

# Análisis de la Caracterización de los Identificadores por Radiofrecuencia RFID

Borja Becerril Dulce Lesly, Linares y Miranda R, Díaz Santos Fco. J., Garduño Medina J.A., García Rivero G., González Mijangos J.A. ESIME-Zacatenco

**E**ste artículo presenta el análisis de las características eléctricas y electromagnéticas de un sistema de identificación por radio frecuencia (RFID, *Radio Frequency IDentification*) y sus aplicaciones, así como las principales características, ventajas y desventajas de esta tecnología. Los sistemas de identificación por radio frecuencia se utilizan para la identificación de productos; su mayor aplicación esta en el control de inventarios en las tiendas de autoservicio, aunque actualmente se están desarrollando fuertemente en la identificación vehicular, y es esta aplicación en la que se basó este trabajo. Es de principal importancia conocer sus características para poder prevenir o corregir así los problemas de interferencia causado en y por los sistemas de identificación por radiofrecuencia.

**Palabras clave:** Radiofrecuencia, Identificadores, Lectores, Etiquetas, Tecnología activa, Tecnología pasiva, RFID.

## 1. INTRODUCCIÓN

RFID es una tecnología que posee dos ventajas fundamentales: una gran capacidad para almacenar información y la posibilidad de capturar esa información sin necesidad de contacto físico ni visual entre el portador de los datos (etiqueta) y un dispositivo lector; en general, estos sistemas permiten recoger y almacenar electrónicamente la información, la cual puede ser empleada solo para identificación o bien para ser enlazada con una base de datos para una posterior utilización como es el caso del control vehicular.

Los sistemas RFID (identificadores por radiofrecuencia) están formados por los siguientes elementos básicos, estos se muestran en la **Figura 1**.

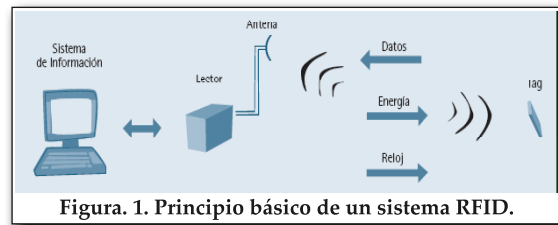


Figura 1. Principio básico de un sistema RFID.

- Un circuito integrado con antena o etiqueta inteligente, colocado en el objeto a identificar; en este caso, el parabrisas del auto constituye el dispositivo de transporte de datos del sistema RFID, que está compuesto por un sistema base de lectura y una antena que transmite la información. Estas pueden incluir un circuito electrónico con suministro propio de energía (dispositivo activo); o bien recibir energía de la señal de radio para transmitir los datos que se encuentran en su memoria (dispositivo pasivo); también existen dispositivos con batería que solo utilizan para dar energía al circuito integrado y no para la transmisión (dispositivo semi-pasivo).

- El lector RFID que, dependiendo de la tecnología utilizada y de la aplicación, puede ser un dispositivo sólo de lectura con una única reprogramación de usuario, o de lectura / escritura, que permite múltiples reprogramaciones de usuario y recupera dicha información de manera remota, múltiple y sin necesidad de línea visual para generar su función. El lector contiene un módulo de acoplamiento por radiofrecuencia con las etiquetas a través de una antena (transmisor y receptor), una unidad de control y una terminal serial RS232, RS485 o infrarrojo para la comunicación con un panel de control o una computadora. Esto proporciona una mayor seguridad en los datos, ya que permite aplicar algoritmos de detección y corrección de errores, de autenticación y encriptación; también existen mecanismos anticolidión que permiten realizar múltiples lecturas de forma simultánea.

Los dispositivos de los que depende la tecnología para esta aplicación son los siguientes:

- Sensor de masa metálica.
- Barreras ópticas.
- Sensor de altura.
- Video cámara.
- Antena RFID.
- Contadores de ejes.
- Contadores de ruedas dobles.
- Semáforos.
- Cartelera variable.

Un esquema de la tecnología de identificación por radiofrecuencia para la aplicación de identificación vehicular se muestra en la **Figura 2**.



**Figura 2. Identificación vehicular con tecnología RFID.**

Las principales ventajas de utilizar esta tecnología para la identificación vehicular son:

- Operación manos libres, sin detención.
- Reducción del tráfico en entradas y salidas.
- Mayor seguridad personal.
- Control de la autorización de seguridad mediante identificación.
- Accesible en precio, fácil instalación y mantenimiento.
- Procesamiento automático en puertas remotas o sin atención de personal.
- Rastreo automático del inventario.
- Sistema flexible que se adecua a los requerimientos en cuanto a distancia y velocidad.
- Disminución de emisiones, ya que el vehículo pasa por las entradas o portales sin detenerse ni encender el vehículo nuevamente.

## 2. MÉTODO

Como continuación del proceso de caracterización de un sistema RFID se efectuaron pruebas de campo y laboratorio (cámara anecoica), mostrando el esquema de

Parámetro	Nominales	Medidos
<b>Impedancia</b>	<b>50 Ohms</b>	<b>50 Ohms ±2 Ohms</b>
<b>ROE, Relación de onda estacionaria (SWR)</b>	<b>1.1</b>	<b>1.3 ±0.3</b>
<b>Ganancia</b>	<b>12 dBi</b>	<b>12 dBi ±2 dBi</b>

Tabla 1. Parámetros de lectoras de la tecnología RFID.

calibración. La medición de los parámetros eléctricos y electromagnéticos se realizó con la calibración del sitio de pruebas a 2 m de distancia entre antenas, parámetros de transmisión S21 y potencia de 0 dB.

Las mediciones que se efectuaron fueron las pruebas de velocidad con intervalos de 40 a 60 Km/h y de 80 a 120 Km/h; esto fue para verificar el funcionamiento de los sistemas bajo operación real, así como la comprobación del área de cobertura en la cual las lecturas del sistema RFID son correctas. De igual forma se realizaron pruebas de inmunidad a campos electromagnéticos, con el fin de conocer los niveles de potencia que pueden llegar a afectar el correcto funcionamiento del sistema.

De las mediciones presentadas en el artículo:

- Impedancia.
- Ganancia.
- Patrón de radiación.
- Directividad.
- Polarización.

podemos definir la interpretación con respecto a la aplicación de identificación vehicular, lo cual se muestra en los resultados del presente artículo.

Parámetros	Nominal	Medida
<b>Impedancia</b>	<b>50 Ohms</b>	<b>50 Ohms ±2 Ohms</b>
<b>Potencia</b>	<b>30 dBm (1 Watt)</b>	<b>32.5 dBm ±1 dBm</b>

Tabla 2. Parámetros de los cables coaxiales utilizados para la conexión lector-antena de la tecnología RFID.

Parámetro	Valor Nominal	Medida
Impedancia	50 Ohms	50 Ohms $\pm 2$ Ohms
Pérdidas	0.1 dB/m	0.12 dB/m $\pm 0.02$ dB/m

Tabla 3. Parámetros de la antena de tipo parche para lectoras de la tecnología RFID.

Parámetro	Nominales	Medidos
Impedancia	50 Ohms	50 Ohms
ROE, Relación de onda estacionaria	1.1	1.3 $\pm 2$
Ganancia	6 dBi	6 dBi $\pm 1$ dBi

Tabla 4. Parámetros de la antena de tipo yagi para lectoras de la tecnología RFID.

Los datos de parámetros eléctricos obtenidos en las pruebas se presentan en las **tablas 3 y 4**.

El montaje para las pruebas mencionadas se muestra en la **Figura 3**; se colocó el sistema RFID en el sitio de pruebas con una estructura para la antena a 3.5 m de altura y 20° de inclinación con respecto a la horizontal.

### 3. DISTRIBUCIÓN DE LA SEÑAL RADIOELÉCTRICA

El procedimiento consistió en marcar un sistema de coordenadas X, Y en el sitio destinado para pruebas en espacio libre, cubriendo un área de 8 por 12 m con divisiones cuadriculadas de 1m<sup>2</sup>; después se conectó la antena Hiperlog con un atenuador (para protección) de 40 dB al radioreceptor R&S y se hizo un barrido de frecuencia de 900 a 1000 MHz, colocando la antena en cada punto de prueba de acuerdo a las coordenadas trazadas, posteriormente tomar la lectura del radioreceptor, cuyos resultados se muestran en la **Figura 4**.

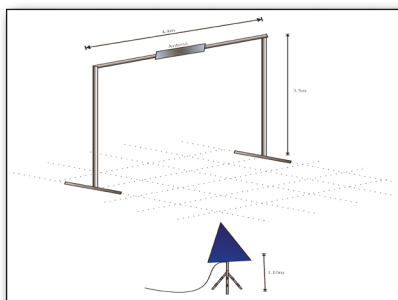


Figura 3. Colocación de la antena.

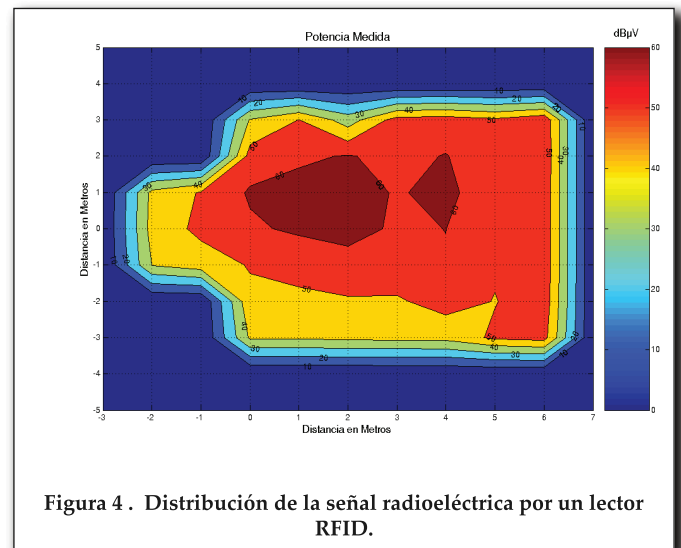


Figura 4. Distribución de la señal radioeléctrica por un lector RFID.

A partir de los datos obtenidos en la prueba es posible determinar la potencia emitida por el lector del sistema RFID. Para la medición fue utilizada una antena con un factor de 25 dB/m, un cable con una atenuación de 3 dB y un atenuador de protección de 40 dB; el campo eléctrico promedio máximo obtenido es de 123 dB  $\mu$ V/m. Aplicando la fórmula de Friis se obtiene aproximadamente la potencia emitida por el lector del sistema de RFID, de  $\approx 1.5 = 3.8$  dBm y la ganancia numérica de la antena es de  $4 \approx 6$  dB.

### 4. IDENTIFICACIÓN DE VEHÍCULOS

Los vehículos se hicieron pasar diez veces dentro de la zona iluminada por la antena del lector de la tecnología RFID. Los sistemas que se instalaron leyeron las etiquetas tanto a 40 km/h como a 60 km/h. En el primer caso se tuvieron repeticiones de lecturas de la etiqueta, máximas de 104 y mínimas de 32; en el segundo caso las repeticiones de lecturas máximas fueron de 82 y las mínimas de 20. Esto permite afirmar que el número de lecturas disminuye conforme aumenta la velocidad. El objetivo de esta prueba es la detección de las etiquetas cuando los vehículos circulan en la zona de iluminación de la antena a velocidades de 40 km/h y 60 km/h. Los resultados del número de lecturas registradas cada vez que el vehículo pasa por la zona de cobertura se muestran en la **Tabla 5**.

Los resultados de la **Tabla 5** se presentan en una gráfica de barras en la **Figura 5**, y la representación del promedio del número de lecturas se muestra en la **Figura 6**.

#Vueltas	40km/h	60km/h
1	59	54
2	64	58
3	67	61
4	67	56
5	67	62
6	47	39
7	35	33
8	30	39
9	33	32
10	37	40
Prom. No. de lecturas	$\bar{x} = 50.6$	$\bar{x} = 47.4$

Tabla 5. Número de lecturas de la etiqueta de tecnología RFID a la velocidad de 40Km/h y 60Km/h.

Una representación con mayor detalle de las lecturas registradas de las etiquetas respecto a las velocidades de 40 km/h y 60 km/h se llevó a cabo normalizando dichas lecturas y graficándolas para cada paso (muestras) del vehículo en la zona de cobertura de la antena del lector del sistema de RFID. Estas gráficas se muestran en la **Figura 7**, en donde la barra de color café indica la desviación estándar para un promedio de lecturas de 50.6 para 40 km/h y de 47.4 para 60 km/h.

Las pruebas de baja velocidad se repitieron en el intervalo de 80 a 160 Km/h, con el mismo procedimiento de medición, obteniendo resultados similares a los anteriores, es decir las lecturas fueron satisfactorias para esas velocidades.

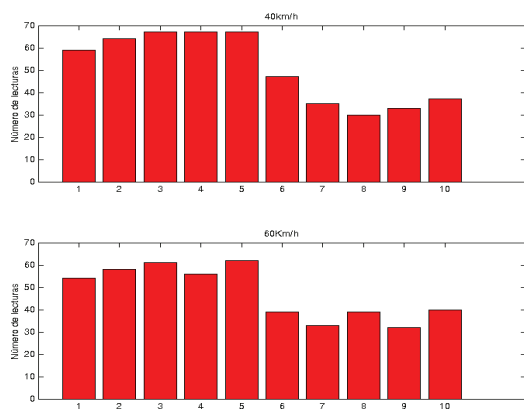


Figura 5. Gráfica del número de lecturas de la etiqueta de la tecnología RFID a velocidades de 40 km/h y 60 km/h.

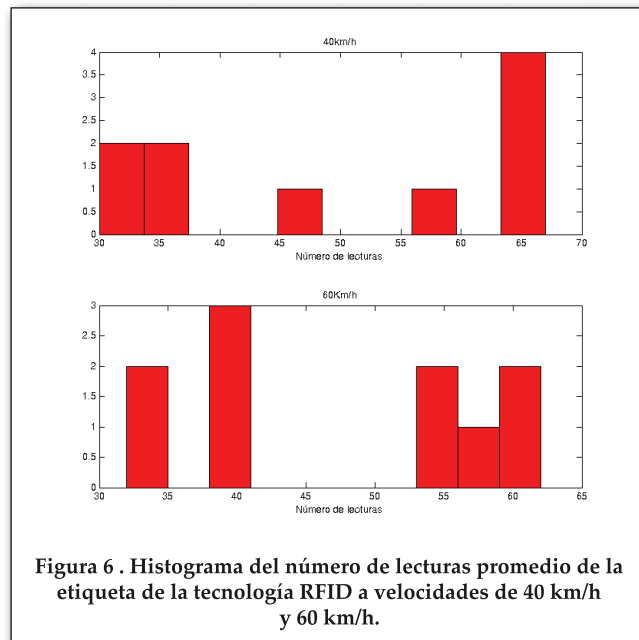


Figura 6. Histograma del número de lecturas promedio de la etiqueta de la tecnología RFID a velocidades de 40 km/h y 60 km/h.

### 5. FUNCIONALIDAD RESPECTO A SEÑALES INTERFERENTES

Uno de los problemas críticos en cualquier sistema de radiocomunicación es la interferencia y para el caso de la tecnología RFID, es importante analizarla con el objetivo de conocer los niveles de campo eléctrico al cual puede funcionar sin problema.

La medición del número de lecturas en presencia de una señal de interferencia se realiza para conocer que tan inmunes son los sistemas de identificación por radiofrecuencia, y que nivel de potencia se requiere para bloquearlos. El procedimiento de medición es el siguiente:

Se colocó la etiqueta en el simulador de parabrisas, ajustado a una altura de 80 cm del nivel del piso de la cámara anecoica, y se alineó una antena Hyperlog con la etiqueta a una distancia de 2.30 m. Se conectó la antena Hyperlog al generador de señales R&S 9 KHz-2.2 GHz SML 02, el cual se encuentra en el exterior de la cámara anecoica. Posteriormente se envió la señal de interferencia con el generador fijado a la frecuencia de operación del lector, variando la potencia con incrementos de 1 dBm, y se registró el número de lecturas realizadas por el lector; la variación de potencia se finaliza cuando el lector termina de registrar lecturas debido a la información de la etiqueta, en caso de que el lector deje de registrar lectura a 1 dBm se deberá disminuir la potencia a 0.1 dBm avanzando cada 0.1 dBm y registrar el valor de potencia a la cual ya no se registre lectura.

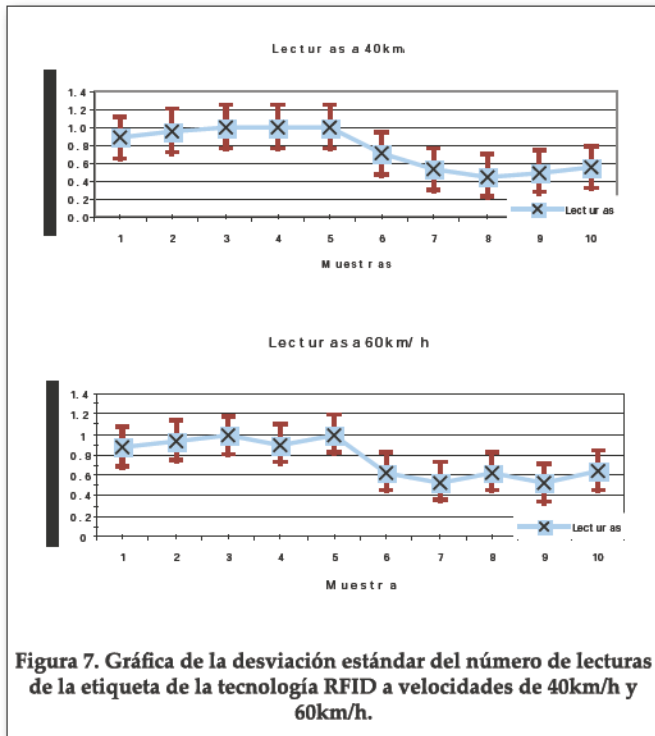


Figura 7. Gráfica de la desviación estándar del número de lecturas de la etiqueta de la tecnología RFID a velocidades de 40km/h y 60km/h.

En esta prueba se emitió una señal dirigida hacia la etiqueta con frecuencia igual a la de la portadora del sistema de RFID (915 MHz), con una separación entre fuente interferente y etiqueta de 0.5 metros. Para esto se utilizó un generador de radiofrecuencia con opción de modulación en AM y FM, una antena semi-logarítmica con ganancia de 5 dBi y factor de antena de 27 dB/m., mientras que el cable coaxial usado presentó una pérdida de 3 dB. Los niveles de campo eléctrico que mostraron un bloqueo a la respuesta de identificación de la etiqueta (número de lecturas) se muestran en la **Tabla 6**.

Los niveles a los cuales se interfiere la tecnología RFID pasiva están más allá de los límites especificados por las Normas Internacionales de Compatibilidad Electromagnética CISPR22, por lo que la tecnología pasiva RFID es segura de operar en un ambiente electromagnético típico de una ciudad donde se han reportado niveles considerables de potencia de radiación.

Para la tecnología RFID activa se probaron sistemas de 915 MHz y de 433 MHz, los cuales se sometieron a pruebas de alcance,

Sistema	P (PIRE)
1	42 $\mu$ W
2	39.4 $\mu$ W

Tabla 6. Potencia isotrópica radiada

potencia isotrópica radiada emitida por la etiqueta y nivel de campo eléctrico al cuál pueden ser interferidos. El

Sistema	Campo Eléctrico
1	86 dB $\mu$ V/m
2	94 dB $\mu$ V/m
3	96 dB $\mu$ V/m
4	90 dB $\mu$ V/m

Tabla 7. Señal interferente.

nivel de potencia isotrópica radiada se presenta en la siguiente tabla.

Con respecto al campo eléctrico de la señal interferente se consideró el mismo para ambas mediciones que es de 8.5 dB  $\mu$ V/m .

## 6. CONCLUSIONES

Como a cualquier sistema de radiocomunicación, uno de los problemas básicos que afecta a la tecnología RFID es la interferencia electromagnética; en este caso, los sistemas activos son más sensibles a interferencias en un promedio de 10 dB, lo que implica que pueden ser bloqueados para no identificar la etiqueta y además no requieren de fuentes interferentes direccionales, que es lo que se requiere para el caso de la tecnología pasiva.

Como conclusión general, la Tecnología RFID pasiva es adecuada para la aplicación de identificación vehicular, sobre todo con la estructura de instalación que se utilizó para las pruebas, ya que es robusta a interferencias y tiene una cobertura que puede cumplir con expectativas que se requieran.

### 6.1 TECNOLOGÍA RFID PASIVA

Para la tecnología pasiva se especificó un alcance típico de entre cuatro y siete metros; con una cobertura para las dimensiones normalizadas de un carril en carretera, los resultados indican que la tecnología RFID pasiva es factible de implementarse en la aplicación de identificación vehicular, siempre y cuando se respete la línea de vista lector-etiqueta. Las mediciones de las distancias de detección especificadas fueron satisfactorias e incluso se rebasaron, debido a que los sistemas utilizados presentaban potencias mayores a lo que especifican las normas internacionales para las bandas de frecuencia no licenciadas de 860 MHz - 960 MHz (>4W PIRE).

## 6.2 TECNOLOGÍA RFID ACTIVA

De acuerdo a los resultados de las pruebas, la tecnología RFID activa es factible para identificación vehicular. El alcance de esta tecnología es mayor de 50 m y no requiere de línea de vista, aunque las mediciones se realizaron a una distancia de 8 m. Todo esto se debe porque es una tecnología de radiofrecuencia de alta sensibilidad ( $>-75$  dBm).

## 7. REFERENCIAS

- [1] Klaus Finkenzeller, Giesecke y Devrient GmbH (2003) *RFID HANDBOOK Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, 2<sup>nd</sup> edition*, John Wiley & Sons, Gran Bretaña, ISBN 0-470-84402-7.
- [2] <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1323>
- [3] N. Raza.; V. Bradshaw.; M. Hague.( 25 Oct. 1999) "Applications of RFID technology," RFID Technology (Ref. No. 1999/123), IEE Colloquium Page(s):1/1 - 1/5
- [4] Design antenna Microchip Technology Inc DS00710c pag-14. pdf 2003
- [5] Radio Frequency Identification Technology (RFID) © IEE 2005
- [6] 2005, EM Microelectronic-Marin SA, [www.em-microelectronic.com](http://www.em-microelectronic.com), Pidhget web service