

# Diseño de antenas RFID en sustratos de papel

Ángel Anta Félix

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Mención en Sistemas de Telecomunicación

Enero de 2020

# Índice

---

- Contexto y justificación del trabajo
  - Objetivos
  - Estado del arte
  - Parámetros principales de las antenas
  - Análisis de antenas RFID
  - Propuesta de diseño y simulación de antena RFID sobre sustrato de papel
  - Optimización y diseño de la antena propuesta
  - Conclusiones
  - Líneas futuras
-

# Introducción

## Contexto



# Introducción

## Objetivos

- Estado del arte
  - Reglas de diseño
  - Reproducción de resultados de antenas conocidas
  - Diseñar una antena RFID
  - Optimizar la antena
-

# Estado del arte

## Concepto

“Cualquier método de identificación única de artículos usando ondas de radio”



# Estado del arte

## Arquitectura y componentes

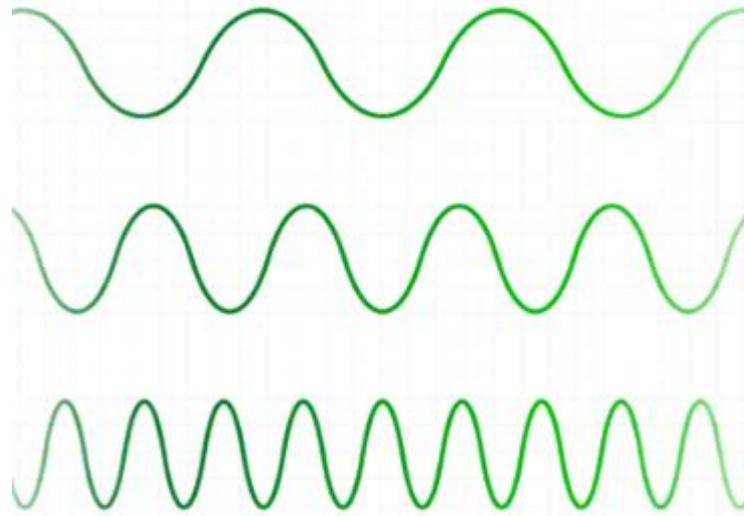
- Etiqueta RFID
- Controlador
- Lector
- Middleware



# Estado del arte

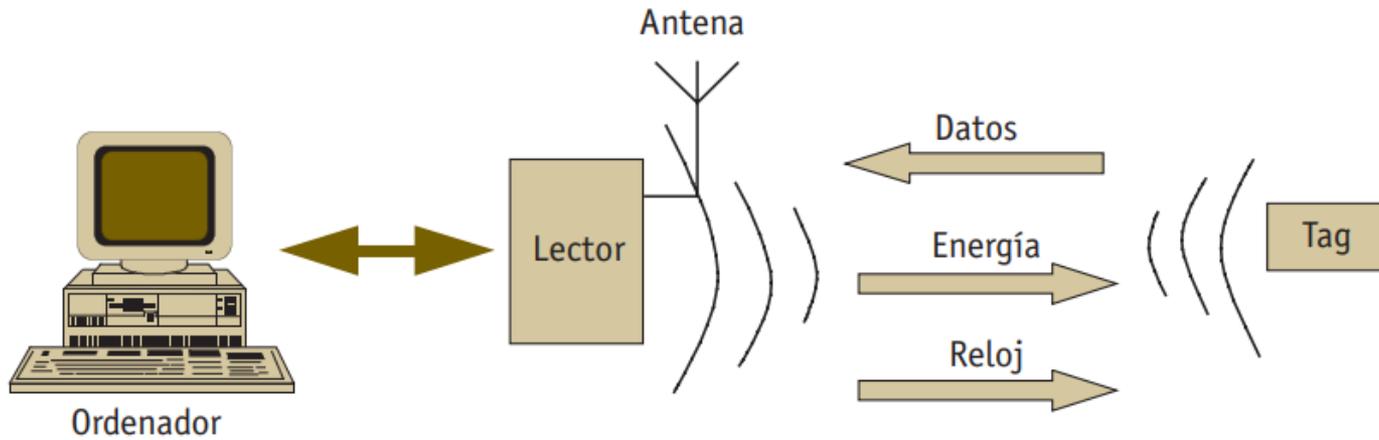
## Frecuencias utilizadas

- Baja Frecuencia (LF)
- Alta Frecuencia (HF)
- Ultra Alta Frecuencia (UHF)
- Frecuencia de Microondas o Super Alta Frecuencia (SHF)



# Estado del arte

## Funcionamiento



# Estado del arte

## Entidades reguladoras

- ISO



International  
Organization for  
Standardization

- IEC



International  
Electrotechnical  
Commission

- ASTM International



ASTM  
INTERNATIONAL

- EPCglobal



# Estado del arte

## Ejemplos de aplicaciones

- Transporte y distribución



- Empaquetado de artículos



- Seguridad y control de accesos



- Gestión de bibliotecas



# Estado del arte

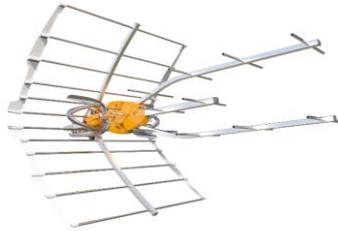
## Beneficios de la tecnología RFID

- Lectura múltiple
- Sin visión directa
- Etiqueta única
- Gran distancia de lectura
- Alta velocidad de lectura de datos
- Larga vida útil
- Gran capacidad de memoria
- Convivencia con otras tecnologías
- Funcionamiento independiente de polvo o suciedad
- Difíciles de falsificar

# Estado del arte

## Tipos de antenas

### Polarizadas linealmente



### Polarizadas circularmente



### Dipolo



### Array de antenas



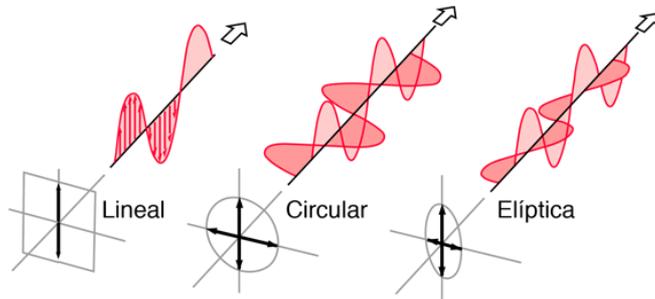
# Estado del arte

## Papel como sustrato



# Parámetros principales de las antenas

- Polarización

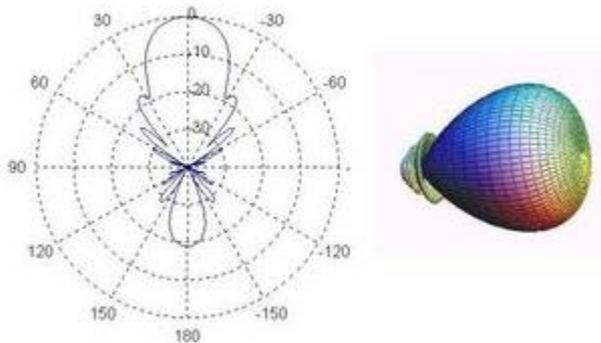


- Eficiencia de radiación y de antena

$$\eta_r = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{\Omega}}$$

$$\eta_a = \eta_r \cdot (1 - |S_{11}|^2)$$

- Diagrama de radiación



- Coeficiente de reflexión

$$S_{11} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad S_{11}(dB) \in (-\infty, 0)$$

# Parámetros principales de las antenas

- Ancho de banda

Margen de frecuencias  
donde la antena opera de  
forma correcta

- Ganancia

$$G(\theta, \varphi) = D(\theta, \varphi) \cdot \eta_r$$

- Directividad

$$D(\theta, \varphi) = \frac{\vartheta(\theta, \varphi)}{\frac{P_r}{4\pi r^2}}$$

- Área efectiva

$$A_{eff}(\theta, \varphi) = \frac{P_{load}}{\vartheta(\theta, \varphi)}$$

## Parámetros del sustrato y rango de lectura

- Constante dieléctrica

$$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

- Tangente de pérdidas

$$\tan \delta = \frac{\sigma}{\omega \cdot \epsilon}$$

- Rango de lectura

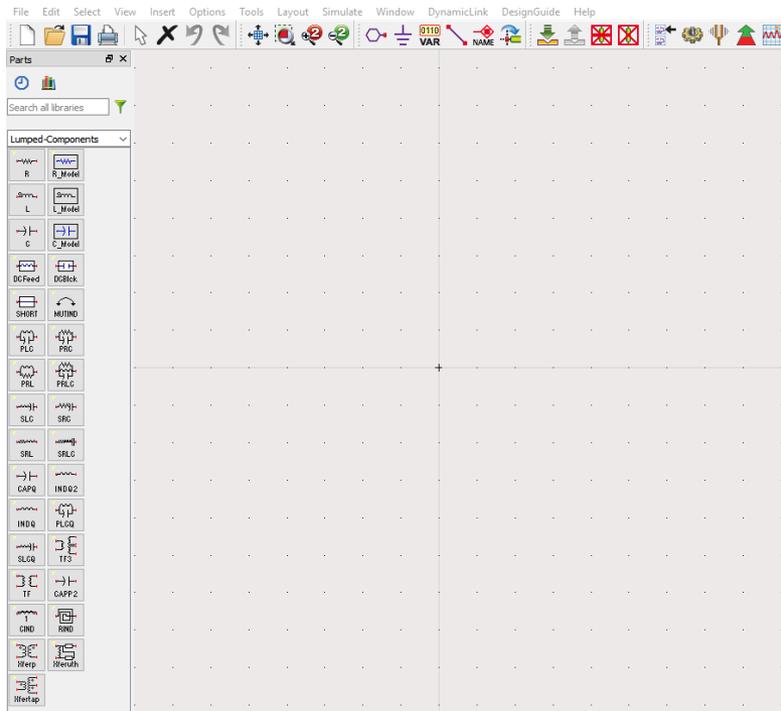
$$R_{forward} = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \sqrt{\frac{P_{TX} G_{reader} G_{tag}}{P_{min,tag}}}$$

$$R_{return} = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot \sqrt[4]{\frac{P_{TX} T_b G_{reader}^2 G_{tag}^2}{P_{min,rdr}}}$$

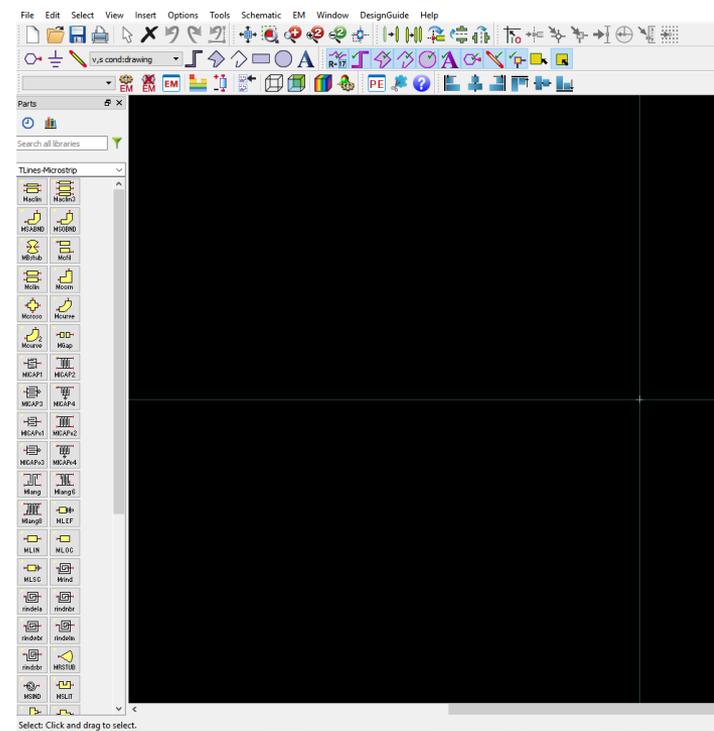
# Análisis de antenas RFID

## Advanced Design System (ADS)

- Espacio esquemático



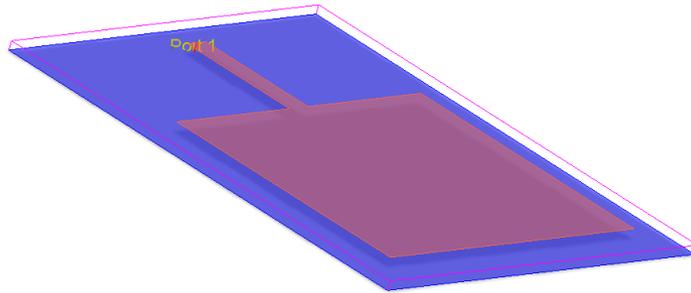
- Espacio de diseño o layout



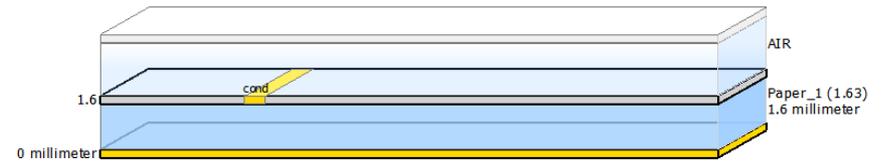
# Análisis de antenas RFID

## Antena tipo parche

- Diseño



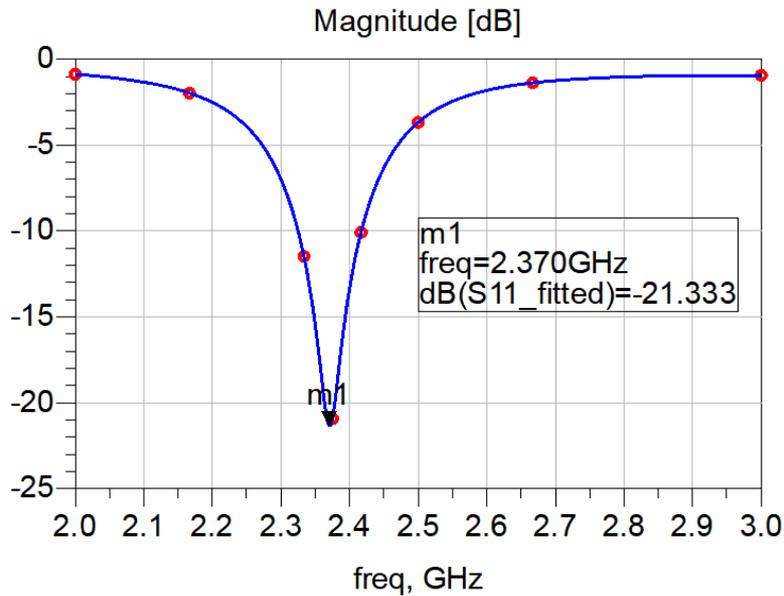
- Sustrato



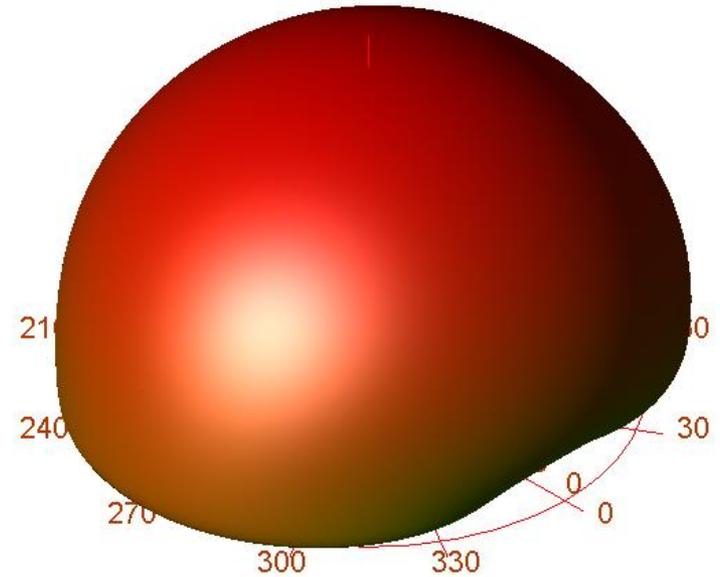
# Análisis de antenas RFID

## Antena tipo parche

- Coeficiente de reflexión



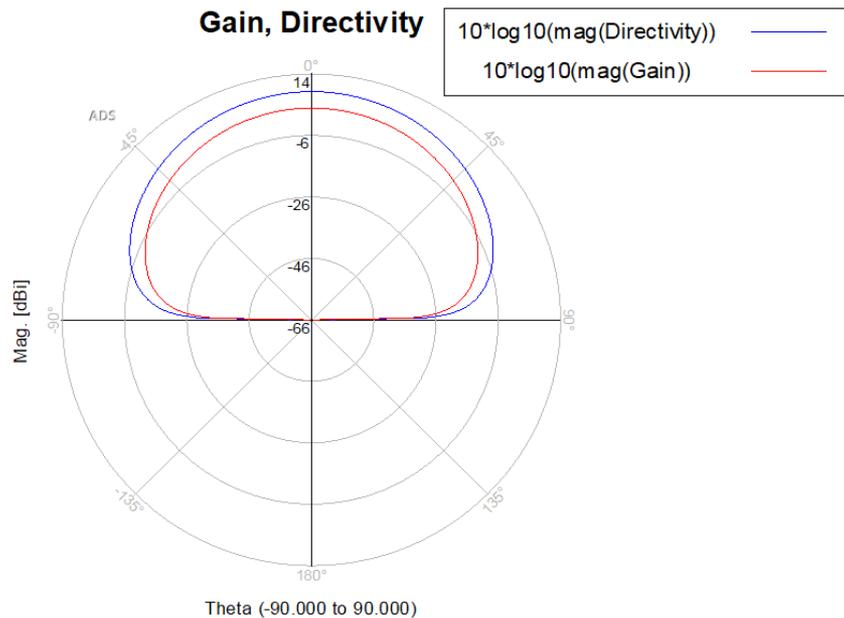
- Diagrama de radiación 3D



# Análisis de antenas RFID

## Antena tipo parche

- Diagrama de radiación 2D
- Resultados

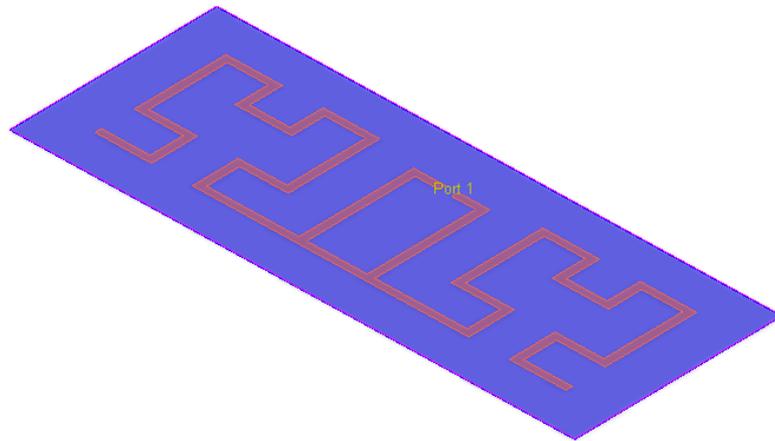


Frequency (GHz)	2.375
Input power (Watts)	0.00248167
Radiated power (Watts)	0.000728326
Directivity(dBi)	8.2294
Gain (dBi)	2.90522
Radiation efficiency (%)	29.3483

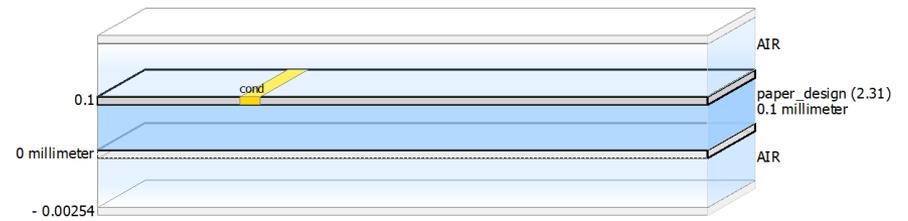
# Análisis de antenas RFID

## Antena dipolo sobre sustrato de papel

- Diseño



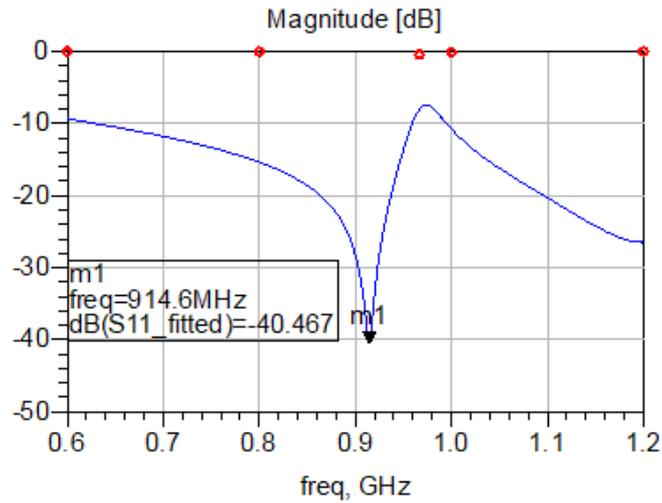
- Sustrato



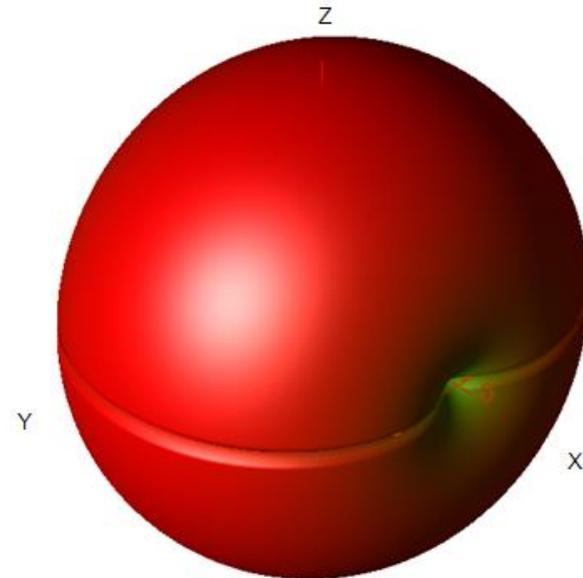
# Análisis de antenas RFID

## Antena dipolo sobre sustrato de papel

- Coeficiente de reflexión



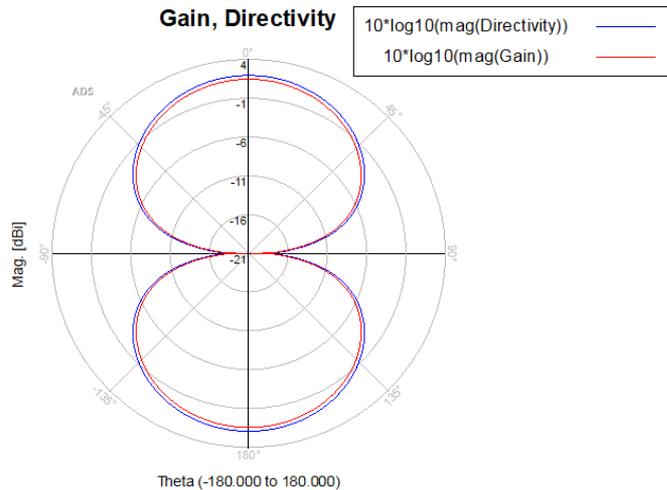
- Diagrama de radiación 3D



# Análisis de antenas RFID

## Antena dipolo sobre sustrato de papel

- Diagrama de radiación 2D



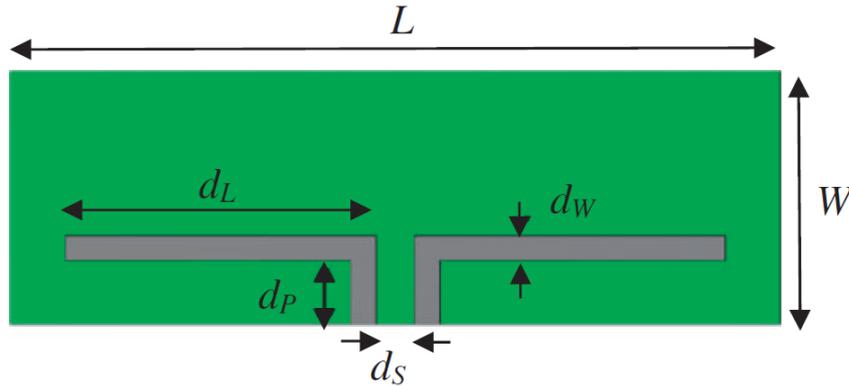
- Resultados

Frequency (GHz)	0.9146
Input power (Watts)	0.000154453
Radiated power (Watts)	0.000137617
Directivity(dBi)	1.93758
Gain (dBi)	1.43633
Radiation efficiency (%)	89.0994
Maximum intensity (Watts/Steradian)	1.71089e-05
Effective angle (Steradians)	8.04362

# Análisis de antenas RFID

## Antena dipolo sobre sustrato de algodón

- Diseño



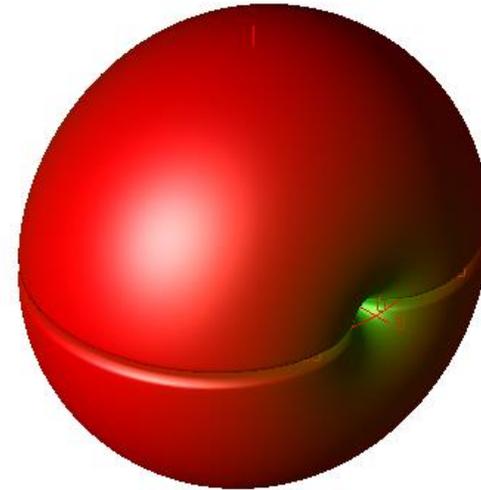
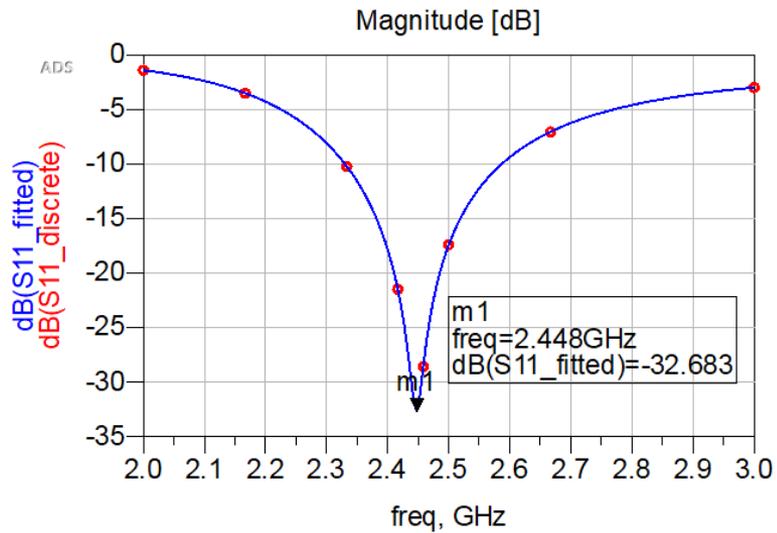
- Sustrato



# Análisis de antenas RFID

Antena dipolo sobre sustrato de algodón

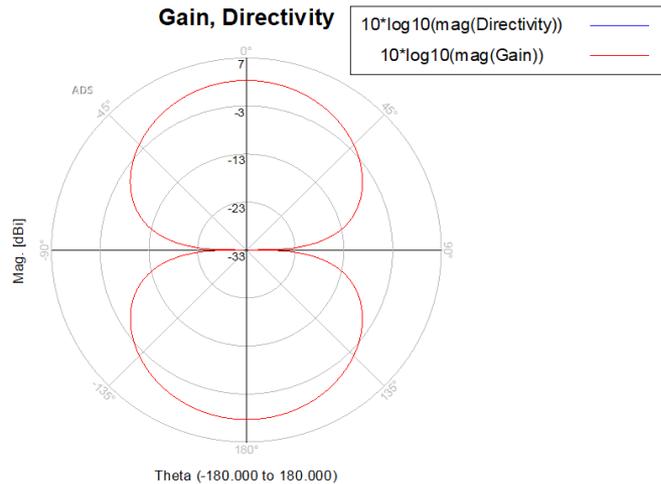
- Coeficiente de reflexión
- Diagrama de radiación 3D



# Análisis de antenas RFID

## Antena dipolo sobre sustrato de algodón

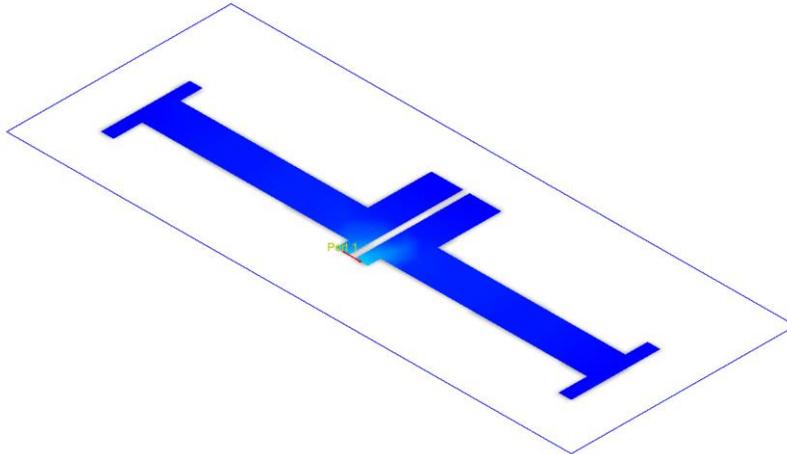
- Diagrama de radiación 2D
- Resultados



Frequency (GHz)	2.448
Input power (Watts)	0.00270893
Radiated power (Watts)	0.00270893
Directivity(dBi)	2.28177
Gain (dBi)	2.28177
Radiation efficiency (%)	100
Maximum intensity (Watts/Steradian)	0.000364556
Effective angle (Steradians)	7.43076

# Propuesta de diseño y simulación de antena RFID sobre sustrato de papel

- Diseño

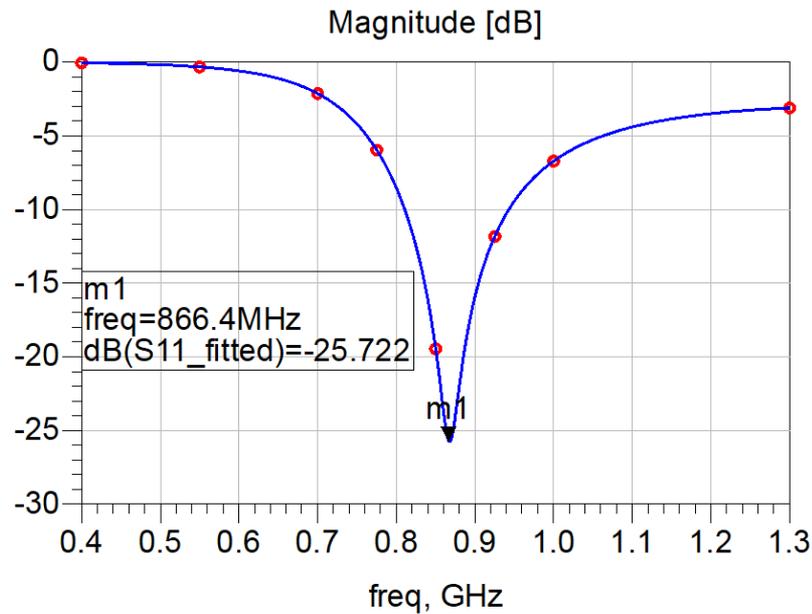


- Sustrato

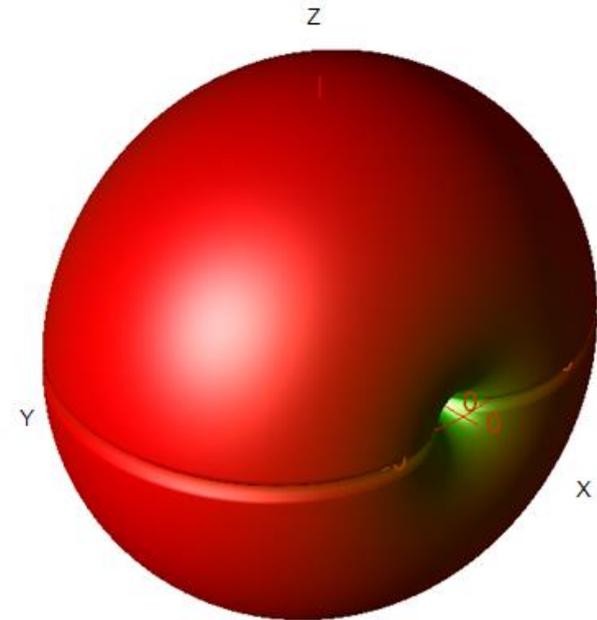


# Propuesta de diseño y simulación de antena RFID sobre sustrato de papel

- Coeficiente de reflexión

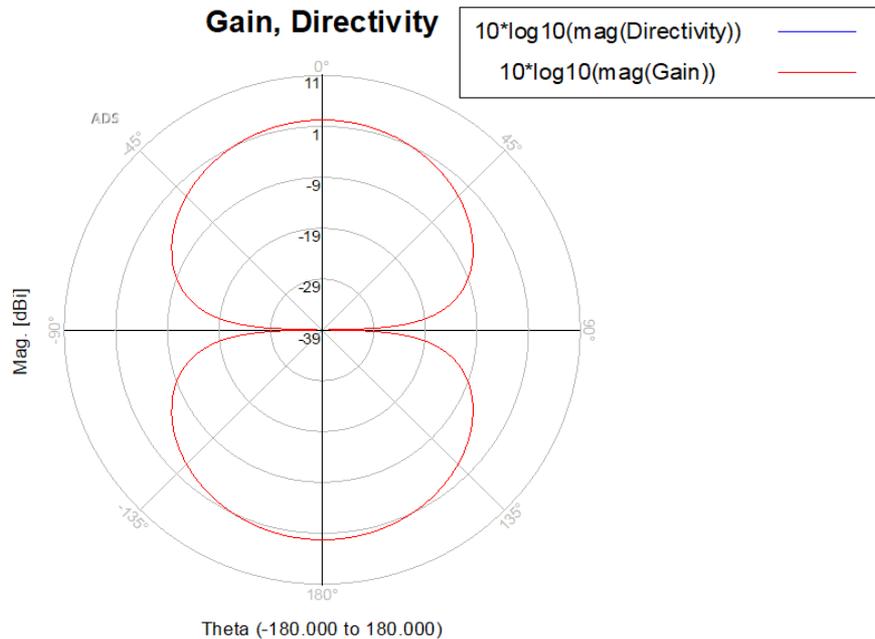


- Diagrama de radiación



# Propuesta de diseño y simulación de antena RFID sobre sustrato de papel

- Diagrama de radiación 2D



- Resultados

Frequency (GHz)	0.8664
Input power (Watts)	0.00261684
Radiated power (Watts)	0.00261684
Directivity(dBi)	2.17767
Gain (dBi)	2.17767
Radiation efficiency (%)	100
Maximum intensity (Watts/Steradian)	0.000343822
Effective angle (Steradians)	7.61103

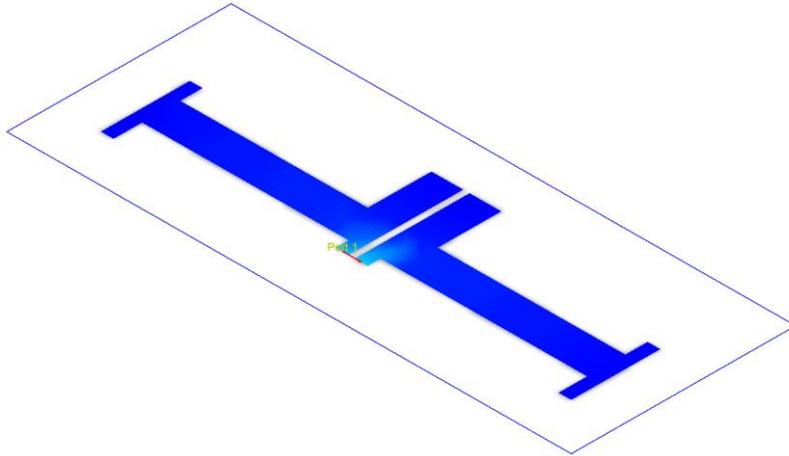
# Propuesta de diseño y simulación de antena RFID sobre sustrato de papel

## Resumen

- Antena RFID UHF para la región de Europa
- Frecuencia central de 866,4 MHz
- Dimensiones de 160mm x 50 mm x 0.1 mm
- Ganancia de 2,17 dBi
- Coeficiente de reflexión de -25,72 dB
- Ancho de banda de 120 MHz

# Optimización y diseño de la antena propuesta

- Diseño

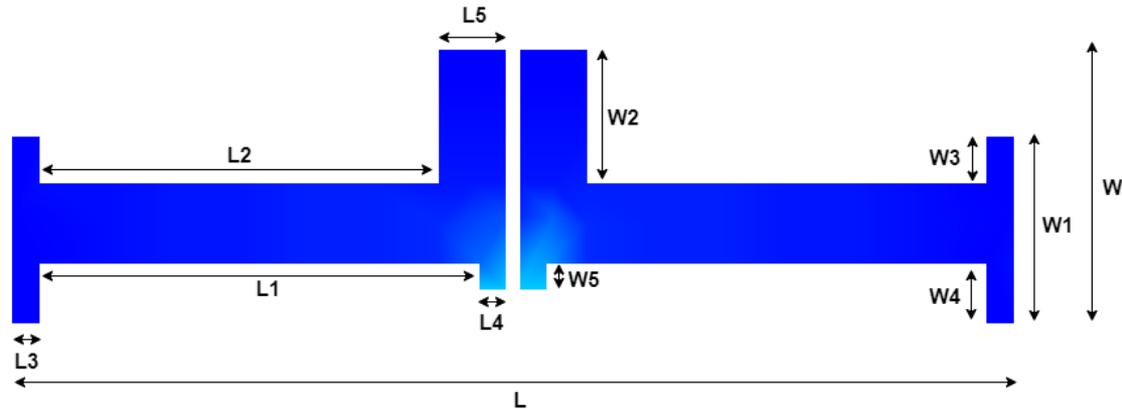


- Sustrato



# Optimización y diseño de la antena propuesta

## Comparativa de dimensiones



Antena original

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
L	148 mm	W	41 mm
L1	65 mm	W1	28 mm
L2	59 mm	W2	20 mm
L3	4 mm	W3	7 mm
L4	4 mm	W4	9 mm
L5	10 mm	W5	4 mm

Antena optimizada

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
L	60.5 mm	W	14.95 mm
L1	27 mm	W1	12.5 mm
L2	24.5 mm	W2	6 mm
L3	1.5 mm	W3	3.55 mm
L4	1.5 mm	W4	3.55 mm
L5	6 mm	W5	1.8 mm

# Optimizaci3n y dise1o de la antena propuesta

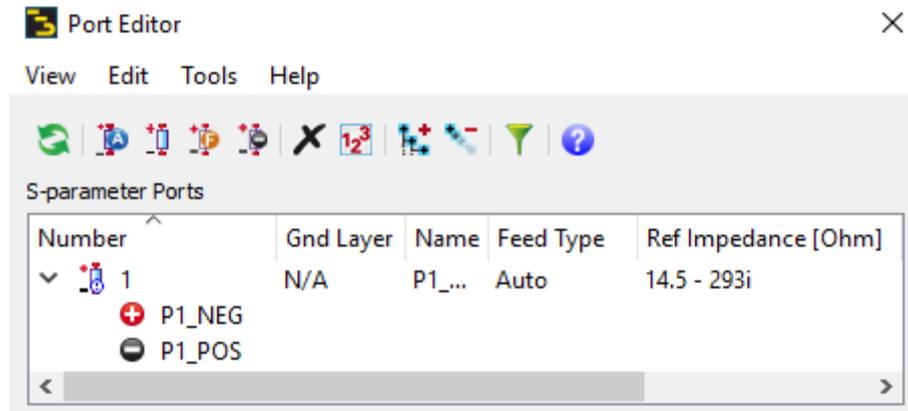
## Chip NXP UCODE 7

Table 13. UCODE 7 RF interface characteristics (RF1, RF2)

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Unit
$f_i$	input frequency			840	-	960	MHz
						-	
$P_{i(min)}$	minimum input power	READ sensitivity	[1][2][3]	-	-21	-	dBm
$P_{i(min)}$	minimum input power	WRITE sensitivity	[4]	-	-16	-	dBm
$t_{16bit}$	Encoding speed	16-bit	[5]	-	1	-	ms
		32-bit (block write)	[5]	-	1.8	-	ms
$C_i$	Chip input capacitance	parallel	[2][6]	-	0.63	-	pF
Z	Chip impedance	866 MHz	[2][6]	-	14.5-j293	-	$\Omega$
		915 MHz	[2][6]	-	12.5-j277	-	$\Omega$
		953 MHz	[2][6]	-	12.5-j267	-	$\Omega$
Z	Typical assembled impedance [7]	915MHz	[8]	-	18-j245	-	$\Omega$
Z	Typical assembled impedance [7] in case of single-slit antenna assembly	915MHz	[8][9]	-	13.5-j195	-	$\Omega$
$C_i$	Chip input capacitance, Large Pads	parallel	[2][6]	-	0.68	-	pF
Z	Chip impedance, Large Pads	866 MHz	[2][6]	-	12.6-j267	-	$\Omega$
		915 MHz	[2][6]	-	11.8-j254	-	$\Omega$
		953 MHz	[2][6]	-	11.5-j244	-	$\Omega$
<b>Tag Power Indicator mode</b>							
$P_{i(min)}$	minimum input power level to be able to select the tag		[4]	-	-15	-	dBm

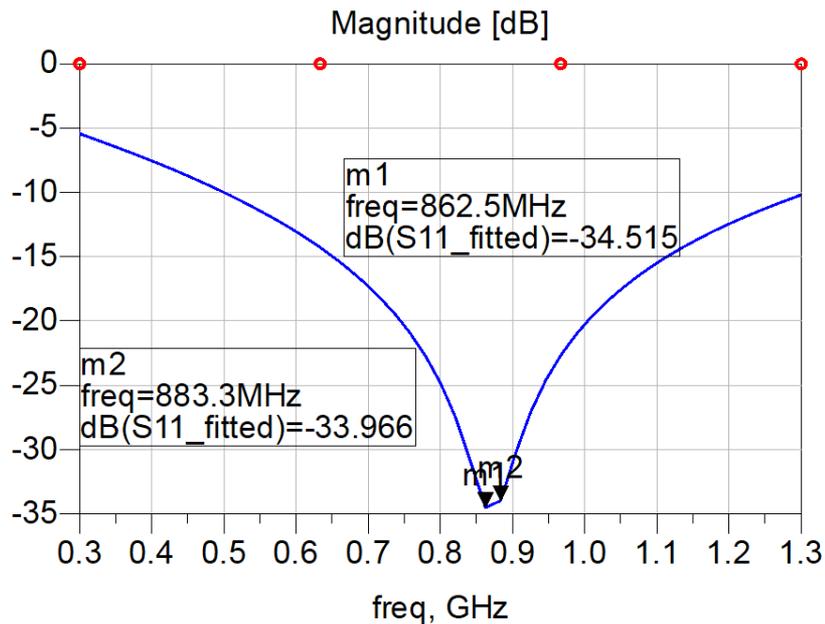
# Optimización y diseño de la antena propuesta

## Configuración impedancia del chip en ADS

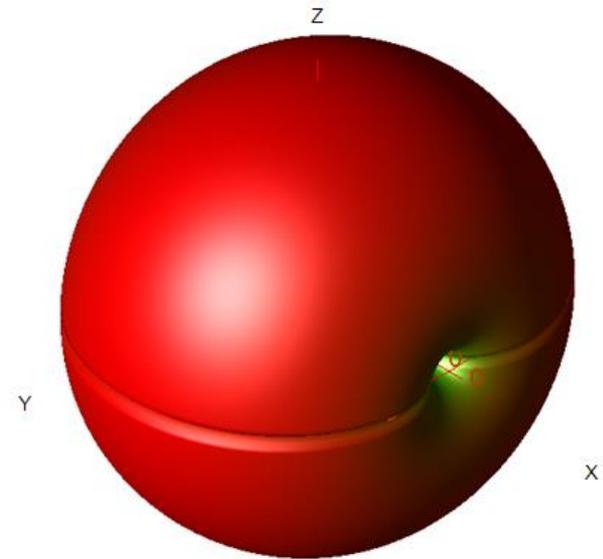


# Optimización y diseño de la antena propuesta

- Coeficiente de reflexión

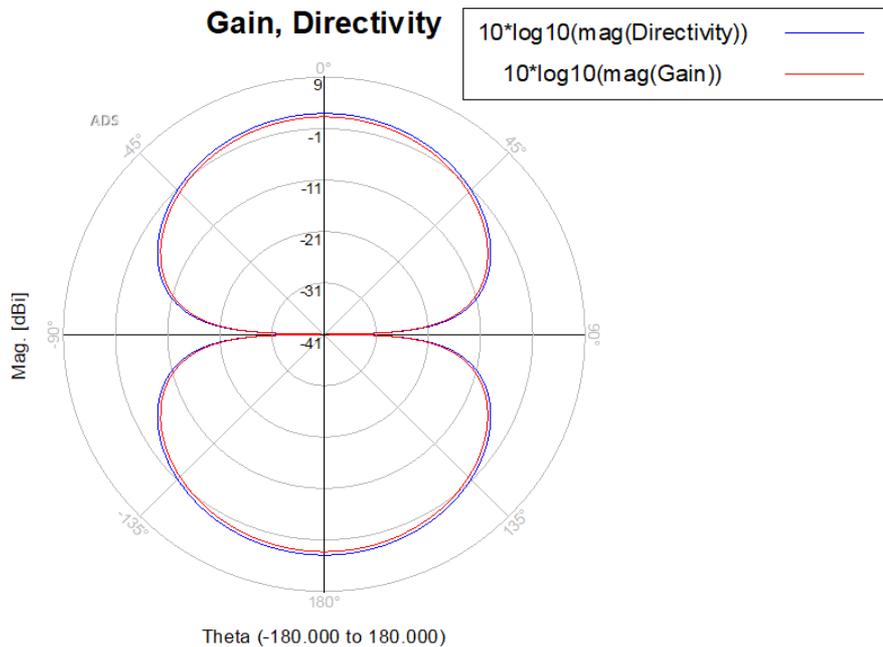


- Diagrama de radiación



# Optimización y diseño de la antena propuesta

- Diagrama de radiación 2D



- Resultados

Frequency (GHz)	0.8664
Input power (Watts)	2.33661e-05
Radiated power (Watts)	2.00959e-05
Directivity(dBi)	1.8477
Gain (dBi)	1.19293
Radiation efficiency (%)	86.0048
Maximum intensity (Watts/Steradian)	2.4472e-06
Effective angle (Steradians)	8.21182

# Optimización y diseño de la antena propuesta

Rango de lectura



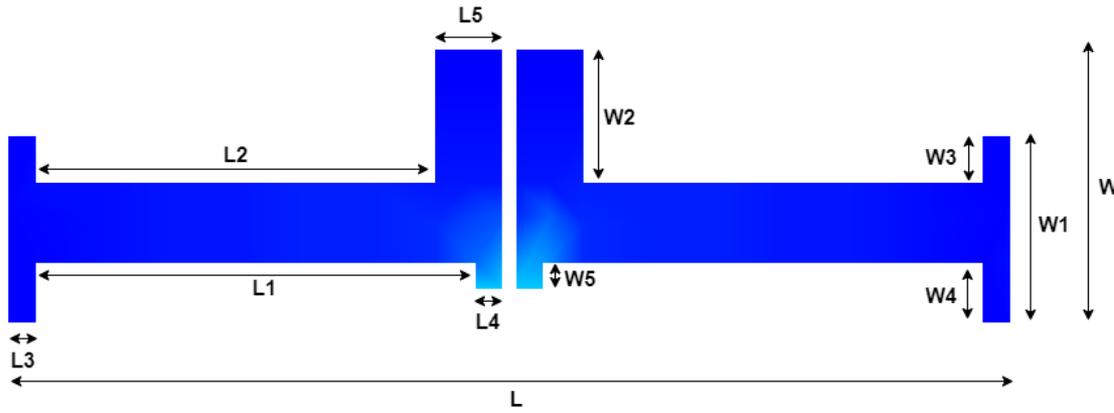
$$R_{forward} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{TX} G_r G_{tag}}{P_{min,tag}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{866.4 \cdot 10^6} \sqrt{\frac{1 \cdot 1.77 \cdot 1.31}{0.007943 \cdot 10^{-3}}} = 15,76 \text{ m}$$

# Optimización y diseño de la antena propuesta

## Resumen

- Antena RFID UHF para la región de Europa
- Frecuencia central de 866,4 MHz
- Dimensiones de antena de 160mm x 50 mm x 0.1 mm
- Dimensiones de chip de 0.490mm x 0.445mm
- Ganancia de 1,19 dBi
- Coeficiente de reflexión de -32,5 dB
- Eficiencia de radiación del 86%
- Ancho de banda de 800 MHz
- Alcance máximo de 15,76 metros

# Conclusiones



## Líneas futuras

- Reducción del ancho de banda de la antena.
- Fabricación de la antena.
- Realización de pruebas experimentales en un laboratorio.
- Realización de pruebas en entornos reales.

¡Gracias por su atención!

