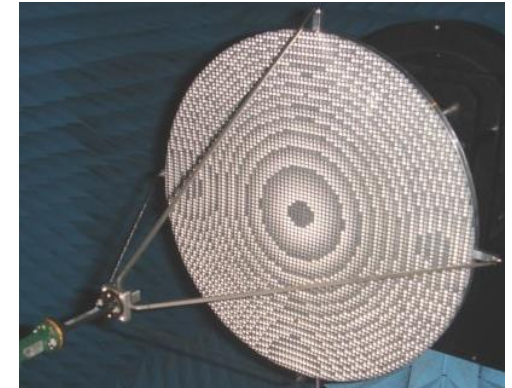
02 ANTENAS REFLECTORAS PLANAS EN TECNOLOGÍA IMPRESA



Antenas reflectoras planas en tecnología impresa (reflectarrays)

- Un **reflectarray** es una antena reflectora plana fabricada en tecnología impresa, capaz de generar un haz enfocado o conformado cuando es iluminada por una bocina.
 - Alta ganancia.
 - Alta eficiencia de radiación.
 - Generación de haces múltiples.
 - Control de cada polarización.
 - Superficie plana.
 - Bajo coste de fabricación.

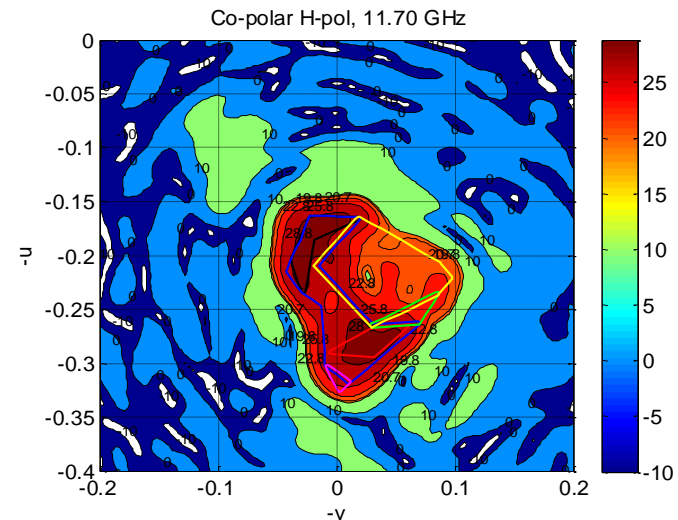
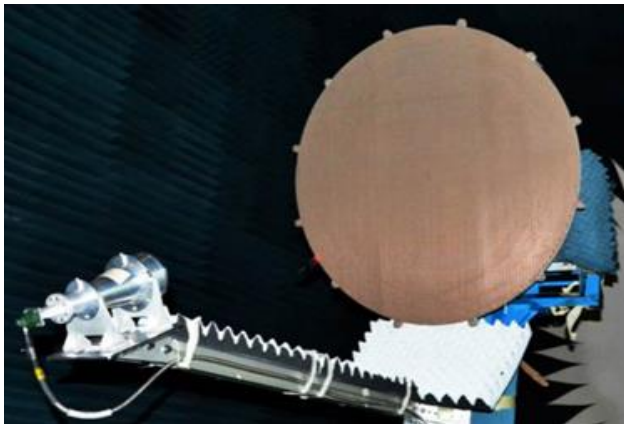
- Las **dimensiones** de los elementos impresos se ajustan para conseguir el desplazamiento de fase requerido en el campo incidente.





Antenas reflectarray de haz conformado

- Generación de **haces conformados** para proporcionar cobertura a una cierta región geográfica (servicios de radiodifusión) desde un satélite o un HAPS, usando una superficie plana con elementos impresos (coste de fabricación menor que el de un reflector conformado).

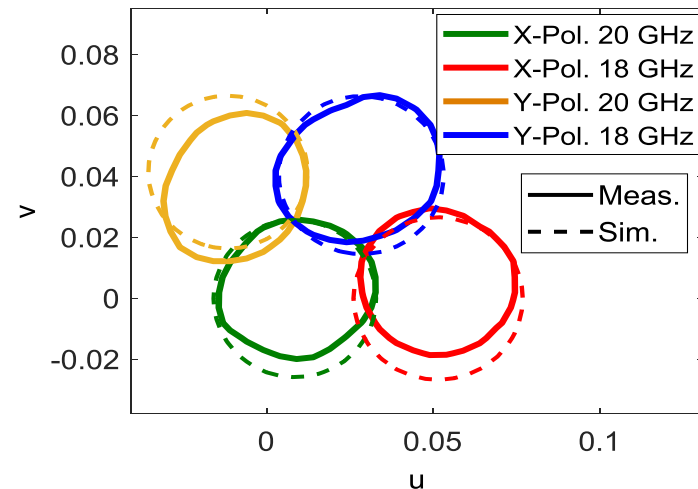
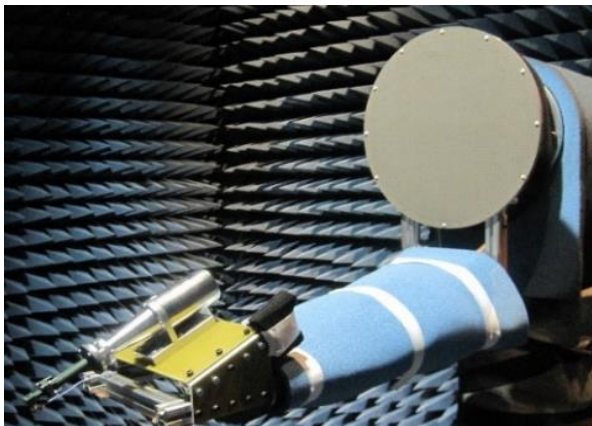


Antena reflectarray para proporcionar cobertura Sudamericana desde un satélite en banda Ku (12/14 GHz)



Antenas reflectarray de haces múltiples

- Generación de **haces múltiples** cuando son iluminados por una o varias bocinas, para proporcionar cobertura celular desde un satélite o un HAPS. A diferencia de reflectores y lentes, un reflectarray puede generar **haces independientes** en **distinta polarización y frecuencia** cuando es iluminado por una única bocina.

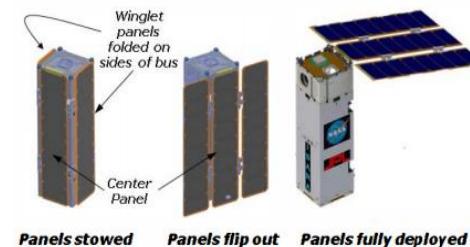
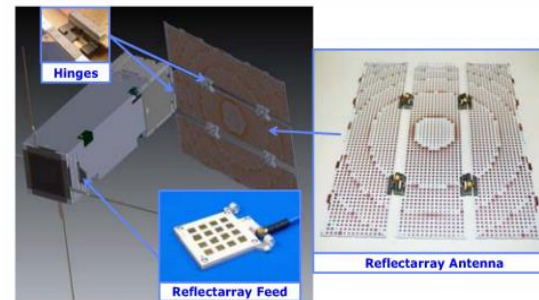
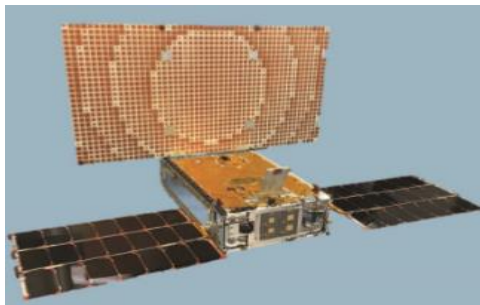
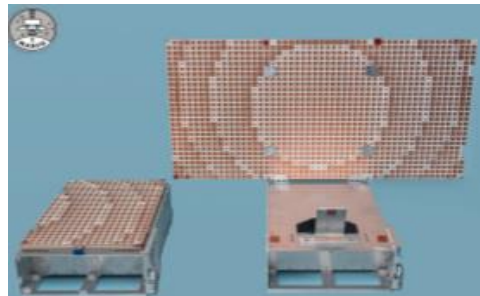


Antena reflectarray para proporcionar cobertura celular de 4 colores desde un satélite en banda Ka (18/20 GHz), generando 4 haces por bocina.



Antenas reflectarray desplegables

- Fácil integración en un satélite o vehículo aeroespacial gracias a su **superficie plana y perfil bajo**, permitiendo mecanismos eficientes de despliegue en órbita o una vez iniciado el vuelo.

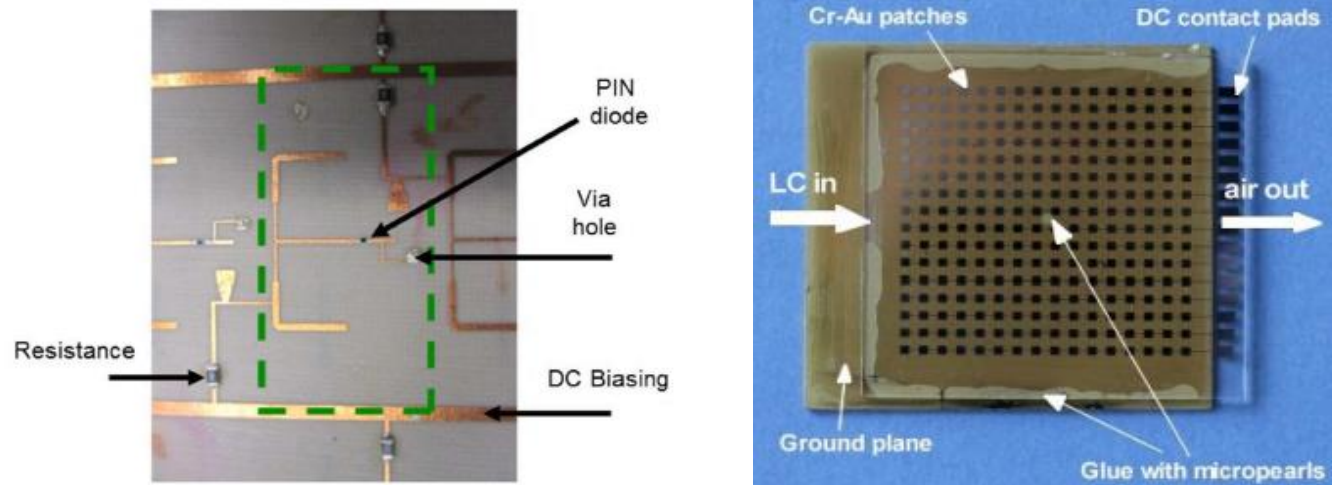


Antenas reflectarray de paneles desplegables para *Cubesats*, desarrolladas dentro de los proyectos MarCO e ISARA de la NASA.



Antenas reflectarray reconfigurables

- Reconfigurabilidad del diagrama de radiación de la antena (cambio en la dirección de apuntamiento del haz), integrando **conmutadores** electrónicos (diodos PIN, varactores, MEMs) a nivel del elemento impreso o utilizando substratos especiales como el **cristal líquido**.



Dos ejemplos de antenas reflectarray reconfigurables utilizando diodos PIN integrados en el elemento y cristal líquido como sustrato.



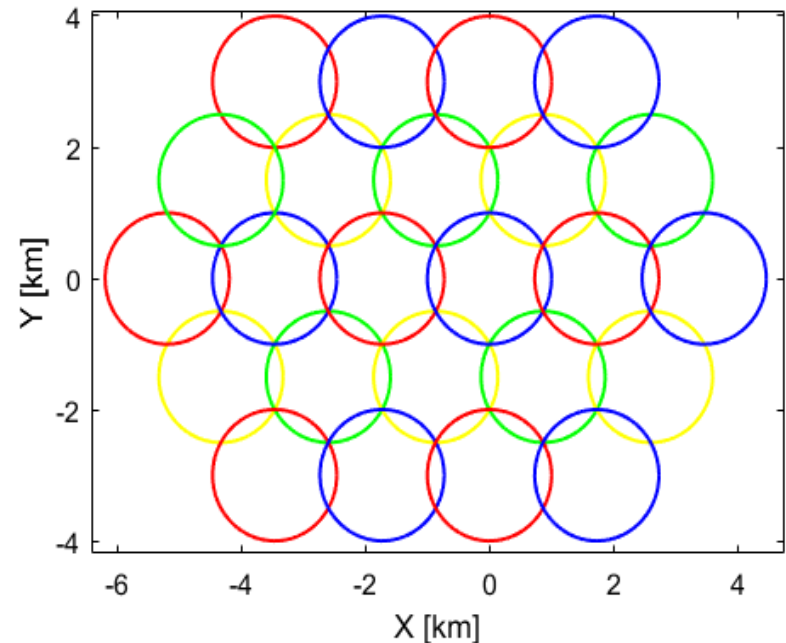
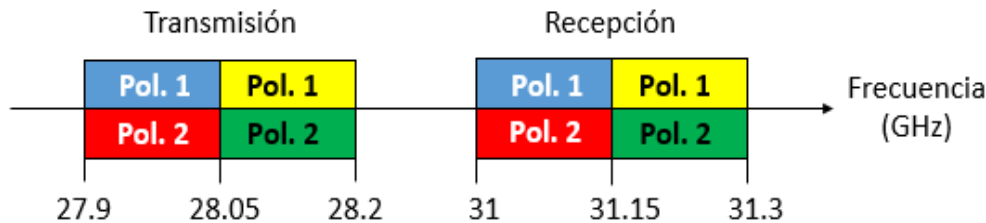
03

DISEÑO DE ANTENA MULTI- HAZ PARA HAPS



Cobertura celular desde un HAPS

- Objetivo: cobertura celular de cuatro colores en la banda de 28/31 GHz, donde cada color representa una combinación distinta de frecuencia y polarización.



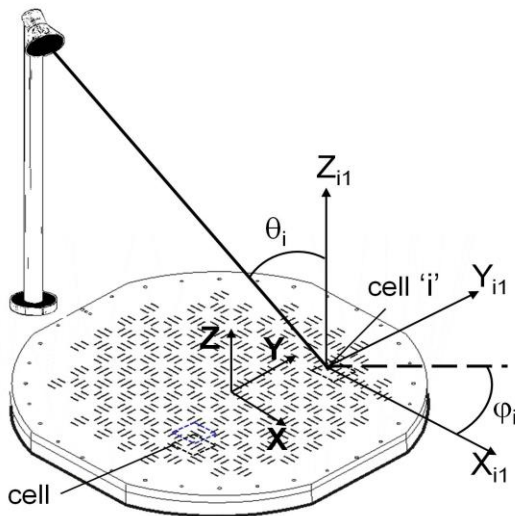
Parámetro	Valor
Número de celdas (n)	> 10
Radio de las celdas (R)	1 km
Altura del HAPS (H)	22 km
Ganancia de la antena	> 30 dBi
Nivel de lóbulos secundarios	< -15 dB
Bandas de frecuencia	28/31 GHz (Tx/Rx)



Parámetros de diseño

➤ Obtención del resto de especificaciones de la antena a partir de la cobertura:

- Ancho de haz (a -4/-5 dB): $\Delta\theta = 2 \cdot \tan^{-1}(R/H) = 5.2^\circ$
- Distancia entre celdas vecinas: $D = 2R \cdot \cos 30^\circ = 1.73 \text{ km}$
- Separación entre haces: $\theta_{b1} - \theta_{b2} = \tan^{-1}(D/H) = 4.5^\circ$



➤ Dimensionado de la antena reflectarray:

- Tamaño de celda: 5 mm x 5 mm ($\lambda/2$ aprox.)
- Tamaño de antena: 15 cm x 15 cm (30 x 30 celdas)
- Diámetro de boca de la bocina: 28 mm
- Distancia focal: 17 cm
- Nivel de iluminación en bordes: -10 dB

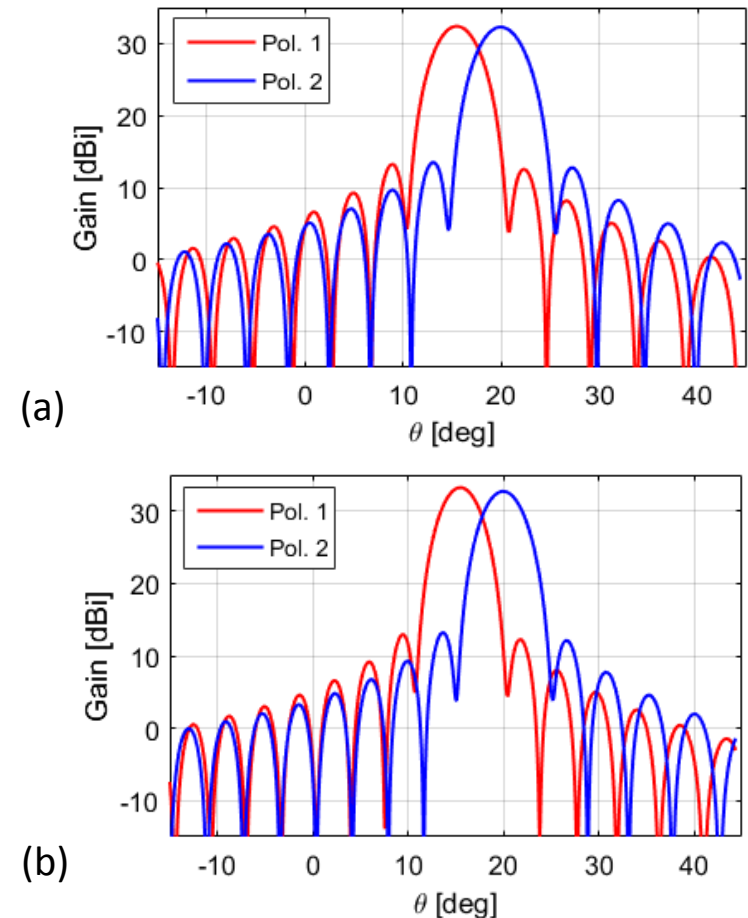


Diseño de la antena multi-haz (I)

➤ Se diseña el reflectarray para generar **dos haces independientes** en dos polarizaciones ortogonales (2 colores), tanto a 28 GHz (Tx) como a 31 GHz (Rx):

- Ganancia: >32 dBi
- Ancho de haz: 5.2° (a -4 dB a 28 GHz, y a -5 dB a 31 GHz).
- Separación entre haces: 4.5°
- Nivel de lóbulos secundarios: -19 dB
- Eficiencia de radiación: >65%

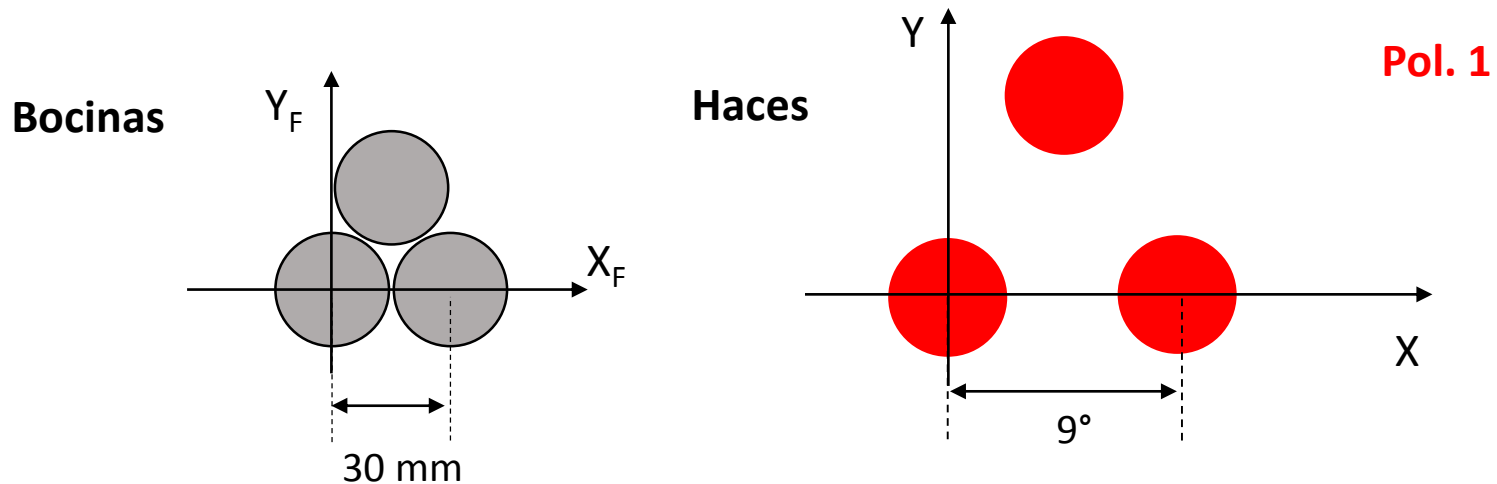
Diagramas de radiación simulados:
(a) a 28 GHz y (b) a 31 GHz





Diseño de la antena multi-haz (II)

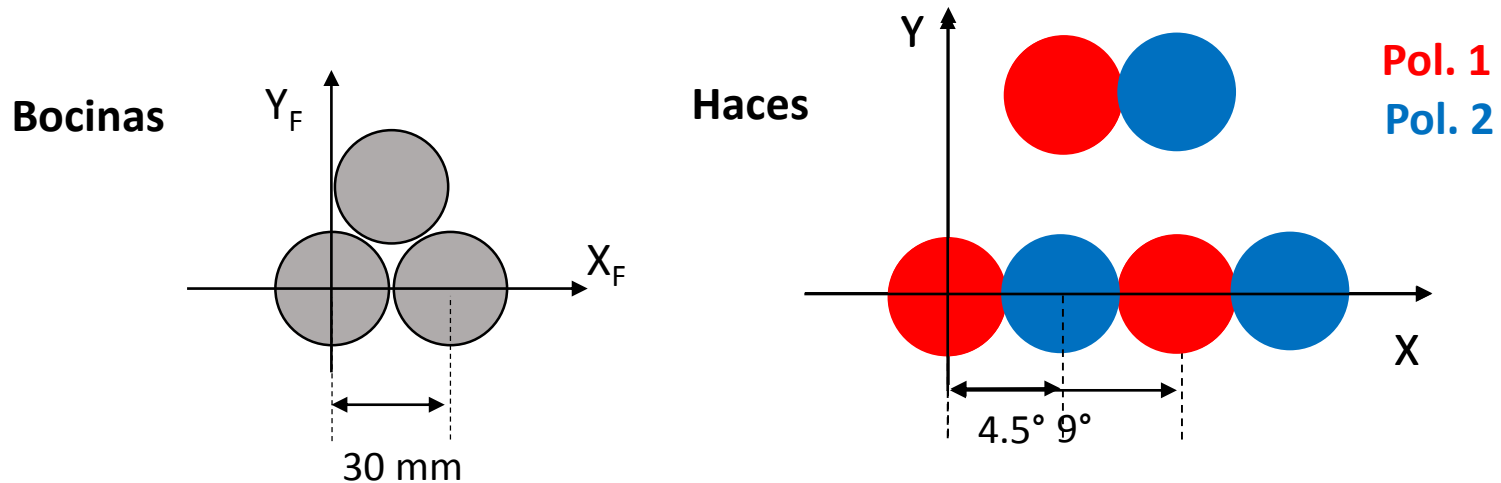
- **Problema:** separación demasiado pequeña entre haces adyacentes de la cobertura (igual que en satélites de comunicaciones). La separación entre haces generados por bocinas adyacentes es el doble de la requerida (9° en lugar de 4.5°).





Diseño de la antena multi-haz (II)

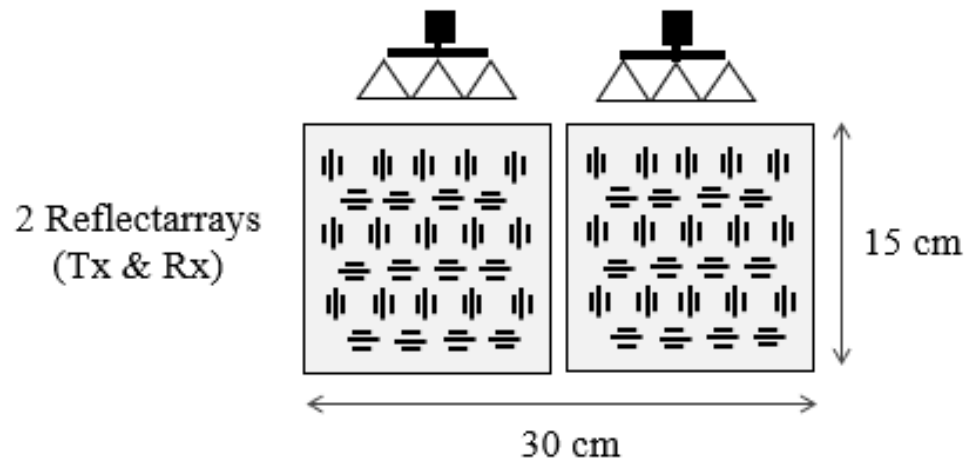
- **Problema:** separación demasiado pequeña entre haces adyacentes de la cobertura (igual que en satélites de comunicaciones). La separación entre haces generados por bocinas adyacentes es el doble de la requerida (9° en lugar de 4.5°). El diseño con **dos polarizaciones** permite compensarlo en un plano, desplazando los haces 4.5° .





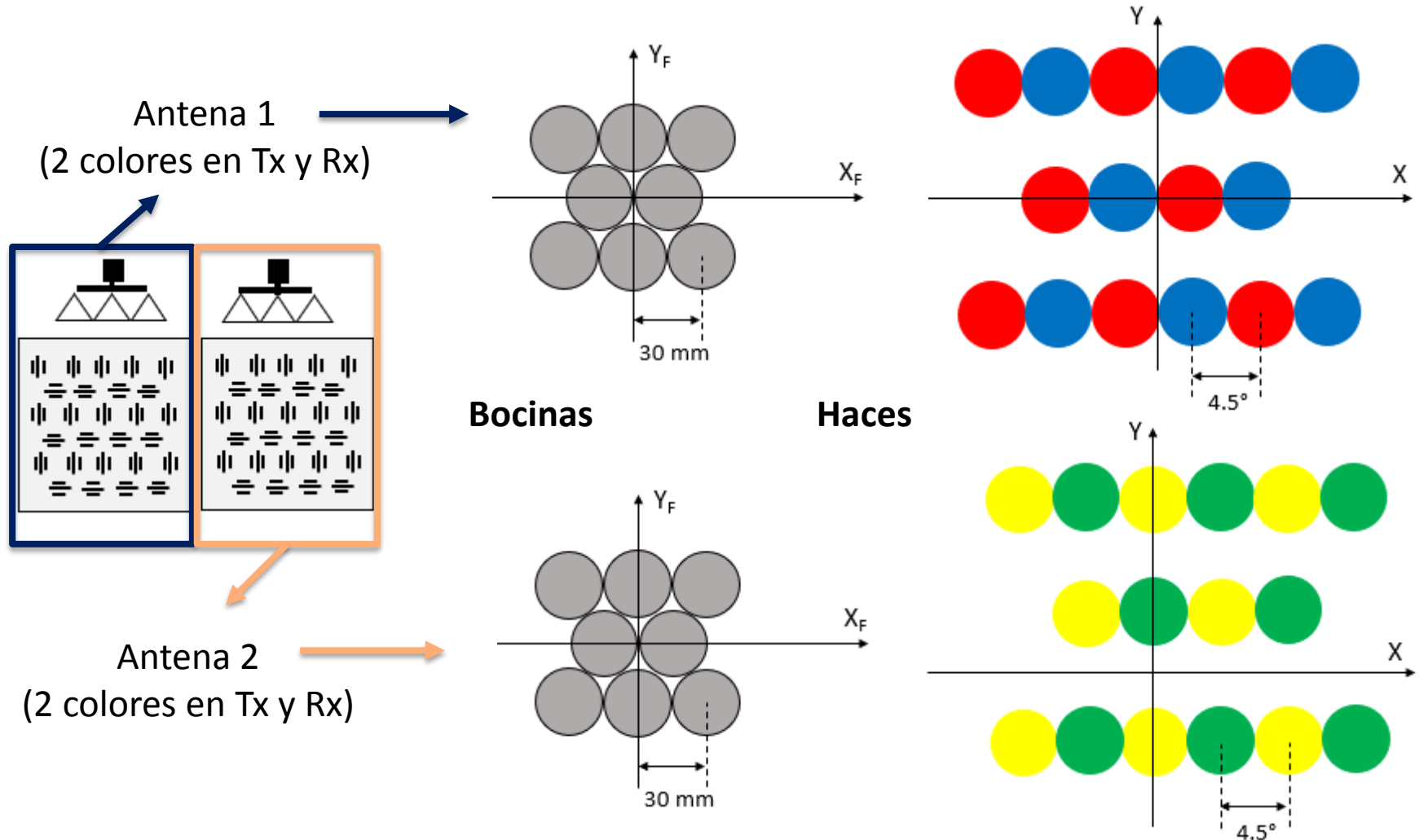
Diseño de la antena multi-haz (II)

- **Problema:** separación demasiado pequeña entre haces adyacentes de la cobertura (igual que en satélites de comunicaciones). La separación entre haces generados por bocinas adyacentes es el doble de la requerida (9° en lugar de 4.5°). El diseño con **dos polarizaciones** permite compensarlo en un plano, desplazando los haces 4.5° .
- **Solución:** utilizar dos antenas, cada una de ellas generando la mitad de la cobertura (2 colores) tanto en Tx como en Rx. El uso de reflectarrays permite reducir a la mitad el número de antenas respecto a un sistema convencional (4 antenas).



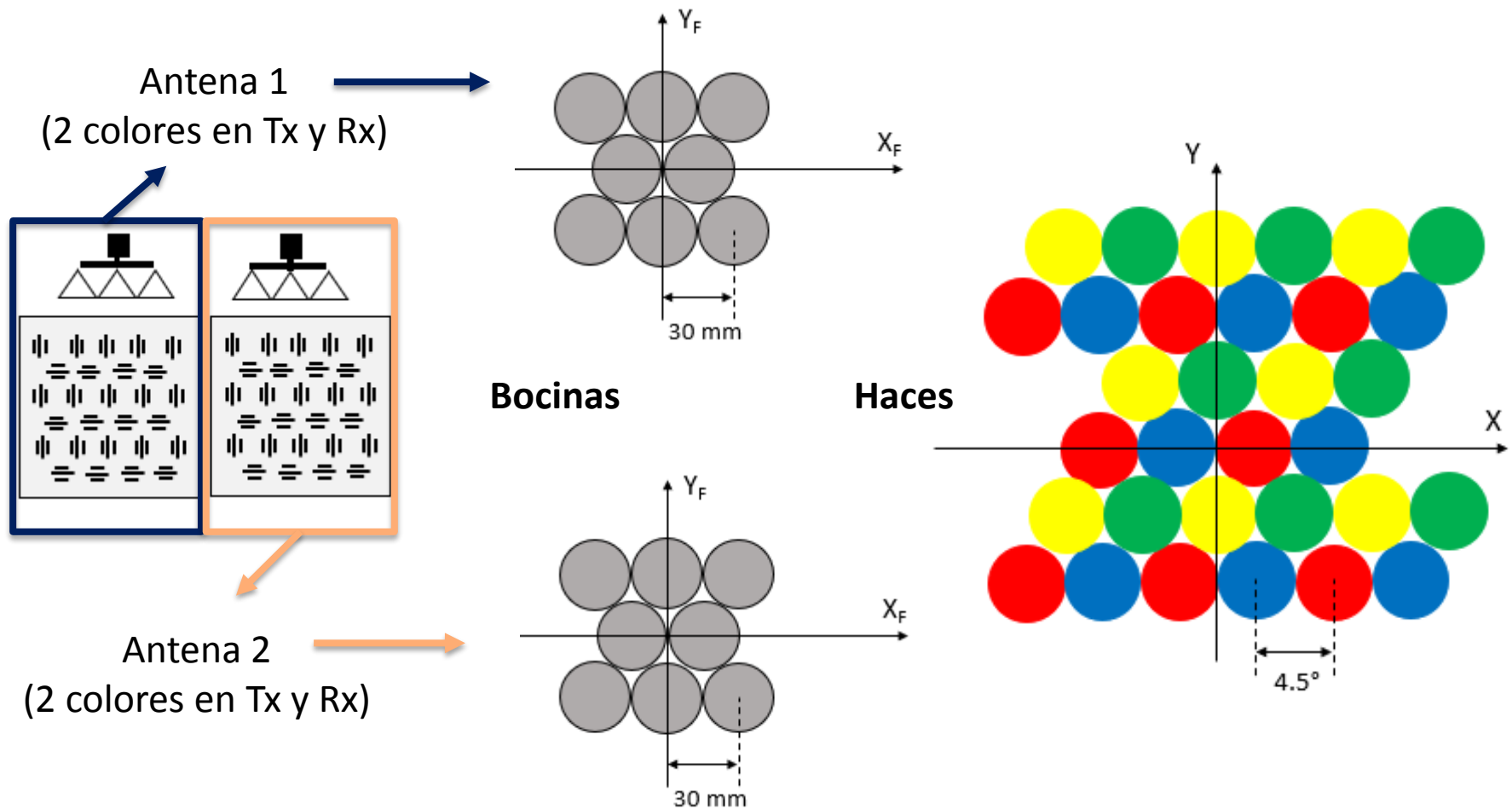


Diseño de la antena multi-haz (III)





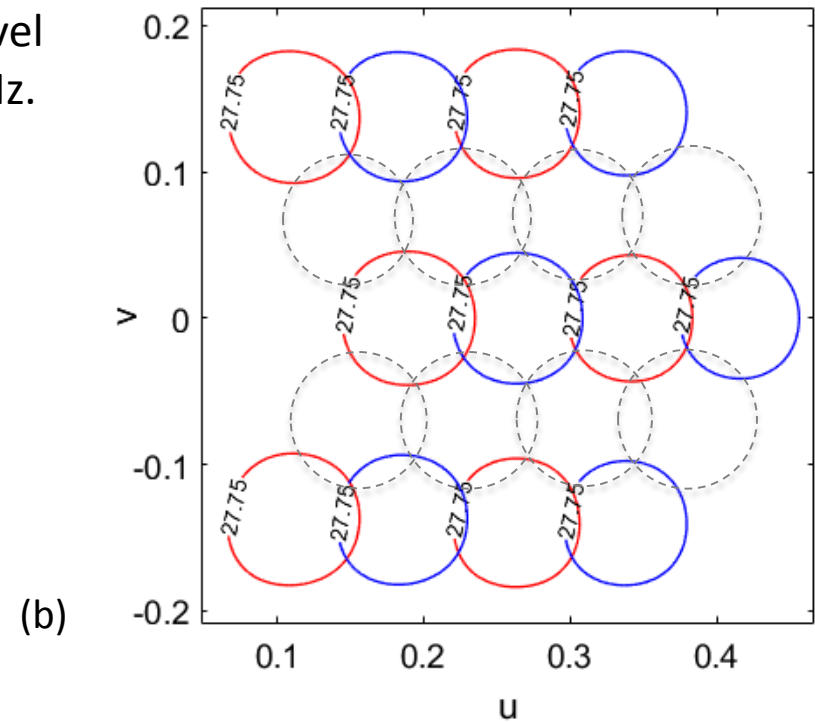
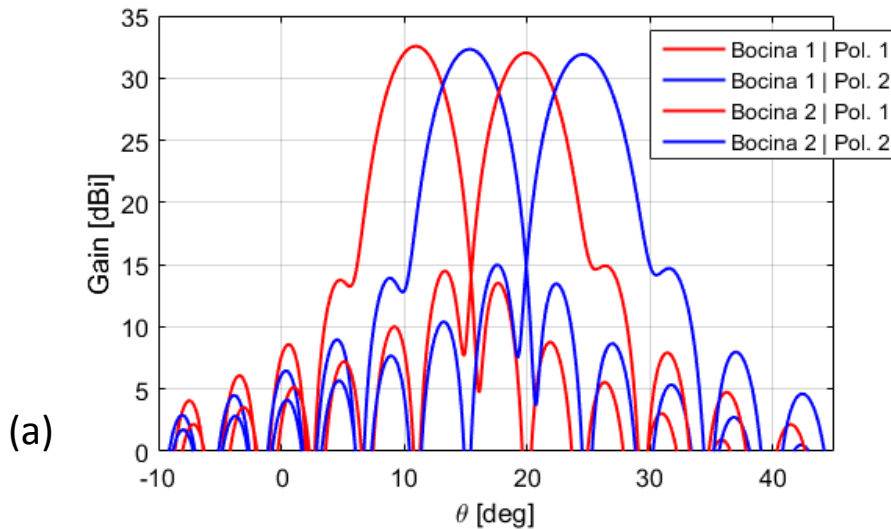
Diseño de la antena multi-haz (III)





Diseño de la antena multi-haz (IV)

- El diseño de la **Antena 1** cumple con las especificaciones de ganancia (>30 dBi) y nivel de lóbulos secundarios (<-15 dB) a 28 y 31 GHz.

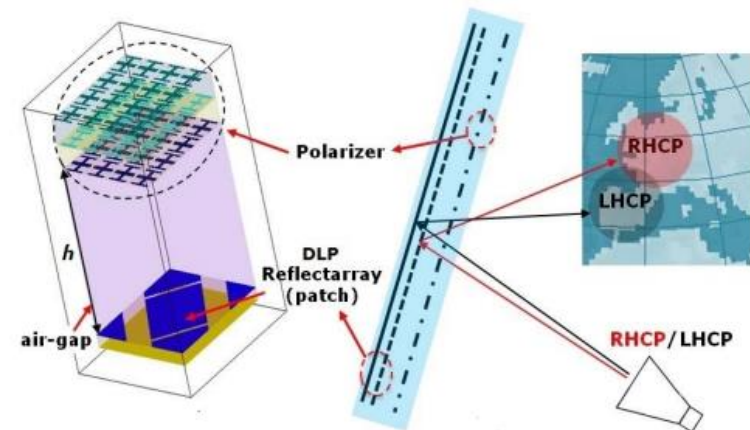
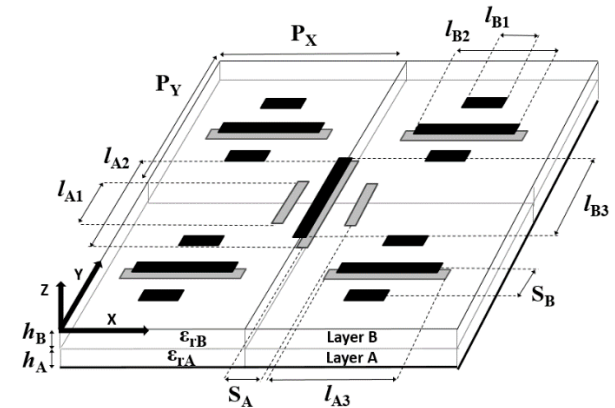


Diagramas de radiación a 28 GHz de la Antena 1: (a) corte en el plano $v=0$ y (b) contornos de los haces a 27.75 dBi de ganancia



Elección del elemento reflectarray

- En este trabajo se han supuesto **elementos ideales** (sin pérdidas ni errores de fase).
- La elección del elemento reflectarray se llevará a cabo de acuerdo con los **requisitos de la antena** (operación a 28 y 31 GHz en doble polarización).
- En el caso de operar en **polarización lineal**, podría utilizarse un elemento basado en agrupaciones ortogonales de dipolos.
- En el caso de operar en **polarización circular**, podría utilizarse un elemento más complejo o bien aplicar la técnica de rotación variable.





04 CONCLUSIONES



Conclusiones

- Las **plataformas a gran altura**, o **HAPS**, son vehículos aéreos situados en la estratosfera que al ser integrados en una red de comunicaciones permiten ofrecer un elevado número de servicios.
- Las **antenas para HAPS** deben cumplir una serie de requisitos: peso y volumen reducidos, alta eficiencia de radiación, generación de haces múltiples, etc.
- Las **antenas reflectoras planas en tecnología impresa**, o **antenas reflectarray**, podrían ser un candidato interesante para los HAPS: alta ganancia y eficiencia de radiación, generación de haces múltiples con un único alimentador, superficie plana, bajo coste de fabricación, etc.
- Se ha presentado el diseño preliminar de una **antena multi-haz para HAPS**, empleando dos reflectarrays de tamaño 15 cm x 15 cm capaces de generar una **cobertura celular de 4 colores** (celdas de 2 km de diámetro) a 28 y 31 GHz operando en doble polarización.



Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad a través del proyecto:

TEC2016-75103-C2-1-R

y por el Gobierno de la Comunidad de Madrid, a través del proyecto:

SPADERADAR-CM (P2013/ICE-3000)



¡Gracias!

#conama2018