

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO VEHICULAR  
EMPLEANDO TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR  
RADIOFRECUENCIA PARA SU APLICACIÓN A CAMPO  
ABIERTO EN UNA EMPRESA MINERA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**MARKOS RAYNER JAVE BOBADILLA**

**PROMOCIÓN  
2004 - I**

**LIMA – PERÚ  
2010**

**SISTEMA DE CONTROL DE ACCESO VEHICULAR  
EMPLEANDO TECNOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN POR  
RADIOFRECUENCIA PARA SU APLICACIÓN A CAMPO  
ABIERTO EN UNA EMPRESA MINERA**

*A mis padres, sin cuya orientación y apoyo incondicional no hubiera sido posible llegar hasta aquí.*

## SUMARIO

En este informe se describe un sistema de control de acceso vehicular como solución al problema de puntos de acceso donde no es factible implementar un control con la intervención del factor humano. La tecnología de identificación por radiofrecuencia es el elemento clave de la solución propuesta y es donde este informe centra su atención. La característica resaltante del sistema propuesto es su capacidad para la identificación automática de un vehículo y su conductor mediante esta tecnología. Dicha identificación da inicio, en base a un componente de software, a una validación lógica de permisos de acceso en tiempo real cuyo resultado deriva en la apertura o cierre de un mecanismo de contención de paso. La energía eléctrica se suministra en base a un sistema de energía solar para cubrir los requerimientos de autonomía. La solución hace uso también de tecnología inalámbrica para su comunicación a la red de trabajo lo cual permite una administración centralizada, sincronización remota de las políticas de acceso, almacenamiento de registros de acceso por cada punto de control así como la integración de la solución con el ambiente de negocio donde es implementada. El escenario de aplicación de la solución descrita en este informe lo constituye una zona de operación minera a campo abierto en la sierra norte del Perú. Esta solución permitió aumentar la seguridad en las vías de acarreo de mineral, transitada por vehículos gigantes, y mitigar los problemas derivados del acceso no autorizado de vehículos ligeros a dicha vía que afectaban la eficiencia y productividad de la mina.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Objetivos del presente informe .....	3
1.3. Evaluación del problema y requerimientos .....	4
1.4. Limitaciones a considerar.....	4
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....</b>	<b>5</b>
2.1. Visión General de la Identificación por Radiofrecuencia (RFID).....	5
2.1.1. Definición de la RFID .....	5
2.1.2. Historia de la RFID .....	5
2.2. EL RFID como parte de la Tecnologías de Identificación Automatizada y de Captura Automatizada de Datos.....	8
2.2.1. Códigos de Barras .....	8
2.2.2. Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR).....	9
2.2.3. Sistemas Biométricos.....	10
2.2.4. Tarjetas Inteligentes (Smart Cards) .....	10
2.3. Componentes básicos de un Sistema RFID .....	11
2.3.1. El transpondedor o etiqueta RFID.....	14
2.3.2. Etiquetas pasivas .....	15
2.3.3. Etiquetas activas .....	16
2.3.4. Etiquetas Semi-activas o Semi-pasivas .....	16
2.4. Frecuencias en uso por la RFID .....	17
2.5. Estándares aplicables .....	17
2.5.1. El Estándar EPC (Código Electrónico de Producto).....	19
2.5.2. Normas ISO .....	20
2.5.3. ISO 18000-6C y EPC Gen 2 Class 1 UHF .....	21
2.6. Aplicaciones de la RFID .....	22
2.7. Fundamentos de la Radiopropagación aplicables al RFID.....	24
2.7.1. Modelo de Espacio Libre.....	24

2.7.2.	Modelo de 2 rayos y pérdidas por propagación.....	24
2.7.3.	Desacoplamiento en polarización.....	25
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....</b>		<b>28</b>
3.1.	Visión General de la Solución del Problema .....	28
3.2.	Análisis teórico del sistema RFID a emplear.....	29
3.3.	Descripción funcional de la Solución.....	38
3.4.	Detalle de la Solución y Equipamiento.....	40
3.4.1.	Tranqueras de acceso .....	40
3.4.2.	Dispositivos RFID.....	42
3.4.3.	Sistema de Energía Eléctrica .....	47
3.4.4.	Sistema de Protección Eléctrica .....	50
3.4.5.	Montaje de componentes .....	51
3.4.6.	Plataforma middleware y componentes de software.....	52
3.4.7.	Integración de componentes .....	57
<b>CAPÍTULO VI</b>		
<b>ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>		<b>59</b>
4.1.	Implementación de la solución.....	59
4.2.	Presupuesto y tiempo de ejecución .....	60
4.2.1.	Inversión en Componentes por Punto de Control .....	61
4.2.2.	Inversión en Componente en Oficina .....	61
4.2.3.	Inversión en Componente de Software .....	63
4.3.	Análisis descriptivo de los resultados obtenidos.....	64
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>65</b>
<b>Anexo A</b>		
<b>Diagrama de mástil para soporte de paneles solares.....</b>		<b>67</b>
<b>Anexo B</b>		
<b>Descripción de Websphere RFID Premises Server.....</b>		<b>69</b>
<b>Anexo C</b>		
<b>Detalle técnico de componentes de la solución propuesta.....</b>		<b>72</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>80</b>

## INTRODUCCIÓN

La tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) ha sido empleada en diversas aplicaciones en los últimos 50 años. En la actualidad esta tecnología se utiliza en numerosos sistemas como transporte, gestión de seguridad, tratamiento médico, soluciones de logística, entre otros. La maduración de la tecnología RFID le permite ahora estar prácticamente al alcance de todos, lo cual le ha significado un mercado próspero y creciente.

Este informe describe una aplicación de la tecnología RFID en la industria del control de acceso, mostrando la participación de esta tecnología en un sistema de control de acceso vehicular. Esta solución evita las deficiencias que supone tener un control manual sujeto al error humano y añade múltiples ventajas como la automatización, la disponibilidad permanente, el registro de ingresos / salidas y el uso de un criterio uniforme para el control de múltiples puntos de acceso.

El Capítulo I describe el escenario en el cual se presenta el problema, la evaluación del mismo, los objetivos de la solución requerida y las limitaciones del trabajo asociado.

El Capítulo II constituye el fundamento teórico y normativo que enmarca el planteamiento de la solución propuesta.

El Capítulo III presenta la visión general de la solución propuesta, el análisis teórico del presupuesto en potencia del radioenlace de acuerdo a la teoría de radiopropagación y normatividad aplicable al RFID. Se describe la operación del sistema así como los componentes involucrados.

El Capítulo IV contiene el análisis descriptivo de los resultados de la implementación de la solución y la evaluación de la inversión requerida.

El Capítulo V lista las conclusiones derivadas del trabajo realizado y del diseño de la solución. Asimismo, incluye recomendaciones respecto a posibles mejoras o variaciones al diseño descrito en este informe.

## **CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción del problema**

Toda empresa necesita tener, en mayor o menor grado, sistemas de seguridad que garanticen la confidencialidad, integridad y disponibilidad de sus activos. Un factor importante dentro de estos sistemas de seguridad es el control de accesos físicos.

El caso de estudio que es materia de este informe es descrito a continuación:

Se trata de una empresa minera cuya operación se realiza a campo abierto. Esta empresa posee un amplio territorio en una zona rural al interior del país, sierra norte del Perú, donde ha implementado una red de distintos tipos de caminos no asfaltados diseñados para fines específicos como son el desplazamiento de sus vehículos de transporte de personal, vehículos gigantes de transporte de materia prima o vehículos pesados para transporte de insumos.

En particular, existen accesos claves a la red de caminos de vehículos gigantes (vía de carguío/acarreo en la zona de operaciones) que se ubican en zonas remotas, donde el clima y la distancia hacen impráctico el uso y mantenimiento de un control manual de accesos. El ingreso de vehículos ligeros a estas vías se permite para efectos de acelerar el transporte de personal que desempeña roles vitales como son: gerentes de operación, supervisores de campo, equipos de respuesta a emergencias, auxilio mecánico, etc.

El acceso de los vehículos ligeros de transporte de personal a esta red de caminos necesita ser controlado puesto que un uso indebido de este tipo de vía podría poner en riesgo la continuidad del negocio, de ocurrir algún accidente que cause:

Daños a la integridad física de los ocupantes del vehículo, al circular en una vía destinada a tráfico de vehículos pesados o vehículos gigantes.

Daños a la infraestructura de la empresa. Pudiendo afectar, además de los vehículos involucrados a alguna estructura de señalización, monitoreo de clima, barreras u otras.

Indisponibilidad, paralización temporal de la circulación de la vía en cuestión.

Pérdidas financieras, resultantes de:

- La interrupción de las actividades programadas afectadas por la indisponibilidad de la infraestructura y personal así como de las actividades de



reparación daños.

- Recarga en rutinas de mantenimiento de los vehículos gigantes, derivadas del desgaste producido por el uso excesivo de frenos al evitar accidentes con vehículos ligeros.
- Disminución de la productividad, a raíz de las variaciones en la velocidad de los vehículos gigantes de carga de mineral.

La Figura 1.1 ilustra el escenario de un accidente entre un vehículo liviano y un camión gigante en una operación minera.



**Figura 1.1.** Imágenes de accidente en una vía de camiones gigantes.

*Fuente:* [www.roadtransport.com/blogs/big-lorry-blog/2008/05/dumper-truck-disasters-how-the.html](http://www.roadtransport.com/blogs/big-lorry-blog/2008/05/dumper-truck-disasters-how-the.html)

Asimismo, existen riesgos asociados al ingreso no autorizado de personal o vehículos como son el acceso indebido a información confidencial de la operación (frecuencias de circulación, tipos de vehículos o maquinaria empleada, topografía de las zona, etc.) así como el potencial daño intencional a la propiedad u operatividad de la empresa.

## 1.2. Objetivos del presente informe

Plantear el diseño de una solución de control de acceso físico que mitigue los riesgos del ingreso de vehículos y/o personal no autorizados a las vías de carguío/acarreo en la zona de operaciones de la empresa minera.

Resolver el problema planteado en base al uso de tecnologías modernas que permitan implementar una solución automatizada y centralizada. Solución que considere a su vez los requerimientos propios de una operación minera como son autonomía, flexibilidad, movilidad, generación de reportes y alertas.

Mostrar una aplicación de la tecnología RFID dentro una solución de ingeniería, considerando sus limitaciones, regulaciones y estándares aplicables.

### **1.3. Evaluación del problema y requerimientos**

Puesto que el acceso a las vías de carguío/acarreo en zona de operaciones mineras se da a través de determinados puntos de ingreso vehicular, la solución de control de acceso debe operar en dichos puntos a través de mecanismos de contención de acceso vehicular. En este sentido, será necesario instalar en los puntos de acceso dichos mecanismos de contención cuyo funcionamiento será automatizado y estará gobernado por el sistema de control de acceso.

Dicho sistema de control de acceso debe ser capaz de identificar tanto al vehículo como al conductor a bordo del mismo, tanto el vehículo como su conductor deberán entonces contar con algún dispositivo que hará las veces de identificador. Desde que las condiciones y requerimientos de acceso no son estáticos sino que pueden variar en base a diversos factores, los identificadores deberán ser capaces de reflejar dichos cambios.

Desde el punto de vista del usuario final debemos tener en cuenta que la identificación debe ser automática, relativamente rápida y requerir la mínima intervención por parte del conductor minimizando también la exposición de este a las condiciones climáticas.

El sistema de control de accesos debe tomar una decisión es decir, conceder o no el acceso al vehículo a partir de una evaluación lógica que emplee la información del vehículo, sus ocupantes y reglas de acceso predeterminadas para dicha combinación.

### **1.4. Limitaciones a considerar**

No existe una red de suministro de energía eléctrica en los puntos donde se requiere implementar la solución de control de acceso vehicular. Por consiguiente, la solución planteada deberá considerar el uso de un sistema de abastecimiento de energía autónomo.

Debido a que las condiciones climáticas en campo abierto y en la zona de operación minera son severas (temperatura promedio entre 12 °C y 2 °C, presencia de tormentas eléctricas), la solución debe considerar el uso de mecanismos de protección adecuados para sus componentes.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

#### **2.1. Visión General de la Identificación por Radiofrecuencia (RFID)**

##### **2.1.1. Definición de la RFID**

La Identificación por Radiofrecuencia (RFID) es un término genérico usado para describir un sistema que transmite de manera inalámbrica la identidad (en la forma de un número de serie único) de un objeto o persona, usando ondas de radio<sup>1</sup>. El RFID pertenece a la amplia categoría de Tecnologías de Identificación Automatizada.

Otro concepto importante para la RFID es que esta describe una clase de tecnología que intercambia datos de manera inalámbrica y en forma automática. En este sentido la RFID es considerada parte de las Tecnologías de Captura Automatizada de Datos.

##### **2.1.2. Historia de la RFID**

La RFID es una tecnología de eficacia comprobada que ha estado siendo empleada desde la Segunda Guerra Mundial. Tanto los alemanes, japoneses, americanos y británicos usaban el radar para advertir el acercamiento de aviones a kilómetros de distancia. El problema era que no había forma de identificar qué aviones eran enemigos y cuáles aliados. Los alemanes descubrieron que si los pilotos giraban sus aviones en su camino de vuelta a la base, esto cambiaría la señal de radio reflejada de vuelta. Este simple método indicaba al personal en tierra que se trataba de de aviones alemanes y no de naves de las fuerzas aliadas (se considera que este fue, en esencia, el primer sistema de RFID pasivo).

Los avances en radares y comunicaciones de radiofrecuencia continuaron durante las décadas de 1950 y 1960. Científicos y académicos en los Estados Unidos, Europa y Japón realizaron investigaciones y presentaron papers explicando cómo la energía de radio frecuencia podía usarse para identificar objetos de forma remota. Seguidamente las compañías empezaron a comercializar sistemas antirrobo que empleaban ondas de radio para determinar si un ítem había sido o no pagado. Las etiquetas electrónicas de

---

<sup>1</sup> Adaptado de [http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid\\_technology.htm](http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid_technology.htm)

vigilancia de artículos, que hoy en día aún son utilizadas en empaques, tenían una lógica de 1 bit. Si alguien pagaba el artículo, el bit era puesto en cero. Si la persona no pagó el artículo e intentaba salir de la tienda, los lectores detectaban la etiqueta con el valor en 1 (uno) y lanzaban una alarma sonora.

En los años setenta, se registró las primeras patentes en Estados Unidos acerca del uso de la RFID: Una etiqueta activa de RFID con memoria regrabable y un sistema de cerradura de una puerta activado por una etiqueta RFID pasiva. En esta misma década el gobierno de los Estados Unidos inició sus contribuciones al desarrollo de aplicaciones para la RFID: Sistemas de seguimiento para transporte de materiales nucleares, sistemas de pago automático de peajes y sistemas para contabilidad de ganado fueron algunas de ellas.

Posteriormente, se comercializaban sistemas RFID de baja frecuencia (125 KHz) que luego migraron hacia el espectro de radio de alta frecuencia (13.56 MHz) el cual tenía poca regulación y estaba aún en desuso en la mayor parte del mundo. La alta frecuencia ofreció un mayor rango de acción (alcance) y velocidades superiores en cuanto a tasas de transferencia de datos.

A inicios de la década de 1990, ingenieros de IBM desarrollaron y patentaron un sistema de RFID de ultra-alta frecuencia (UHF). La UHF permitió aumentar la distancia de lectura (hasta 6 m en condiciones favorables)<sup>2</sup> y una más veloz transferencia de datos. IBM vendió su patente a Intermec, un proveedor de sistemas de códigos de barra. Aunque los sistemas de RFID de Intermec fueron empleados en numerosas y diversas aplicaciones, la tecnología era costosa en aquel tiempo debido al bajo volumen de ventas y la ausencia de una estándar internacional abierto para el RFID

La RFID de UHF tomó impulso en 1999 con la fundación del Auto-ID Center en el Instituto Tecnológico de Massachussets, contando con fondos provenientes del Uniform Code Council, EAN International, Procter & Gamble y Gillette. Fue allí donde 2 profesores, David Brock y Sanjay Sarma, plantearon el uso de etiquetas de RFID de bajo costo en todos los productos para su seguimiento a través de una cadena de abastecimiento. La idea fue colocar sólo un único número de serie en cada etiqueta, dichos números de serie estarían almacenados en una base de datos que sería accesible a través de Internet.

El trabajo de Sarma y Brock cambió radicalmente el pensamiento acerca del uso de la RFID en la cadena de abastecimiento y convirtió la RFID en una tecnología de red vinculando objetos a Internet a través de las etiquetas. Para el mundo de los negocios este fue un cambio de suma importancia, pues ahora un fabricante podría comunicar de

---

<sup>2</sup> Adaptado de 'The History of RFID Technology', <http://www.rfidjournal.com/article/view/1338/2>

forma automática a su cliente la salida de un envío del almacén y el cliente podría comunicar automáticamente a su proveedor la llegada de los bienes solicitados. La Figura 2.1 ilustra un ejemplo de intervención del RFID en procesos de envío y recepción.



**Figura 2.1** Intervención de la RFID en procesos de envío y recepción.  
 Fuente: "RFID Enabled Shipping and Receiving"  
<http://oracleebusinesssuite.wordpress.com/2007/12/17/rfid-enabled-shipping-and-receiving/>

Entre 1999 y el 2003, Auto-ID Center recibió soporte de más de cien grandes compañías y del Departamento de defensa de los Estados Unidos, abrió centros de investigación en Australia, Inglaterra, Suiza, Japón y China. Desarrolló 2 protocolos de interfaz-aérea (Class 1 y Class 0), el esquema de numeración conocido como Electronic Product Code (EPC) y una arquitectura de red para búsqueda de data asociada a una etiqueta RFID en Internet. El Auto-ID Center cerró sus puertas en octubre del 2003 y las responsabilidades de sus investigaciones se trasladaron a la organización denominada Auto-ID Labs.

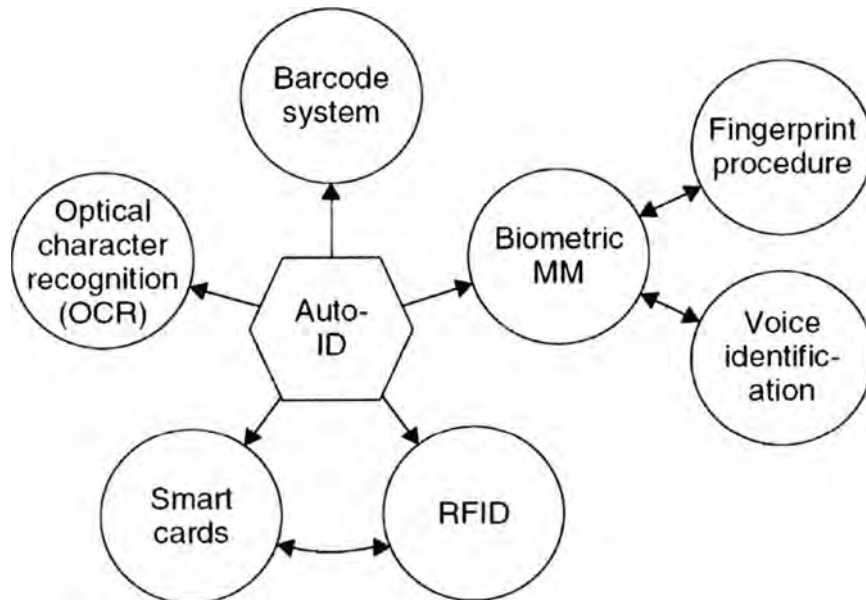
El Uniform Code Council y EAN International formaron la empresa conjunta EPCGlobal para comercializar la tecnología de Código de Producto Electrónico (EPC).

Varios de los mayores vendedores al por menor del mundo, como Albertsons, Metro, Target, Tesco, Walmart y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos mencionaron su interés en adoptar la tecnología EPC para rastreo de sus productos dentro de sus cadenas de suministro. Numerosas industrias iniciaron también su adopción a esta tecnología. Con la ratificación de un estándar para la segunda

generación del EPC en el año 2004, EPCGlobal sentó las bases para una amplia adopción de la tecnología RFID/EPC.

## 2.2. EL RFID como parte de la Tecnologías de Identificación Automatizada y de Captura Automatizada de Datos.

Las Tecnologías de Identificación Automatizada y de Captura Automatizada de Datos (AIDC por su nombre en inglés, Automated Identification & Data Capture) consisten en sistemas de hardware y software utilizados para recolectar y procesar información de un individuo, objeto, imagen o sonido sin intervención humana<sup>3</sup>. Dichos sistemas pueden consistir de terminales fijos, terminales y computadoras portátiles, dispositivos de radio frecuencia y varios tipos de escáner de código de barras, dispositivos de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) y sistemas biométricos. La Figura 2.2 muestra una visión general de los sistemas de identificación automatizada más importantes.



**Figura 2.2** Visión general de los sistemas de identificación automatizada más importantes.

*Fuente:* Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd.

A continuación, revisaremos algunos de los diversos sistemas AIDC.

### 2.2.1. Códigos de Barras

Un código de barra consiste en una serie de líneas y espacios, ambos de ancho variable, ordenadas de forma paralela. Este arreglo puede ser leído por escáneres láser ópticos y

<sup>3</sup> Adaptado de <http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/definition/Automatic-Identification-and-Data-Capture-AIDC>

puede interpretarse de forma numérica o alfanumérica. Entre sus requisitos básicos se encuentran la visibilidad y fácil legibilidad empleando un adecuado contraste de colores). Los códigos de barra constituyen una representación estática de información de un producto específico y sus patrones siguen determinadas simbologías o códigos como el Universal Product Code (UPC), el código EAN (European Article Number), entre otros. Un ejemplo se ilustra en la Figura 2.3.



**Figura 2.3** Ejemplo de un código de barras.

*Fuente:* "What about barcodes and 666: The Mark of the Beast?", <http://www.av1611.org/666/barcode.html>

Los códigos de barra tienen varias limitaciones en comparación con las etiquetas RFID:

La información en un código de barras no puede ser cambiada de forma dinámica y sólo puede ser leída individualmente.

La etiqueta de código de barras no contiene información del producto. La información codificada en el código de barras corresponde a un producto específico. Se requiere un sistema externo que mantenga y use dicha información.

Generar etiquetas de código de barras es relativamente barato pero dichas etiquetas no pueden integrarse por sí mismas a un sistema de seguimiento automatizado y requieren interfaces hacia los sistemas de negocio.

### 2.2.2. Reconocimiento Óptico de Caracteres (OCR)

El OCR fue usado por primera vez en la década de 1960. Se emplearon letras especiales desarrolladas para esta aplicación que estilizaba caracteres de modo que podían ser leídos tanto en la forma normal (por personas) como en forma automática (por máquinas).

El proceso básico que se lleva a cabo en el Reconocimiento Óptico de caracteres es convertir el texto que aparece en una imagen en un archivo de texto que podrá ser editado y utilizado como tal por cualquier otro programa y aplicación que lo necesite.

Partiendo de una imagen perfecta, es decir, una imagen con sólo 2 niveles de gris, el reconocimiento de estos caracteres se realizará básicamente comparándolos con unos patrones o plantillas que contienen todos los posibles caracteres con sentido.



**Figura 2.4** Ilustración de un sistema OCR  
Fuente: <http://www.handytech.us/video.html>

En la actualidad, OCR es utilizado en las áreas de producción, servicios y administración así como en bancos para el registro de cheques (data personal, como el nombre y el número de cuenta, está impresa en la línea inferior de un cheque en formato OCR). Un ejemplo se ilustra en la Figura 2.4.

Sin embargo, los sistemas OCR fallaron en su intento de convertirse en un estándar universalmente aplicable debido a su elevado precio y los complejos lectores que requiere en comparación con otros sistemas de identificación.

### 2.2.3. Sistemas Biométricos

La biometría es definida como la ciencia de los procesos de conteo y medida que involucran seres vivos. En el contexto de los sistemas de identificación, la biometría es un término general que engloba procedimientos para identificar personas mediante la comparación de características físicas que son inequívocas y únicas. En la práctica, estos procedimientos incluyen lectura de huella dactilar, geometría de manos, reconocimiento de voz, iris, sistemas dactilares y faciales, olor corporal, reconocimiento del ADN, la forma de la oreja, etc. La Figura 2.5 muestra algunos ejemplos de tecnologías de biometría.

### 2.2.4. Tarjetas Inteligentes (Smart Cards)

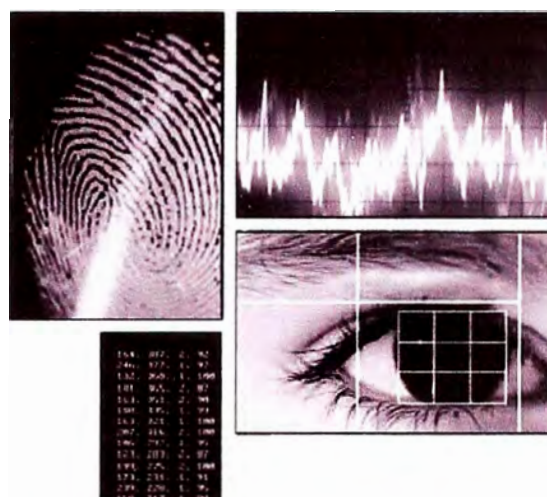
Las tarjetas inteligentes son sistemas electrónicos de almacenamiento de datos que pueden tener capacidad computacional adicional (microprocesador) y que, por conveniencia, se insertan en una tarjeta plástica del tamaño de una tarjeta de crédito. Las tarjetas inteligentes son provistas de energía y temporización (reloj) desde el lector a



través de las superficies de contacto. La transferencia de datos entre el lector y la tarjeta ocurre empleando una interfaz serial bidireccional (puerto de entrada/salida).

Una de las principales ventajas de las tarjetas inteligentes es el hecho de que la información almacenada en ellas puede protegerse contra accesos (lectura) y manipulación no deseados. Su desventaja consiste en que los contactos son vulnerables al uso, la suciedad y la corrosión. El costo de mantenimiento de lectoras que son usadas de forma frecuente se encarece debido a su tendencia a no funcionar adecuadamente. En adición, los lectores que son de acceso público deben ser protegidos contra el vandalismo.

La Tabla 2.1 muestra una comparación entre la RFID y otros sistemas de identificación automatizada.



**Figura 2.5** Ilustración de tecnologías de biometría.

*Fuente:* <http://infowars.net/articles/january2008/150108Grid.htm>

### 2.3. Componentes básicos de un Sistema RFID

La RFID intercambia información de forma inalámbrica entre un objeto "etiquetado" y un dispositivo lector/grabador.

Como se ilustra en la Figura 2.6, un sistema RFID consta básicamente de 2 componentes<sup>4</sup>:

El transpondedor o etiqueta RFID (tag), que esta alojado en el objeto a ser identificado.

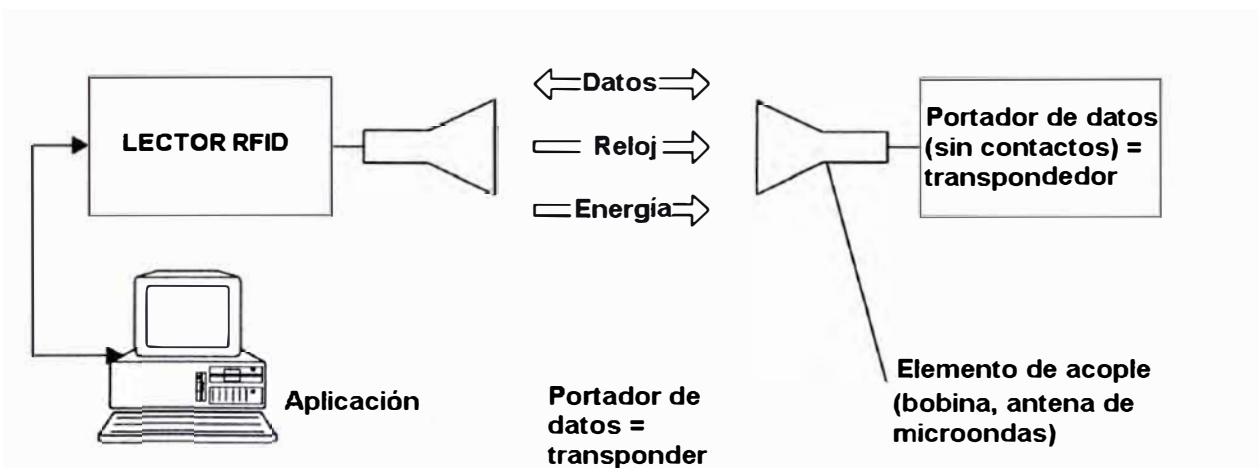
El lector RFID (reader), el cual, dependiendo del diseño y la tecnología utilizada, puede ser un dispositivo de lectura o lectura/escritura.

El "interrogador", transceptor o lector RFID consiste típicamente de un módulo de radio frecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y un elemento de acople hacia

<sup>4</sup> Tomado de RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition. Pág. 24

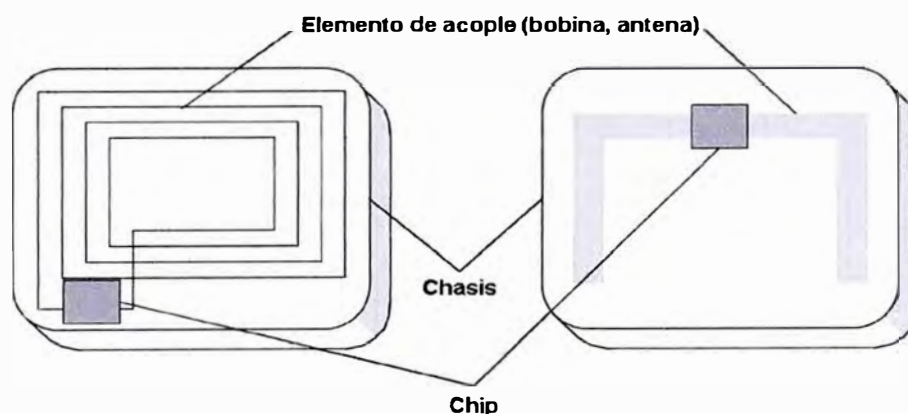
el transpondedor.

El transpondedor, que representa al verdadero dispositivo portador de información de un sistema RFID, consiste normalmente de un elemento de acople y un microchip electrónico. La Figura 2.7 muestra el esquema básico para un transpondedor RFID.



**Figura 2.6** El lector (transceptor) y el transpondedor (etiqueta) son los principales componentes de un sistema RFID.

*Fuente:* Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd.



**Figura 2.7** Esquema básico del dispositivo portador de datos el transpondedor. A la izquierda un transpondedor con una antena de bobina acoplado por inducción; a la derecha transpondedor de microondas con una antena dipolar.

*Fuente:* Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd

Cuando el transpondedor, que usualmente no posee su propia fuente de voltaje (batería), no se ubica dentro de la zona de interrogación de un lector este es totalmente pasivo. El transpondedor se activa únicamente cuando este es ubicado dentro de la zona de interrogación de un lector RFID. La energía requerida para activar el transpondedor le es

**TABLA 2.1 Comparación de la RFID con otros sistema AIDC**

<b>Parámetros del sistema</b>	<b>Código de Barras</b>	<b>OCR</b>	<b>Reconocimiento de Voz</b>	<b>Biometría</b>	<b>Smart Cards</b>	<b>Sistemas RFID</b>
Cantidad típica de datos (bytes)	1-100	1-100	-	-	16-64k	16-64k
Densidad de datos	Baja	Baja	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
Legibilidad para máquinas	Buena	Buena	Costosa	Costosa	Buena	Buena
Legibilidad para Personas	Limitada	Simple	Simple	Difícil	Imposible	Imposible
Influencia de suciedad/humedad	Muy alta	Muy alta	-	-	Posible (contacto)	Sin influencia
Influencia de cobertura óptica	Falla total	Falla total	-	Posible	-	Sin influencia
Influencia de dirección y posición	Bajo	Bajo	-	-	Unidireccional	Sin influencia
Degradación/uso	Limitada	Limitada	-	-	Contactos	Sin influencia
Costo de compra/electrónica de lectura	Muy bajo	Medio	Muy alto	Muy alto	Bajo	Medio
Costos operativos (ejem. impresoras)	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno	Medio (contactos)	Ninguno
Copia/modificación no autorizada	Ligero	Ligero	Posible (cinta de audio)	Imposible	Imposible	Imposible
Velocidad de lectura (incluyendo manejo del portador de datos)	Baja ~4 s	Baja ~3 s	Muy Baja >5 s	Muy Baja >5-10 s	Bajo ~4 s	Muy alta ~0.5 s
Distancia máxima entre el portador de datos y el lector	0-50cm	< 1cm	0-50 cm	Contacto directo	Contacto directo	0-5 m

*Fuente:* Klaus Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd.

suministrada a través de la unidad de acople (sin contacto), lo mismo ocurre con el pulso de temporización (reloj) y los datos.

La integración de diversos componentes adicionales es necesaria para explotar la tecnología RFID de forma efectiva. Estos componentes son un controlador, sensores, anunciadores, actuadores y conectividad a la red de trabajo o sistemas de negocio.

La información recibida por la antena del lector es procesada por este y convertida en señal digital, esta trama de datos es enviada al controlador. El controlador proporciona vínculos de comunicación esenciales entre el lector y entidades externas. La funcionalidad del controlador puede estar embebida en el lector o actuar como un componente individual que sirve a uno o más lectores RFID. Adicionalmente, el controlador incorpora interfaces de comunicación de diversos tipos (RS232, RS485, 802.x, etc.).

Dichas interfaces permiten conectividad hacia sensores, anunciadores y actuadores que actúan como disparadores (triggers). La respuesta que es generada por un trigger puede activar o controlar reacciones específicas. Otras interfaces pueden establecer comunicación con otros lectores, controladores o incluso con sistemas en la red de trabajo. Sensores, anunciadores y actuadores proporcionan cierto nivel de automatización a un sistema RFID.

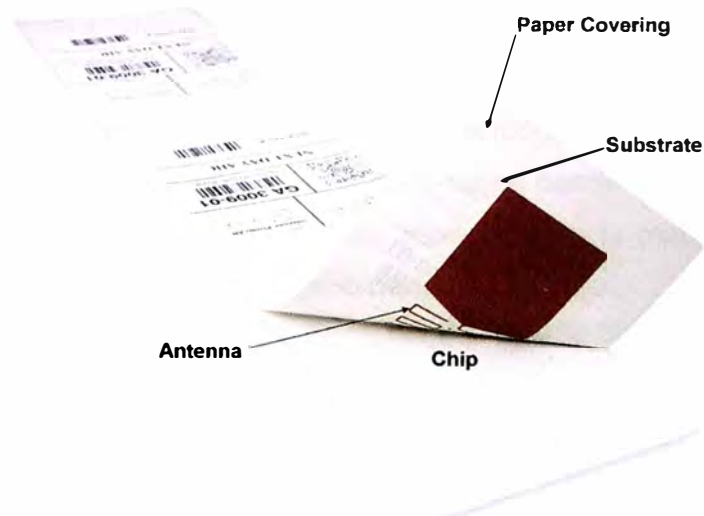
### **2.3.1. El transpondedor o etiqueta RFID**

Una etiqueta RFID comprende un microchip montado sobre un substrato flexible de tereftalato de polietileno (PET) adjunto a una antena. Este ensamblaje "incrustado" es luego "encapsulado" o colocado entre una etiqueta y su soporte adhesivo. Se ilustra un ejemplo en la Figura 2.8.

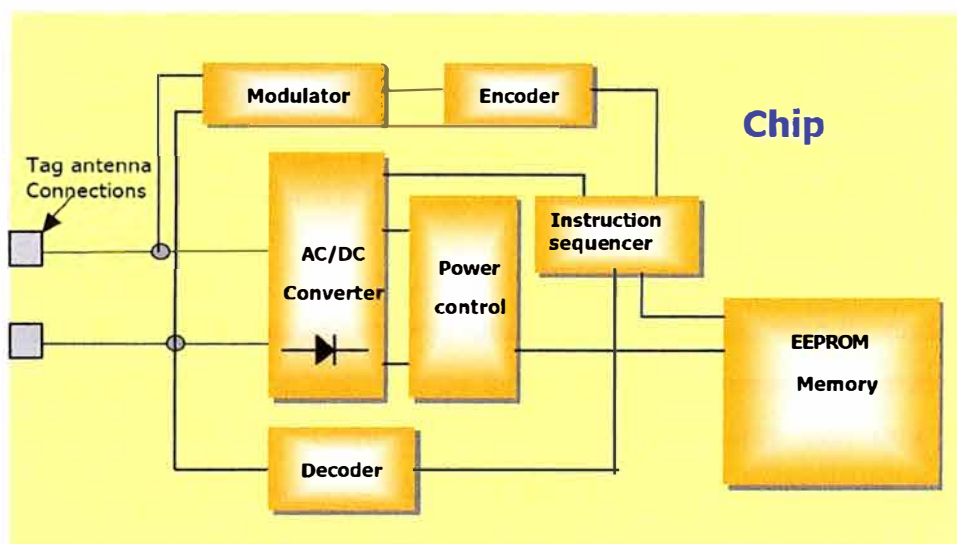
El chip puede no ser más grande que un grano de arena (alrededor de 0.3 mm<sup>2</sup>). Los chips usados en etiquetas RFID pueden llegar a convertirse en la aplicación comercial de nano-tecnología de más amplio uso. Aunque los chips son muy pequeños, las antenas no lo son puesto que necesitan ser lo suficientemente grandes para captar una señal. La antena permite a la etiqueta RFID ser leída a una distancia de 3 metros o más, incluso a través de muchos materiales incluyendo cajas. El tamaño de la antena determina el tamaño de la etiqueta RFID, las antenas pueden estar hechas de plata, aluminio o cobre y son elaboradas con técnicas de deposición de material similar a inyectar tinta sobre una página.

La Figura 2.9 ilustra un diseño típico del circuito integrado (IC) en una etiqueta RFID. El circuito de baja potencia gestiona la conversión de energía, control lógico, almacenamiento y lectura de datos, y la técnica para enviar los datos de vuelta al lector

(backscatter).



**Figura 2.8** Componentes básicos de una etiqueta RFID  
 Fuente: IBM WebSphere RFID Handbook: A Solution Guide, First Edition



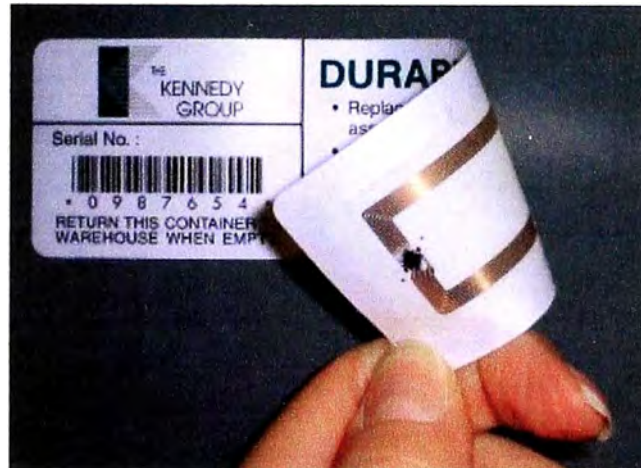
**Figura 2.9** Típico diseño de un circuito integrado en una etiqueta RFID.  
 Fuente: Printronix, "A BASIC INTRODUCTION TO RFID TECHNOLOGY AND ITS USE IN THE SUPPLY CHAIN", White Paper.  
<http://www.primtronix.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=334>

### 2.3.2. Etiquetas pasivas

Las etiquetas pasivas tienen un diseño realmente simple, no tienen partes móviles y tampoco baterías<sup>5</sup>. Este tipo de etiquetas trabajan muy bien en condiciones adversas, tales como temperaturas extremas, exposición a sustancias químicas o ambientes corrosivos. Típicamente son pequeñas, de bajo costo, y tienen un rango de lectura de hasta 9 metros aproximadamente. Un ejemplo se muestra en la Figura 2.10.

<sup>5</sup> Adaptado de IBM WebSphere RFID Handbook: A Solution Guide, Pág. 20, [ibm.com/redbooks](http://ibm.com/redbooks)

Estas etiquetas usan el campo electromagnético alternante que es creado por la antena del lector. Se genera un voltaje por inducción cuando el campo electromagnético penetra la sección cruzada de la antena de bobina del transpondedor. Este voltaje es rectificado y actúa como la fuente de poder para energizar el microchip y la memoria en la etiqueta. Luego, el transpondedor transfiere los datos codificados desde la memoria de la etiqueta RFID de regreso hacia el lector en una onda modulada en la misma frecuencia que la portadora del lector. Este proceso es denominado backscatter.



**Figura 2.10** Ejemplo de una etiqueta RFID pasiva.

*Fuente:* IBM WebSphere RFID Handbook: A Solution Guide, First Edition

### 2.3.3. Etiquetas activas

Una etiqueta RFID activa usualmente ejecuta una tarea especializada, tiene una fuente de poder propia (batería) y no requiere de inducción para proveer corriente a diferencia de las etiquetas pasivas. La etiqueta activa puede diseñarse con una variedad de dispositivos electrónicos incluyendo microprocesadores, diferentes tipos de sensores o dispositivos de entrada/salida. Dependiendo de la función de la etiqueta, su información puede ser procesada y almacenada para su recuperación inmediata o posterior por el lector RFID. Las etiquetas activas tienen una distancia de lectura de alrededor de 30 metros. Se ilustra un ejemplo en la Figura 2.11.

### 2.3.4. Etiquetas Semi-activas o Semi-pasivas

Las etiquetas RFID semi-activas o "asistidas por baterías" son distintas a las etiquetas activas en varias formas. La batería provee energía para la operación de la etiqueta o sus funciones y no transmite hacia el lector. Estas etiquetas usan las características inductivas de una etiqueta pasiva para generar voltaje y transmitir datos hacia el lector. Debido a que estas etiquetas son asistidas por baterías, son capaces de reaccionar más rápido que una etiqueta pasiva estándar.

Otra ventaja de las etiquetas RFID semi-activas se evidencia ante la presencia de materiales que podrían afectar el funcionamiento de las etiquetas pasivas. En estos casos una etiqueta pasiva podría no tener suficiente energía para operar correctamente. Las etiquetas semi-activas pueden ser leídas hasta aproximadamente 30 metros y a altas velocidades (UHF o microondas).



**Figura 2.11** Ejemplo de una etiqueta RFID activa.

*Fuente:* IBM WebSphere RFID Handbook: A Solution Guide, First Edition

#### 2.4. Frecuencias en uso por la RFID

La frecuencia es el factor dominante que determina el rango de la RFID, su resistencia a la interferencia y otros atributos de desempeño<sup>6</sup>.

La mayoría de sistemas RFID comerciales operan ya sea en la banda de UHF, entre 859 y 960 MHz, o en alta frecuencia (HF) a 13.56 MHz. Otras frecuencias RFID comunes incluyen los 125 KHz y 2.45 GHz, ambos usados para identificación de largo alcance que usualmente emplean etiquetas RFID semi-activas.

La banda UHF es más común para aplicaciones de automatización industrial y en la cadena de suministros.

Las Tablas 2.2 y 2.3 muestran una comparación de las diferentes frecuencias y la Figura 2.12 ilustra las frecuencias típicas empleadas por región geográfica.

#### 2.5. Estándares aplicables

Los estándares de RFID abordan cuatro áreas fundamentales<sup>7</sup>:

Protocolo en la interfaz aéreo: especifica el modo en el que etiquetas RFID y lectores se comunican mediante radiofrecuencia.

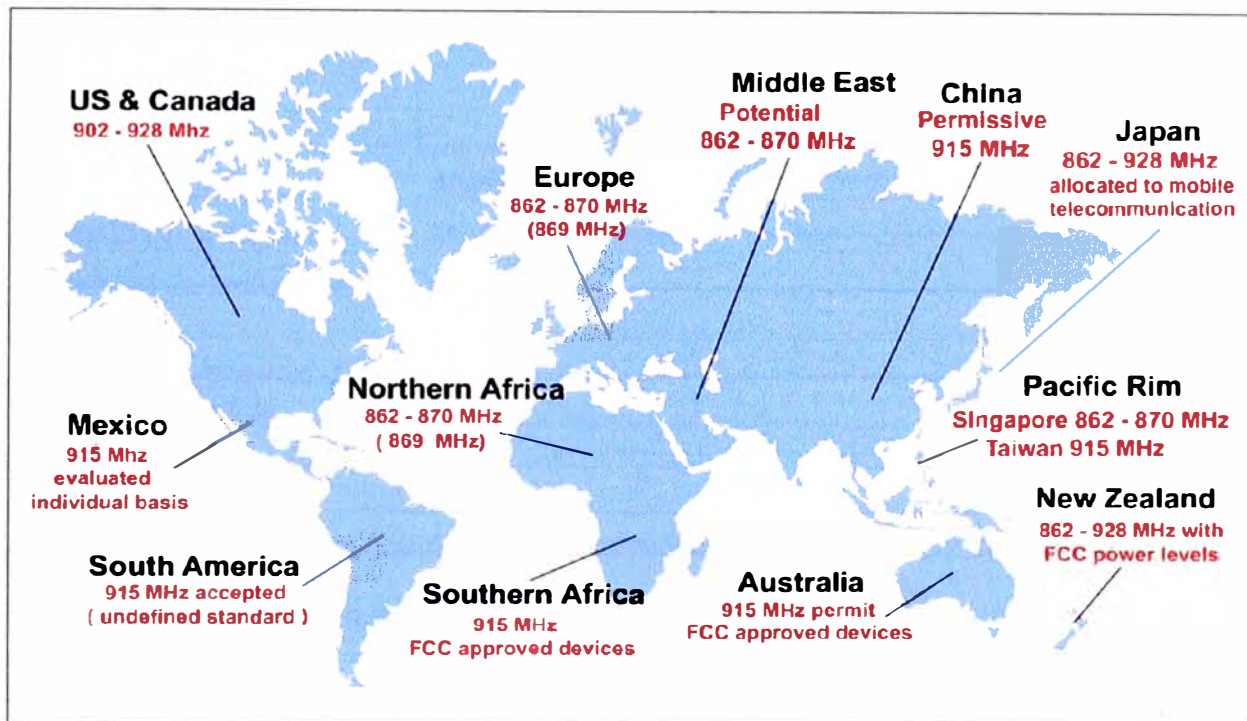
Contenido de los datos: especifica el formato y semántica de los datos que se comunican entre etiquetas y lectores.

<sup>6</sup> Adaptado de ABCs of RFID: Understanding and using radio frequency identification – Intermecc white paper.

<sup>7</sup> Adaptado de <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

Certificación: pruebas que los productos deben cumplir para garantizar que cumplen los estándares y pueden interoperar con otros dispositivos de distintos fabricantes.

- Aplicaciones: usos de los sistemas RFID.



**Figura 2.12** Frecuencias típicamente empleadas para RFID según ubicación geográfica.

*Fuente:* IBM WebSphere RFID Handbook: A Solution Guide, First Edition

**TABLA 2.3** Diferentes frecuencias de aplicación de la RFID.

Banda de frecuencias	Descripción	Rango	Aplicaciones comunes
125 - 134 KHz	Baja frecuencia	Hasta 45 cm	Identificación de vehículos
13.56 MHz	Alta frecuencia (HF)	Hasta 90 cm	Tickets electrónicos y pago de pasajes, control de acceso, seguimiento de prendas de vestir y lavandería.
858 - 930 MHz	Ultra alta frecuencia (UHF)	Desde 30 cm hasta 10 m	Rastreo de contenedores, administración de activos, rastreo de equipaje, sistemas Wi-Fi de ubicación en tiempo real
2.45 GHz	Microondas	Desde 30 cm a más	Identificación de largo alcance con etiquetas RFID activas.

*Fuente:* "White Paper: ABCs of RFID: Understanding and using radio frequency identification", INTERMEC



**TABLA 2.2** Características de sistemas RFID según su frecuencia.

<b>Parámetros</b>	<b>Baja Frecuencia (&lt;135KHz)</b>	<b>Alta Frecuencia (13.56 MHz)</b>	<b>Ultra Alta Frecuencia (433 Mhz, 860Mhz, 928 MHz)</b>	<b>Frecuencia Microondas (2.45 GHz, 5.8 GHz)</b>
Cobertura	Menor	←—————→		Mayor
Tamaño de la etiqueta	Mayor	←—————→		Menor
Velocidad de lectura de datos	Menor	←—————→		Mayor
Lectura en presencia de líquidos o metales	Mejor	←—————→		Peor
Lectura en presencia de interferencias EM	Peor	←—————→		Mejor

*Fuente:* "Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud."

[http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt13\\_rfid.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt13_rfid.pdf)

Como en otras áreas tecnológicas, la estandarización en el campo de RFID se caracteriza por la existencia de varios grupos de especificaciones competidoras. Por una parte está ISO, y por otra EPCCglobal. Ambas comparten el objetivo de conseguir etiquetas de bajo coste que operen en UHF.

### 2.5.1. El Estándar EPC (Código Electrónico de Producto)

EPC corresponde a las siglas en inglés de Código Electrónico de Producto, y se refiere a una clave de identificación unívoca vinculada a un ítem, caja o pallet que permite detallar información sobre el mismo en cualquier lugar de la cadena de abastecimiento. No obstante, su principal objetivo no radica en reemplazar el código de barras, sino en crear un camino para la que las empresas puedan migrar del código de barra hacia la tecnología RFID<sup>8</sup>. El EPC se desarrolló con base en los principios de la comunicación a través de frecuencias de radio, mediante la incorporación de principios de identificación única para cada producto y simplificación de la información contenida en la etiqueta (TAG).

El EPC contiene la misma información que hoy está en los códigos de barras, más otros datos adicionales que permiten identificar cada unidad de producto o cada ítem de manera única. En esencia, el TAG o etiqueta de radiofrecuencia contiene una

<sup>8</sup> Fuente: Introducción a la Tecnología RFID - Lic. Alan Gidekel, <http://www.slideshare.net>

identificación única de 96 bits, que al igual que en la tecnología del código de barras, contiene en su estructura la identificación del fabricante, del producto, y adicionalmente el número seriado del ítem, lo cual brinda una identificación única para este producto en todo el mundo. La figura 2.13 ilustra el formato de EPC.



**Figura 2.13.** Estructura EPC 96 bits

*Fuente:* GS1 Perú, [http://www.gs1pe.org/que\\_es\\_epc\\_gs1pe.html](http://www.gs1pe.org/que_es_epc_gs1pe.html)

### 2.5.2. Normas ISO

ISO (Organización Internacional de Normalización) es el mayor creador de estándares a nivel mundial. Las normas ISO son usadas como base para otras organizaciones de estandarización. ISO ha publicado diferentes estándares técnicos para RFID<sup>9</sup>, los cuales están designados para ser utilizados en cualquier parte del mundo.

El IEC promueve la cooperación internacional de estandarización electro-técnica, como ser la evaluación de conformidad para con las normas en los campos de la electricidad, la electrónica, y otras tecnologías relacionadas, como RFID.

ISO/IEC 18000 es una serie de estándares creados que se refieren a la administración de interfaces aéreas<sup>10</sup>:

18000-1 Parte 1 – Parámetros Genéricos para la interfaz aérea en frecuencias aceptadas mundialmente.

18000-2 Part 2 – Parámetros para las comunicaciones de interfaz aérea por debajo de 135 kHz.

18000-3 Part 3 – Parámetros para las comunicaciones de interfaz aérea de 13.56 MHz.

18000-4 Part 4 – Parámetros para las comunicaciones de interfaz aérea de 2.45 GHz.

18000-5 Part 5 – Parámetros para las comunicaciones de interfaz aérea de 5.8

<sup>9</sup> Adaptado de <http://www.rfidpoint.com/preguntas-frecuentes/>

<sup>10</sup> Adaptado de High Tech Aid, "ISO/IEC 18000 - RFID Air Interface Standards", 2011

GHz (Esta parte ha sido retirada).

18000-6 Part 6 – Parámetros para las comunicaciones de interfaz aérea de 860 a 960 MHz.

18000-7 Part 7 – Parámetros para las comunicaciones de interfaz aérea de de 433 MHz.

### 2.5.3. ISO 18000-6C y EPC Gen 2 Class 1 UHF

El proceso de elaboración de estándares en la industria de RFID está avanzando hacia un objetivo de “armonización”. Los vendedores y clientes que participan del proceso de definición de estándares saben que está en el mejor interés de los usuarios finales tener mecanismos de interoperabilidad, múltiples fuentes de suministro, y compatibilidad con los productos de generaciones previas. Esto reduce el riesgo de la inversión y moviliza el mercado hacia adelante.

Un nuevo estándar, denominado Protocolo de Interfaz Aérea UHF Class-1 Generation-2, fue ratificado por EPC Global a fines del 2004 y aprobado por ISO en el 2006, incorporándole como una enmienda a su estándar referido a la utilización de dispositivos para operar en entornos RFID UHF (860-960 MHz) 18000-6, quedando reflejado finalmente como ISO 18000-6C. La Generación 2 es un intento por reconciliar los diversos estándares del mercado y crear un estándar común que simplifique las decisiones de compra para los implementadores de la tecnología e incrementará la velocidad y facilidad de su adopción a nivel global.

La Tabla 2.2 muestra las características principales de las etiquetas RFID pasivas pertenecientes al estándar EPC Gen2. La Figura 2.14 ilustra los estándares disponibles según la frecuencia de operación del RFID.

**TABLA 2.2.** Principales características de la tecnología EPC GEN 2.

Identificador	96 bits
Rango de Lectura	~ 5 m
Consumo etiquetas	~ 10 $\mu$ W
Frecuencia	860-960MHz
Ratio Tx etiquetas	40 – 640 kbps
Ratio Rx etiquetas	26.7 – 128 kbps
Identificaciones por segundo	~ 200

*Fuente:* Joan Melià Seguí, “Clasificación de las amenazas a la seguridad en sistemas RFID EPC Gen2”, <http://joan.melia.cat/pubs/Melia-RECSI2010.pdf>

Frequency Spectrum					
	LF	HF	HF	UHF	UHF
	125/134.2 kHz	13.56 MHz	433 MHz	860-960MHz	2.45 GHz
		+/- 7 kHz			
ISO	ISO 11784	ISO/IEC 14443	ISO 18000-7	ISO 18000-6A	ISO 18000-4
	ISO/IEC 18000-2A	ISO/IEC 15693		ISO 18000-6B	ISO/IEC 24730-2
	ISO/IEC 18000-2B	ISO 18000-3		ISO 18000-6C	
EPCglobal				Class 0	
				Class 1	
				Class 1 Gen 2	

**Figura 2.14.** Estándares y normas para RFID según frecuencia de trabajo.

*Fuente:* <http://rfid.net/basics/186-iso-rfid-standards-a-complete-list>

## 2.6. Aplicaciones de la RFID

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología facilitadora, lo cual significa que no provee valor por sí misma sino que permite a las compañías desarrollar aplicaciones que crean valor.

Entre las ventajas del uso de la tecnología RFID, se encuentran:

- La información contenida en las etiquetas puede ser actualizada a demanda.

- Amplia capacidad de almacenamiento de datos (hasta 10 KBits)

- Elevada velocidad de identificación.

- Habilidad para coleccionar datos de forma precisa desde múltiples etiquetas simultáneamente.

- Colección de datos sin requerimientos de línea de vista.

- Largo alcance de lectura.

- Gran confiabilidad en ambientes severos.

- Gran precisión en recuperación de datos y tasas de errores reducidas.

- Costos de labor minimizados.

- Como resultado de la información confiable, reduce los costos de oportunidad a través de la reducción de stocks de reserva, pérdidas por deterioro o agotamiento de inventario.

La adopción de la RFID se ha extendido a través de la industria, con innovaciones en aplicaciones de defensa y aeroespaciales, industria automotriz, productos de consumo, venta al por menor, farmacéutica, transporte, viajes y servicios públicos.

Entre sus aplicaciones más conocidas, podemos nombrar:

Sistemas de manejo de inventario

Rastreo de envíos y entregas (logística y transporte).

Sistemas de ubicación en tiempo real (RTLS)

Pagos mediante telefonía móvil.

Pagos de peaje y transporte.

Venta al por menor.

Identificación de ganado.

Control de acceso personal y vehicular.

Control y seguridad en estacionamientos.

Las Figuras 2.15 y 2.16 ilustran un par de las aplicaciones mencionadas.



**Figura 2.15** Ilustración del uso de RFID en la venta al por menor. Identificación de producto, precio y estado de inventario.

*Fuente:* <http://cronicasdeorwell.wordpress.com/2009/06/20/la-conspiracion-del-chip/>



**Figura 2.16** Ilustración del uso de RFID en soluciones de logística.

*Fuente:* <http://www.satoworldwide.com/rfid.html>

## 2.7. Fundamentos de la Radiopropagación aplicables al RFID

### 2.7.1. Modelo de Espacio Libre

El modelo de propagación de espacio libre asume la condición ideal de propagación de que existe un único camino libre (línea de vista) para la señal entre el transmisor y el receptor.

De acuerdo con la ecuación de Friss<sup>11</sup> la potencia de la señal recibida en espacio libre a una distancia 'd' del transmisor esta dada por:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (2.1)$$

Donde  $P_t$  es la potencia de la señal transmitida.  $G_t$  y  $G_r$  son las ganancias de las antenas de el transmisor y receptor respectivamente.  $L$  ( $L \geq 1$ ) representa las pérdidas del sistema y  $\lambda$  es la longitud de onda.

### 2.7.2. Modelo de 2 rayos y pérdidas por propagación.

Una señal de radio puede ser reflejada, difractada, o dispersada de modo que diferentes copias de la señal, denominadas componentes multicamino<sup>12</sup>, pueden llegar al receptor junto con la señal principal (señal de línea de vista).

En una aplicación real la señal de radiofrecuencia está sujeta a reflexiones, por lo menos la reflexión del suelo ocurrirá<sup>13</sup>. Esta situación se ilustra en la figura 2.15. Los caminos desde el transmisor hacia el receptor tendrán diferentes longitudes y por consiguiente las señales que llegarán al receptor tendrán diferencias de fase.



**Figura 2.15.** Modelo de 2 rayos

<sup>11</sup> University of Southern California, Information Sciences Institute, "Free Space Model"

<sup>12</sup> Ilker Onat, "DiSEL: A Distance Based Slot Selection Protocol for Framed Slotted ALOHA RFID Systems"

<sup>13</sup> Gerold Kloos, José E. Guivant and Eduardo M. Nebot, "Range based localisation using RF and the application to mining safety"

*Fuente:* Elaboración propia

De acuerdo al modelo de 2 rayos, las pérdidas de propagación en presencia de múltiples reflexiones se puede estimar según<sup>14</sup>:

$$PL = \left( \frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \left| 1 + \sum_{n=1}^N \Gamma_n \frac{d}{d_n} e^{-jk(d_n-d)} \right|^2 \quad (2.2)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda,  $d$  es la distancia del camino que sigue el rayo directo,  $\Gamma_n$  el coeficiente de el  $n$ -ésimo objeto reflexivo (incluyendo el suelo),  $d_n$  es la longitud del camino del  $n$ -ésimo rayo reflejado, y  $N$  es el número total de reflexiones.

En un ambiente abarrotado, las pérdidas de propagación son proporcionales a  $d^{-n}$  donde el exponente  $n$  puede variar entre 1 y 4 (en espacio libre,  $n=2$ ).

### 2.7.3. Desacoplamiento en polarización

Por lo general, la polarización de la antena receptora no es la misma que la polarización de la onda incidente. A esto se llama desacoplamiento en polarización.

El factor de pérdida en polarización (PLF), que caracteriza la pérdida de potencia causada por el desacoplamiento en polarización, puede calcularse a partir de<sup>15</sup>:

$$PLF = \left| \hat{a}_w \cdot \hat{a}_a^* \right|^2 = \left| \cos \theta_p \right|^2 \quad (2.3)$$

Donde:

$\overline{E}_i = \hat{a}_w E_i$ , campo eléctrico incidente.

$\overline{E}_a = \hat{a}_a E_a$ , campo eléctrico en la antena receptora.

$\theta_p$ , ángulo entre los 2 vectores unitarios.

## 2.8. Limitaciones de desempeño de Sistemas RFID UHF pasivos

Lo característica más importante en el desempeño de un sistema RFID es el rango de lectura de la etiqueta, que es la máxima distancia en la cual el lector RFID puede leer o escribir información en la etiqueta. A continuación se describen las limitaciones de etiquetas y lectores RFID.

### 2.8.1. Limitaciones de la etiqueta RFID

**Umbral de sensibilidad del chip ( $P_{th}$ )** es la más importante limitación de la etiqueta. Es la mínima potencia de radiofrecuencia necesaria para encender el chip RFID. Mientras

<sup>14</sup> Pavel V. Nikitin, "Performance Limitations of Passive UHF RFID Systems"

<sup>15</sup> Natalia K. Nikolova, "Polarization and Related Antenna Parameters"

menor sea su valor la distancia a la cual se puede detectar la etiqueta será mayor.

**Ganancia de la antena** ( $G_r$ ) es otra limitación importante. El rango de lectura de la etiqueta es mayor en la dirección de la máxima ganancia la cual está limitada fundamentalmente por la frecuencia de operación y el tamaño de la etiqueta.

La **polarización de la antena** de la etiqueta debe coincidir con la de la antena del lector RFID para maximizar el rango de lectura. El grado de coincidencia puede medirse por el coeficiente de acoplamiento de polarización ( $\chi$ ).

El **acoplamiento de impedancia** entre la antena y el chip RFID (cuya impedancia compleja varía con la frecuencia y potencia absorbida por el chip) afecta directamente el rango de lectura y puede ser representado por el coeficiente de transmisión de potencia ( $\tau$ ) cuyo máximo valor es 1.

Las mencionadas limitaciones de rango de operación para etiquetas RFID pasivas, se pueden resumir en la siguiente ecuación<sup>14</sup> para la potencia recibida en la etiqueta ( $P_{tag}$ ).

$$P_{tag} = P_t G_t \cdot PL \cdot G_r \cdot \chi \cdot \tau > P_{th} \quad (2.4)$$

Donde  $P_t G_t$  es el EIRP transmitido del lector RFID y  $PL$  representa las pérdidas de propagación del camino.

### 2.8.2. Limitaciones del lector RFID

**EIRP** (equivalent isotropic radiated power) determina la potencia de la señal transmitida por el lector en la dirección de la etiqueta. El valor máximo de EIRP está limitado por regulaciones nacionales (Ejem. En América el límite es 4W).

**Sensitividad del lector** es otro parámetro importante que define el mínimo nivel de señal proveniente de la etiqueta que el lector puede detectar y resolver. Un lector ideal siempre puede detectar una etiqueta cuando esta ha recibido suficiente potencia para encenderse y emitir una señal de respuesta (backscatter).

La potencia devuelta al lector RFID por la etiqueta puede estimarse a partir de la ecuación de Friis, asumiendo un acoplamiento completo de impedancia y de polarización, como<sup>16</sup>:

$$P_{reader\_rx} (dB) = P_{tag} + G_t + G_r - 20 \log \left( \frac{4\pi}{\lambda} \right) - 20 \log(d) \quad (2.5)$$

<sup>16</sup> Joshua D. Griffin, "RF Tag Antenna Performance on Various Materials Using Radio Link Budgets", IEEE



### 2.8.3. Estimación del rango de lectura en espacio libre.

En base al modelo de espacio libre y las limitaciones ya descritas de los sistemas RFID pasivos, es posible hacer una primera aproximación del rango de lectura. De modo que, de acuerdo a la ecuación 2.1, el rango de lectura de una etiqueta RFID pasiva se puede estimar como<sup>17</sup>:

$$r = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \tau}{P_{th}}} \quad (2.6)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda,  $P_t$  es la potencia transmitida por el lector RFID,  $G_t$  es la ganancia de la antena de transmisión,  $G_r$  es la ganancia de la antena de la etiqueta RFID,  $P_{th}$  es el umbral de potencia mínima necesaria para activar el chip de la etiqueta y  $\tau$  es el coeficiente de transmisión de potencia.

El coeficiente de transmisión de potencia<sup>18</sup> esta dado por:

$$\tau = \frac{4R_c R_a}{|Z_c + Z_a|^2}, \quad 0 \leq \tau \leq 1 \quad (2.7)$$

Donde  $Z_a = R_a + jX_a$  es la impedancia de la antena del lector RFID y  $Z_c = R_c + jX_c$  es la impedancia del chip del lector RFID. Mientras más cercanos sean estos valores el valor de coeficiente de transmisión será más alto (más cercano a 1). Una buena etiqueta RFID tiene un coeficiente de transmisión de potencia por encima de 0.7.

<sup>17</sup> Lee Pan Shing, "Antenna Design for Passive RFID tag", University of Hong Kong

<sup>18</sup> K. V. S. Rao, Intermec Technologies Corporation, "Impedance Matching Concepts in RFID Transponder Design"

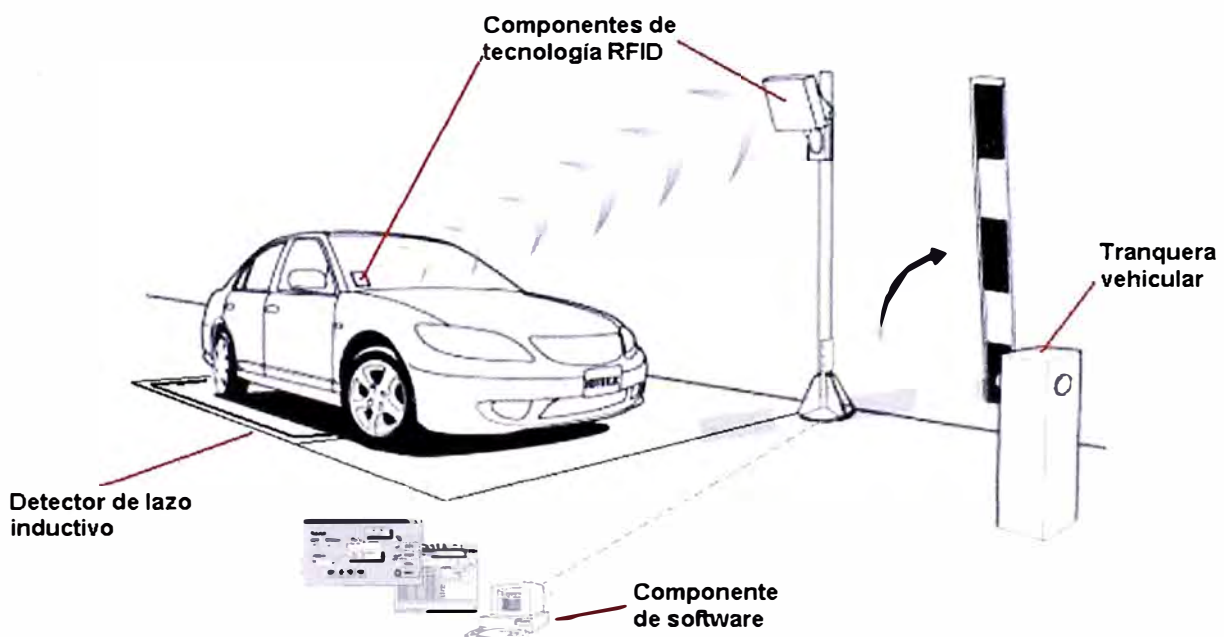
### CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

### 3.1. Visión General de la Solución del Problema

Para resolver el problema, la solución planteada debe identificar tanto al vehículo como su conductor y conceder el acceso a la vía de carguío acarreo sólo si cuentan con los permisos correspondientes.

En base a los requerimientos y limitaciones identificados en la evaluación del problema, descrita en el apartado 1.3, se analizaron las alternativas de solución aplicables. Las Tablas 3.1 y 3.2 resumen el análisis efectuado.



**Figura 3.1** Componentes básicos de la solución propuesta.

*Adaptado de:* [www.globalkeyaccess.com/Images/UploadImages/Image/CarAccess.jpg](http://www.globalkeyaccess.com/Images/UploadImages/Image/CarAccess.jpg)

A partir de dicho análisis, se determinó que la solución a implementar contiene básicamente de los siguientes elementos:

Componentes de tecnología RFID: etiquetas (tags) para vehículos y para conductores, lectores RFID para la captura de información y antenas para la comunicación inalámbrica.

- Tranqueras electromecánicas de accionamiento automático y remoto como mecanismo de contención vehicular.
  - Detectores de vehículo de tipo lazo inductivo, necesarios para determinar el final de paso de un vehículo.
  - Paneles solares y banco de baterías para suministro eléctrico autónomo
  - Componente de software, empleado para la gestión de autorizaciones de acceso y la programación de etiquetas RFID.
  - Componentes de protección ambiental, como pararrayos, pozo a tierra y cajas NEMA.
- La Figura 3.1 ilustra los componentes básicos de la solución planteada.

### 3.2. Análisis teórico del sistema RFID a emplear

Como sabemos, y en base al fundamento desarrollado en el capítulo 2, el canal de radio se ve impactado por las características del ambiente radio eléctrico y geométrico donde se implementa la solución que usa RFID.

Existen referencias de estudios realizados<sup>19,20</sup> sobre los efectos de propagación de diferentes sistemas RFID en UHF en diferentes estructuras y ambientes físicos, que concluyen que el empleo de modelos de trazo de rayos puede aproximar los efectos de propagación reales si el modelado del ambiente físico en particular es ejecutado correctamente.

En el modelo de trazo de rayos, efectos como la reflexión, difracción y dispersión debido a un número finito de reflectores es estimado empleando ecuaciones geométricas. Los estudios en mención concluyen que, en los casos donde el sistema RFID se implementa en un ambiente abierto donde la señal del lector tiene sólo dos componentes (la señal en línea vista y la reflexión del suelo), el modelo de 2 rayos da una buena aproximación de las variaciones de la señal RFID UHF. Este modelo, que fue descrito en la sección 2.7.2, se ilustra en la figura 3.2; con los siguientes parámetros:  $h_1$  altura de la antena del lector,  $h_2$  altura de la etiqueta RFID,  $d_2$  la distancia sobre el suelo entre el lector y la etiqueta,  $w_g$  es el ancho del soporte del lector,  $\rho$  es la medida del desplazamiento entre el lector y la etiqueta. Las referencias de 2 estudios realizados en base a este modelo<sup>21,22</sup> aclaran que las pruebas de campo son indispensables para la optimización de la solución RFID. En particular, son críticos la elección del ángulo  $\psi$  (tilt) de la antena del lector y el desplazamiento  $\rho$  una vez determinadas las alturas  $h_1$  y  $h_2$ .

<sup>19</sup> P. Bosselmann and B. Rembold, "Investigations on UHF RFID wave propagation using a ray tracing simulator"

<sup>20</sup> S. Banerjee, R. Jesme, and R. Sainati, "Performance analysis of short range UHF propagation as applicable to passive RFID"

<sup>21</sup> Milan Svanda, "UHF RF Identification Distance in Indoor Areas"

<sup>22</sup> Milan Svanda, "Application of the UHF RFID System for the Identification of Sportsmen in Mass Races"

**TABLA 3.1. Requerimientos y evaluación de opciones para solución**

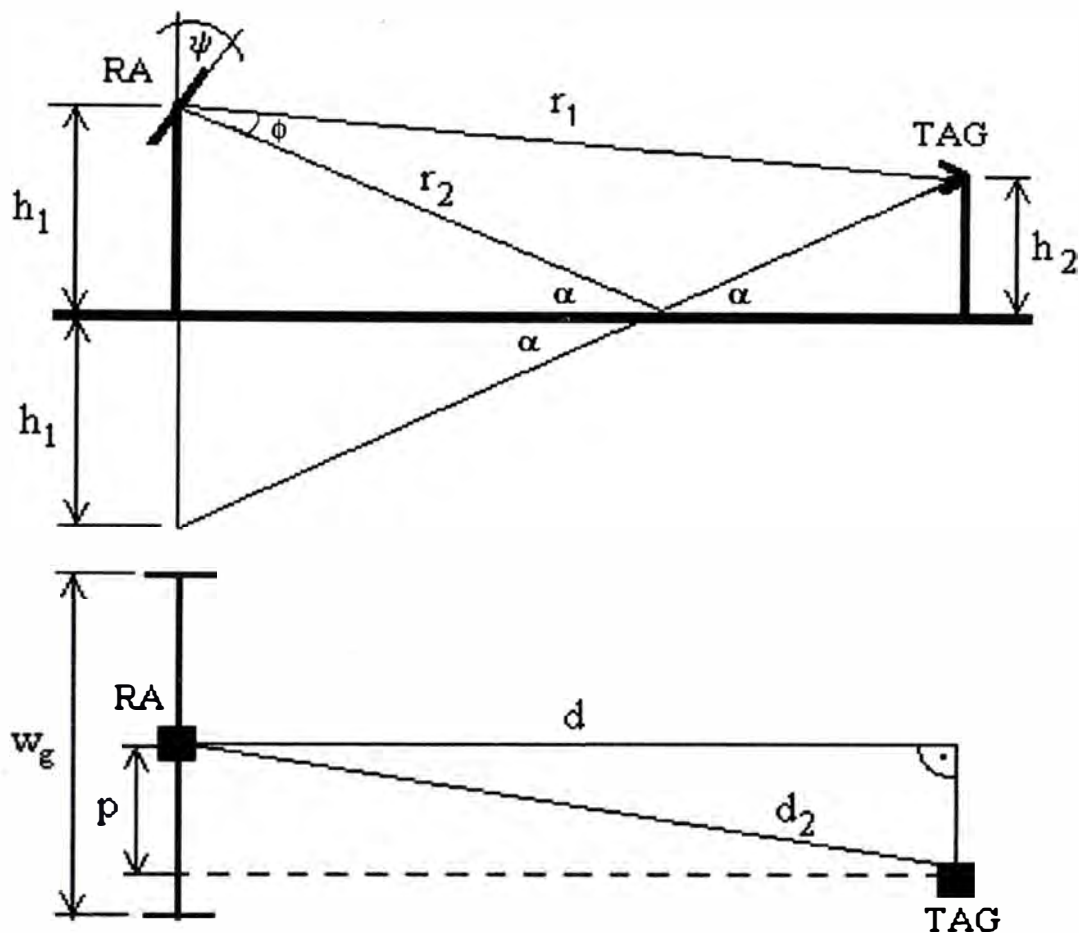
Requerimientos	Opciones		Ventajas	Desventajas
	Nro	Descripción		
Mecanismos de contención de acceso vehicular con funcionamiento automatizado y controlable.	1	Tranqueras de acceso vehicular, tipo brazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo consumo de energía.</li> <li>- De fácil movilidad en caso de reubicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Susceptible de daño por impacto de vehículos ligeros</li> </ul>
	2	Tranqueras de acceso vehicular, tipo báscula	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor dificultad de ser forzada por impacto de vehículos ligeros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto consumo de energía.</li> <li>- Puede sufrir trabas a su mecanismo de operación</li> <li>- Su reubicación requiere mayor esfuerzo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositivos de identificación para vehículos y chofer, adaptables ante cambios en las políticas de acceso.</li> <li>- Identificación automática, rápida y con mínima intervención/exposición del chofer del vehículo.</li> </ul>	1	Tarjetas con banda magnética	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología ampliamente desarrollada (madurez).</li> <li>- Costo de implementación relativamente bajo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deterioro progresivo con el uso</li> <li>- Requiere contacto físico con el lector.</li> <li>- Su operatividad se ve afectada por la suciedad.</li> </ul>
	2	Etiquetas con código de barras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología ampliamente desarrollada (madurez).</li> <li>- Bajo Costo de implementación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se pueden reescribir para reutilizar con otro vehículo o chofer.</li> <li>- Requiere línea de vista para su lectura</li> <li>- Funcionamiento susceptible a la suciedad</li> </ul>
	3	Tecnología RFID	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rango de lectura de varios metros.</li> <li>- No requiere contacto físico.</li> <li>- Capacidad para actualizar información.</li> <li>- Puede trabajar en ambientes severos.</li> <li>- Componentes reprogramables y reutilizables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo de implementación.</li> <li>- Mayor complejidad de implementación.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema lógico que gobierne el funcionamiento de la solución de accesos.</li> <li>- Integración con red de negocios</li> </ul>	1	Componente de software.		

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.2.** Limitaciones del trabajo y propuestas para su mitigación.

Limitaciones	Propuestas		Ventajas	Desventajas
	Nro.	Descripción		
- Ausencia de línea de suministro eléctrico.	1	Generador alimentado por combustible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor costo de instalación</li> <li>- Amplio stock de componentes de repuesto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo en de operación y mantenimiento</li> <li>- Requiere reabastecimiento periódico de combustible.</li> <li>- Impacto ambiental, contaminación por combustibles fósiles.</li> </ul>
	2	Sistema fotovoltaico autónomo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo costo de mantenimiento</li> <li>- Independiente del precio de combustibles.</li> <li>- Silenciosos, no contaminantes.</li> <li>- Larga vida útil</li> <li>- Resisten condiciones climáticas como temperatura y humedad.</li> <li>- Bajo costo de operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo inicial (implementación).</li> </ul>
- Operación a campo abierto, clima severo.	1	- Incluir protección para los componentes que operen a campo abierto (Ejem. Cajas Nema, sistemas de puesta a tierra, pararrayos).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento vida útil de los componentes</li> <li>- Aumento del nivel de disponibilidad de la solución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costo adicional de implementación.</li> </ul>

*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 3.2** Configuración del modelo de 2 rayos. Vista frontal y vista superior.  
*Fuente:* Milan Svanda, "UHF RF Identification Distance in Indoor Areas"  
<http://svandm1.elmag.org/soubory/EuCAP2009.pdf>

La geometría de la solución propuesta se ilustra en la Figura 3.3. A partir de aquí se puede emplear el modelo de 2 rayos descrito en el capítulo 2, para realizar el análisis del radio enlace (presupuesto de potencia) tanto del lector RFID hacia la etiqueta (forward-link) como de la etiqueta hacia el lector RFID (reverse-link).

En base al modelo de 2 rayos, considerando la onda directa y la señal reflejada en la ecuación 2.2, las pérdidas de propagación se estiman en:

$$PL = \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| \frac{1}{r_1} \exp(-jkr_1) + \Gamma(\alpha) \frac{1}{r_2} \exp(-jkr_2) \right|^2 \quad (3.1)$$

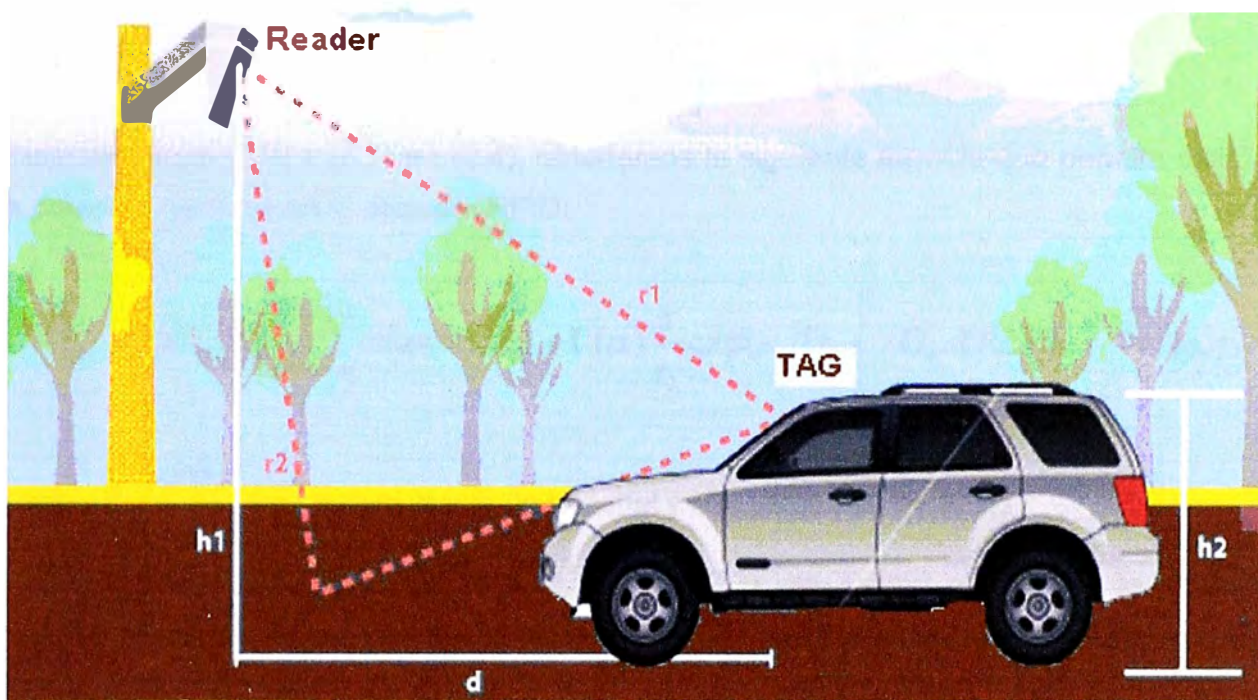
Siendo en este caso:

$r_1$  distancia del rayo directo,  $r_2$  distancia del rayo reflejado.

$$\begin{aligned} r_1 &= \sqrt{d^2 + (h_1 - h_2)^2} = \sqrt{d^2 + h_1^2 + h_2^2 - 2h_1h_2} \\ r_2 &= \sqrt{d^2 + (h_1 + h_2)^2} = \sqrt{d^2 + h_1^2 + h_2^2 + 2h_1h_2} \end{aligned} \quad (3.2)$$

$\alpha$ , ángulo de incidencia:

$$\text{Sin}\alpha = \frac{\sqrt{d^2 + (h_1^2 + h_2^2)}}{h_1 + h_2} \quad (3.3)$$



**Figura 3.3.** Situación geométrica de la solución propuesta.

Adaptado de: Ricardo Meneses, "The RFID Radio Channel Performance in the Vehicular Control"

<http://jvr.freewebsite.org/TableOfContents/Volume4/Issue3/9PathlossInTheRFID.pdf>

$\Gamma(\alpha)$ , coeficiente de reflexión, el cual depende del ángulo de incidencia, la polarización de la señal y la permitividad relativa de la superficie reflectora.

Puesto que para polarización horizontal<sup>23</sup> las ondas reflejadas por el suelo tienen un desfase cercano a los 180°, en este caso emplearemos polarización vertical cuyo desfase será mucho menor y por ende contribuirá positivamente con el la onda directa.

Para el caso de polarización vertical, el coeficiente de reflexión se expresa como:

$$\Gamma(\alpha) = \frac{\varepsilon_r' \text{Cos}(90 - \alpha) - \sqrt{\varepsilon_r' - \text{Sin}^2(90 - \alpha)}}{\varepsilon_r' \text{Cos}(90 - \alpha) + \sqrt{\varepsilon_r' - \text{Sin}^2(90 - \alpha)}} \quad (3.4)$$

donde  $\varepsilon_r'$  es la permitividad relativa compleja, determinada por:

$$\varepsilon_r' = \varepsilon_r - j60\sigma\lambda \quad (3.5)$$

<sup>23</sup> Wendy Middleton, Mac E. Van Valkenburg, "Reference Data for Engineers: Radio, Electronics, Computers and Communications", 9TH Edition

siendo  $\varepsilon_r$  la parte real de la permitividad relativa,  $\sigma$  la conductividad del suelo. Estos valores difieren para cada tipo de superficie e influencia el comportamiento de propagación de la señal de radiofrecuencia.

La Figura 3.4 muestra la configuración propuesta, considerando un desplazamiento  $p=0$ .

El ángulo de polarización  $\theta_p$  puede calcularse como<sup>24</sup>:

$$\theta_p = \tan^{-1} \left[ \frac{h_1 - h_2}{d} \right] \quad (3.6)$$

Reemplazando (2.3) y (3.1) en (2.4), obtenemos la siguiente fórmula que permite estimar la potencia recibida en la etiqueta RFID:

$$P_{tag} = P_t G_t \cdot \left( \frac{\lambda}{4\pi} \right)^2 \left| \frac{1}{r_1} \exp(-jkr_1) + \Gamma(\alpha) \frac{1}{r_2} \exp(-jkr_2) \right|^2 \cdot G_r \cdot (PLF) \cdot \tau \quad (3.7)$$

donde  $k = \frac{2\pi f}{c}$ ,  $f$  es la frecuencia de la señal y  $c$  la velocidad de la luz.

Empleando las ecuaciones (3.7), (3.6), (3.4) y (2.3) se estimó el valor de la potencia recibida en la etiqueta RFID. Asimismo, la ecuación (2.5) permite estimar la potencia de vuelta en el lector RFID.

Estos cálculos se hicieron considerando:

- De acuerdo a lo regulado por la FCC-Part 15 (15.249) dado que Perú se ubica en la Zona 2 de la ITU<sup>25</sup> (International Telecommunication Union) y esto aceptado en Perú por el MTC<sup>26</sup> a través de su Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y regulado por Osiptel<sup>27</sup>:
  - o Frecuencia de operación:  $f = 915 \text{ Mhz}$
  - o Potencia EIRP máxima  $P_t G_{t_{MAX}} = 4W \cong 36 \text{ dBm}$
- $G_r = 2 \text{ dBi}$ , valor promedio de ganancia<sup>17</sup> en modelos comerciales de etiquetas RFID.
- Valores promedio<sup>28</sup> de permitividad y conductividad del suelo:  $\varepsilon_r = 10$ ,  $\sigma = 0.005 \text{ S/m}$ .
- Que el valor promedio<sup>17</sup> de la coeficiente de transmisión de potencia puede estimarse en  $\tau = 0.8$ .

<sup>24</sup> Ricardo Meneses, "The RFID Radio Channel Performance in the Vehicular Control"

<sup>25</sup> CAEN RFID, "Frequency Regulation", [http://www.caenrfid.it/rfid/about\\_rfid2.php](http://www.caenrfid.it/rfid/about_rfid2.php)

<sup>26</sup> Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Plan Nacional de Atribución de Frecuencias"

<sup>27</sup> GS1 Organization, "Regulatory status for using RFID in the UHF spectrum"

<sup>28</sup> Adrian Grafar, "Communications, Radar and Electronic Warfare"



- Que las alturas en que serán colocadas las etiquetas RFID para vehículos ligeros y medianos:  $1.7 \text{ m} \leq h_2 \leq 1.9 \text{ m}$ . Por consiguiente, se propone el uso de 2 antenas RFID a diferentes alturas ( $h_1$ ) para posibilitar la lectura de etiquetas en ambos tipos de vehículos. Esto supone que el lector RFID seleccionado sea capaz de emplear por lo menos 2 lectoras, conmutándolas y eligiendo la mejor señal. Esta técnica se conoce como diversidad espacial por selección<sup>29</sup> y se emplea para mitigar los efectos de las ráfagas de errores debido a propagación multicamino.
- Que la zona de detención de los vehículos, antes de llegar a la tranquera, será  $2.5 \text{ m} \leq d \leq 3 \text{ m}$ .

Los valores obtenidos se muestran en las tabla 3.3 y 3.4.

**TABLA 3.3.** Cálculo de potencia recibida en la etiqueta RFID.

d	$h_{2VM} = 1.9 \text{ m}$		$h_{2VL} = 1.7 \text{ m}$	
	Ptag*_A1	Ptag*_A2	Ptag_A1	Ptag_A2
2.3	-3.43 dBm	-1.32 dBm	-5.19 dBm	-1.21 dBm
2.4	-5.44 dBm	-0.58 dBm	-5.69 dBm	-3.51 dBm
2.5	-6.91 dBm	-0.84 dBm	-4.22 dBm	-5.09 dBm
2.6	-6.24 dBm	-2.05 dBm	-2.88 dBm	-4.25 dBm
2.7	-4.64 dBm	-4.03 dBm	-2.47 dBm	-2.71 dBm
2.8	-3.52 dBm	-6.05 dBm	-3.07 dBm	-1.85 dBm
2.9	-3.21 dBm	-6.47 dBm	-4.61 dBm	-1.88 dBm
3	-3.71 dBm	-5.22 dBm	-6.72 dBm	-2.76 dBm
3.1	-4.98 dBm	-3.88 dBm	-7.96 dBm	-4.38 dBm
<b>Leyenda</b>				
Ptag*_A1	Potencia recibida por el tag RFID de un vehículo mediano, proveniente de la antena 1.			
Ptag*_A2	Potencia recibida por el tag RFID de un vehículo mediano, proveniente de la antena 2.			
Ptag_A1	Potencia recibida por el tag RFID de un vehículo ligero, proveniente de la antena 1.			
Ptag_A2	Potencia recibida por el tag RFID de un vehículo ligero, proveniente de la antena 2.			
<b>Variables</b>				
$P_t G_t$ (EIRP Tx)	36 dBm	Potencia de Tx		
$G_r$ (Rx Tag RFID)	2 dBi	Ganancia Tag RFID		
$h_{1A1}$	2.9 m	Altura de antena 1 del lector RFID		
$h_{1A2}$	2 m	Altura de antena 2 del lector RFID		
$h_{2VL}$	1.7 m	Altura tag RFID en vehículo ligero		
$h_{2VM}$	1.9 m	Altura tag RFID en vehículo mediano		

Fuente: Elaboración propia.

<sup>29</sup> José Daniel Guzmán, "Diseño de Antenas y Caracterización de Interferencias entre Lectores RFID."

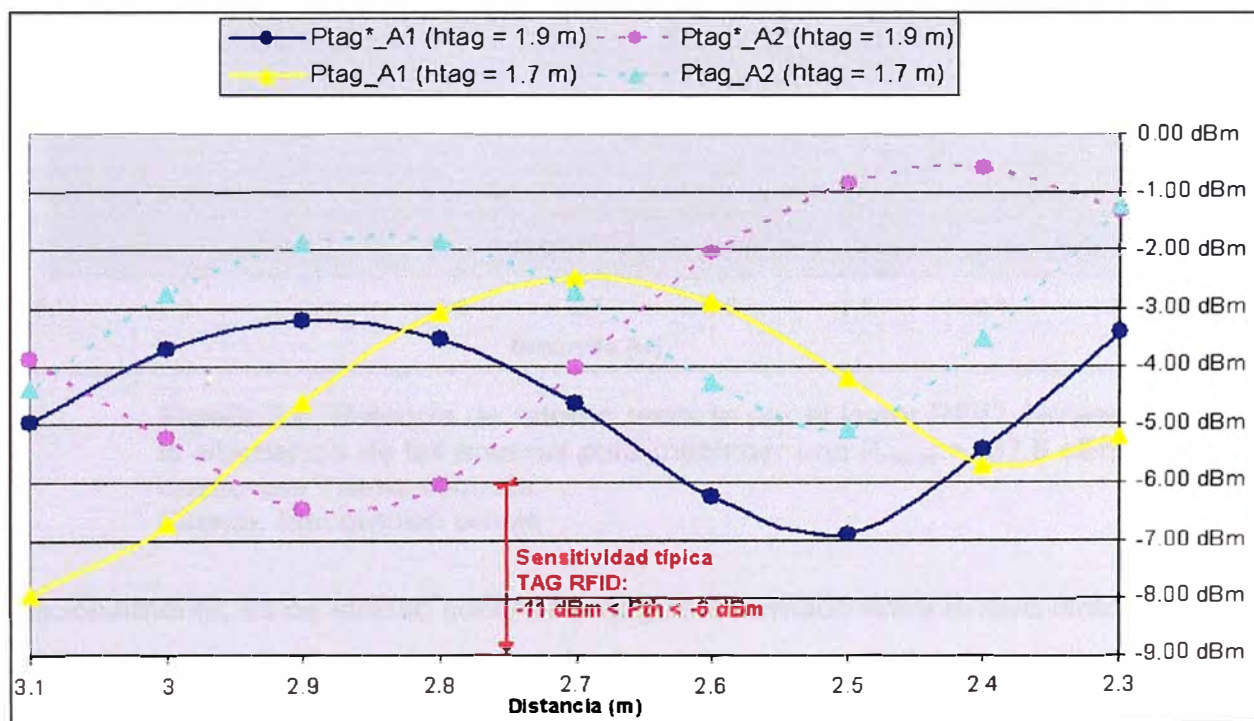
TABLA 3.4. Cálculo de potencia recibida en el lector RFID.

$h_{2VM} = 1.9 \text{ m}$		$h_{2VL} = 1.7 \text{ m}$	
Preader_A1*	Preader_A2*	Preader_A1	Preader_A2
-35.09 dBm	-32.24 dBm	-37.14 dBm	-32.19 dBm
-37.41 dBm	-31.86 dBm	-37.93 dBm	-34.85 dBm
-39.18 dBm	-32.48 dBm	-36.75 dBm	-36.78 dBm
-38.81 dBm	-34.03 dBm	-35.69 dBm	-36.28 dBm
-37.49 dBm	-36.34 dBm	-35.55 dBm	-35.06 dBm
-36.66 dBm	-38.67 dBm	-36.42 dBm	-34.51 dBm
-36.62 dBm	-39.39 dBm	-38.22 dBm	-34.85 dBm
-37.38 dBm	-38.43 dBm	-40.58 dBm	-36.02 dBm
-38.90 dBm	-37.38 dBm	-42.06 dBm	-37.92 dBm

<b>Leyenda</b>	
Preader_A1*	Potencia recibida por lector RFID en la antena 1, proveniente del tag en vehículo mediano.
Preader_A2*	Potencia recibida por lector RFID en la antena 2, proveniente del tag en vehículo mediano.
Preader_A1	Potencia recibida por lector RFID en la antena 1, proveniente del tag en vehículo ligero.
Preader_A2	Potencia recibida por lector RFID en la antena 2, proveniente del tag en vehículo ligero.

Fuente: Elaboración propia.



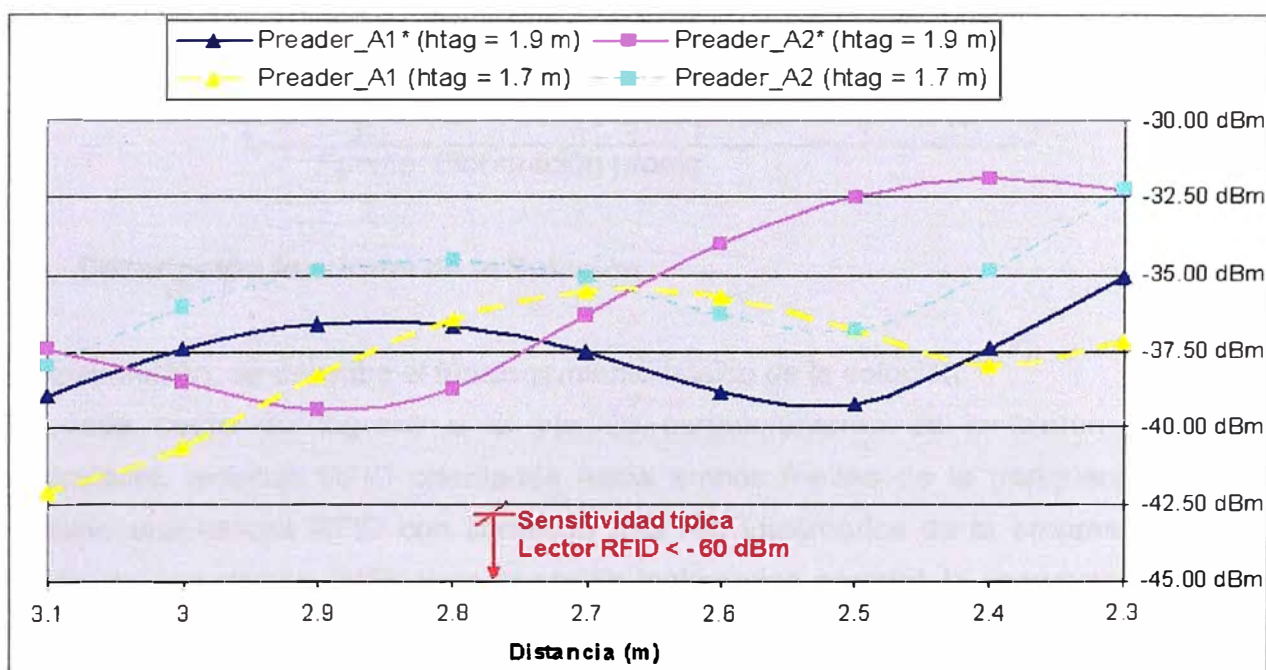
**Figura 3.5.** Potencia recibida por la etiqueta RFID. Nótese la alternancia de las antenas para mantener una  $P_{tag} > -5 \text{ dBm}$ .  
Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 3.5 y 3.6, que ilustran los cálculos realizados, muestran que en la solución propuesta:

El nivel de potencia recibido en la etiqueta RFID es mayor a -5 dBm para las etiquetas colocadas en vehículos medianos y mayor a -4 dBm para las etiquetas colocadas en vehículos ligeros.

La señal transmitida por las etiquetas RFID de vuelta al lector será recibida por este con una potencia mayor a -40 dBm, a través de cualquiera de las 2 antenas RFID del lector.

Considerando que los valores de umbral de sensibilidad de las etiquetas RFID comerciales<sup>30</sup> está entre los -6 dBm a -11 dBm y que para los lectores RFID comerciales<sup>31</sup> es típicamente de -60dBm, se concluye que la implementación de la solución propuesta es factible.



**Figura 3.6.** Potencia de retorno recibida por el lector RFID. Nótese la alternancia de las antenas para mantener una  $P_{\text{reader}} > -37.5$  dBm desde una misma etiqueta.

*Fuente:* Elaboración propia.

Adicionalmente, es de utilidad conocer el ángulo  $\phi$  formado entre el rayo directo y el rayo reflejado, pues esto nos da una idea del valor necesario del ancho de haz de la antena de transmisión del lector. De acuerdo a la Tabla 3.5, calculada en base a los parámetros ya mencionados, para la antena más elevada RFID el ángulo oscila entre los 35° y 41°, mientras que para la antena más baja oscila entre los 45° y 55°.

<sup>30</sup> Alien Technology, Higgs 2 Datasheet, [http://www.alientechnology.com/docs/products/DS\\_H2.pdf](http://www.alientechnology.com/docs/products/DS_H2.pdf)

<sup>31</sup> Impinj, "Five Factors For Success: UHF Gen 2 RFID Readers"

**TABLA 3.5.** Cálculo de ángulo  $\phi$  para ambas antenas del lector RFID.

$h_2$	1.7	1.9	1.9	1.7
$h_1$	2.9		2	
$d$	$\phi$			
2.3	35.9 °	40.9 °	57.0 °	50.7 °
2.4	35.9 °	40.8 °	56.0 °	49.9 °
2.5	35.8 °	40.7 °	55.0 °	49.1 °
2.6	35.7 °	40.5 °	54.1 °	48.3 °
2.7	35.6 °	40.3 °	53.2 °	47.5 °
2.8	35.5 °	40.1 °	52.3 °	46.8 °
2.9	35.3 °	39.8 °	51.4 °	46.0 °
3	35.1 °	39.6 °	50.5 °	45.3 °
3.1	34.9 °	39.3 °	49.7 °	44.5 °

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.3. Descripción funcional de la Solución

A continuación, se describe el funcionamiento básico de la solución:

En cada punto de ingreso a la vía de carguío/acarreo se instalaron tranqueras vehiculares, antenas RFID orientadas hacia ambos frentes de la tranquera así como también una lectora RFID con conexión a la red inalámbrica de la empresa minera a través de una antena WiFi. Esta conexión inalámbrica permitió la comunicación con el sistema centralizado que contiene la información de permisos y políticas de seguridad aplicables.

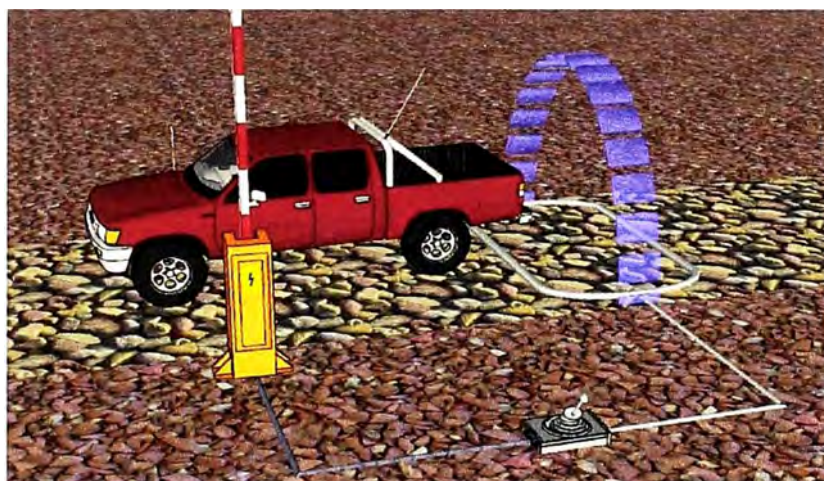
Cuando un vehículo y su conductor, contando cada uno con una etiqueta RFID, llegan al punto de ingreso a la vía de carguío/acarreo son detenidos por la tranquera vehicular. El lector RFID recibe la información de identidad de las etiquetas RFID, contrasta dicha información con el sistema centralizado y determina así si el vehículo y conductor están autorizados para acceder a la vía.

En caso exista la autorización, el sistema ordena la apertura de la tranquera permitiendo el paso del vehículo. En caso contrario, el sistema registra y reporta el incidente, según la política de seguridad.

Las figuras 3.2, 3.3 y 3.4 ilustran la descripción expuesta.



**Figura 3.2** Vehículo ingresando a zona de control.  
*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 3.3** Acceso otorgado en base a verificación de permisos.  
*Fuente:* Elaboración propia.



**Figura 3.4** Cierre automático post ingreso de vehículo autorizado.  
*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.4. Detalle de la Solución y Equipamiento

#### 3.4.1. Tranqueras de acceso

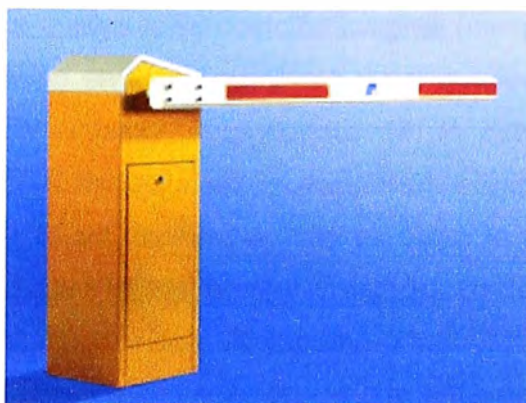
Se emplea un "gate" de acceso o "tranquera" que será instalada en la vía de ingreso donde se requiera controlar el acceso. Se controla el paso de un vehículo por vez, en ambos sentidos de la vía.

Las consideraciones para la elección de la tranquera empleada fueron las siguientes:

- Longitud: El brazo de la tranquera debe tener una longitud que permita bloquear el paso de vehículos ligeros (autos, camionetas) a través de los puntos de ingreso.
- Velocidad de accionamiento: Tiempos reducidos de apertura y cierre, para evitar que un vehículo pase detrás de otro.
- Consumo de energía: Deben tener un mínimo consumo puesto que serán instaladas en zonas sin suministro de la red de energía eléctrica. La alimentación eléctrica se realizará por medio de un sistema de energía solar.
- Resistencia ambiental: Las tranqueras operarán en alturas alrededor de 3.500 m.s.n.m., y a campo abierto.
- Movilidad: Los puntos de ingreso pueden variar, por lo que las tranqueras deben ser instaladas considerando que sea factible su movilidad y reubicación.

A partir de las consideraciones mencionadas, se eligió la tranquera modelo MBE35 de la marca Magnetic Autocontrol cuyas imagen se muestra en la Figura 3.5 y cuyas características son:

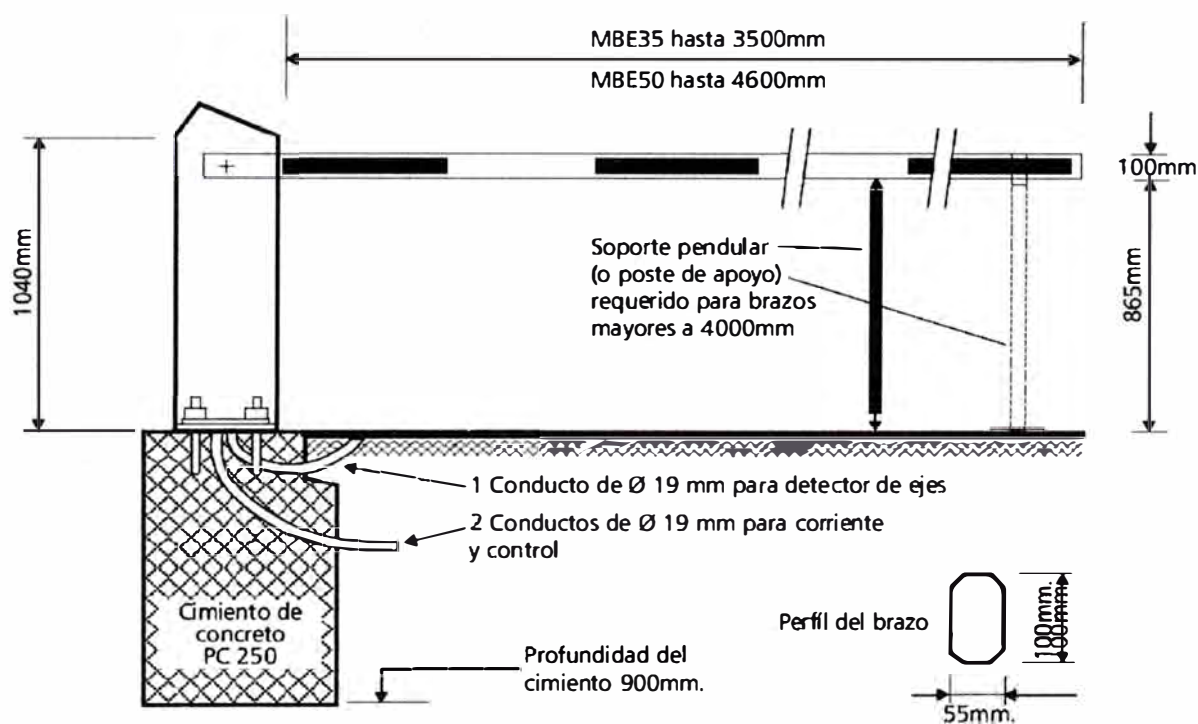
Brazo de aluminio	: 3,5 m. Con pintura refractaria y anticorrosiva.
Tiempo de apertura	: 2,3 s
Tiempo de cierre	2,8 s
Consumo eléctrico	: 65 W
Voltaje	: 115 VAC
Frecuencia	: 60 Hz
Peso	: 45 Kg
Sensor loop detector, para detectar el final del paso de vehículos.	



**Figura 3.5** Tranquera vehicular

Fuente: <http://www.ac-magnetic.com/products/1-1-1-465-3-En.html>

La Figura 3.6 ilustra las condiciones de instalación de la tranquera:



**Figura 3.6.** Diagrama de instalación de tranquera. (Data Sheet MBE35)

Fuente: *Datasheet* MBE35 [www.ac-magnetic.com/download/77-En-MF\\_5125%20USA.pdf](http://www.ac-magnetic.com/download/77-En-MF_5125%20USA.pdf)

Se describe a continuación la forma de operación de las tranqueras y algunas consideraciones:

- Las tranqueras se abren automáticamente mediante un impulso eléctrico enviado por la lectora RFID, ubicada en cada punto de control. Dicho impulso será generado cada vez que el sistema RFID detecte un permiso de acceso válido, tal y como se detalla en el apartado 3.3.2.

El brazo de la tranquera vuelve a su posición original (cerrado) cuando el vehículo ha cruzado la tranquera. Esto se logra mediante un dispositivo detector de vehículo de tipo lazo inductivo (loop detector) que consta de un cable especial, distribuido en forma de círculo de 1.5 m de radio aproximadamente, energizado constantemente e instalado debajo del suelo en la zona donde se ubica la tranquera. Este cable está preparado para instalaciones sobre terrero asentado, como corresponde a este caso. Dicho cable varía su inductancia cuando un objeto metálico se encuentra dentro de su perímetro y por ende genera una variación de corriente eléctrica sobre el mismo. Se ilustra este componente en la Figura 3.7.

El loop detector registrará dicha variación cada vez que un vehículo haya cruzado el área delimitada por el cable y enviará una señal de cierre a la tranquera, haciendo descender su brazo de aluminio.

Las tranqueras pueden ser abiertas y cerradas de forma manual en caso de falla del sistema.

Debido a las limitaciones eléctricas ya comentadas, se consideró que el ritmo de trabajo promedio para estas tranqueras es de 400 ciclos por día, donde un ciclo consta de la apertura y cierre del brazo de aluminio. No obstante las tranqueras están diseñadas para un uso intensivo.

Los brazos de aluminio están cubiertos de pintura refractaria de modo que son vistos con claridad por las noches al ser iluminadas.



**Figura 3.7** Vehicle Loop Detector y sus accesorios.

*Fuente:* <http://www.emxinc.com/vehicle-loop-detector-d-tek-box.html>

### 3.4.2. Dispositivos RFID

La elección de los componentes RFID de la solución implementada se basó en las siguientes consideraciones:

Se requieren 2 tipos de etiquetas RFID, unas del tipo portable para uso de los choferes y otras para uso en cada vehículo, adheridas al parabrisas.

Etiquetas con durabilidad mínima de 5 años, con capacidad de ser regrabables y por ende reutilizables.



Componentes con un bajo consumo de energía eléctrica.

Se debe emplear una frecuencia que no requiera licenciamiento.

Operación a campo abierto (bajas temperaturas, altura alrededor de 3,500 m.s.n.m.)

Lectora RFID con capacidad para conexión a 4 antenas RFID y además con interfaz para comunicación inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.11 b/g.

A continuación se describen las etiquetas elegidas.

#### **3.4.2.1. Etiquetas RFID Pasivas:**

Se emplearon “tags” o etiquetas RFID del tipo pasivo es decir, no cuentan con un suministro de energía interno (batería) sino que reciben por medio de su antena interna la señal de radio frecuencia de la lectora RFID (915MHz) y utilizan esta señal como energía para activarse y a la vez transmitir, a través de la misma antena interna y en la misma frecuencia, los datos almacenados en si mismos. Estas etiquetas tienen la capacidad de ser leídas y escritas tantas veces como se requiera. Se emplean tags de la marca Intermec, en 2 modelos descritos a continuación:

*Modelo ID Card – Uso en Badge:* Este tipo de etiquetas serán adheridos a los badge de los empleados cuyo acceso se requiera controlar. Características:

Dimensiones: 2.125 x 3.375 x 0.3 pulgadas.

Temperatura de trabajo: -40 °C a 85 °C.

Frecuencia de trabajo: 915 MHz.

Rango de Lectura: 10 pies.

Cumple con estándar ISO/IEC 18000 Part 6

*Modelo WindShield – Uso en Vehículos:* Este tipo de etiquetas serán adheridas en la parte interior del parabrisas (lado superior derecho) de cada uno de los vehículos cuyo acceso se requiera controlar. Características:

Dimensiones: 1.81 x 3.11 x 0.51 pulgadas.

Temperatura de trabajo: -40 °C a 85 °C.

Frecuencia de trabajo: 915 MHz.

Rango de Lectura: 13 pies.

Cumple con estándar ISO/IEC 18000 Part 6

La Figura 3.8 y Figura 3.9 ilustran ambos modelos de etiquetas RFID.

#### 915 MHz Intelligent ID Card



THE INTELLITAG® ID CARD is the first credit card format RFID tag on the market to provide both long-range identification and multiple read/write capability. The tag is ideal for secure ingress/egress applications where a safe distance is required and is currently used for expedited border crossings between the United States and Canada. The tag is available as a blank card or with magnetic striping.

Typical Applications: Security access and control

**Figura 3.8** Modelo de etiqueta RFID pasiva para badges.

*Fuente:* Intermec Inc.

#### 915 MHz Windshield Sticker Tag



THE INTELLITAG® WINDSHIELD TAG is optimized for attachment to vehicle windshields and is primarily used for highway toll applications and for access control in parking areas or gated communities. It has also been implemented into several civilian and military homeland security projects. The tag is produced on a flexible substrate and includes an adhesive release liner for ease of installation.

Typical Applications: Vehicle access, parking and toll

**Figura 3.9** Modelo de etiqueta RFID pasiva para vehículos.

*Fuente:* Intermec Inc.

Cada tipo de etiqueta contendrá información del elemento al cual pertenezca, es decir:

Las etiquetas para badge de empleados almacenan información referida a número de serie y datos (nombre y apellido) del empleado, área a la que pertenece, permisos de acceso, vehículos a su disposición.

Las etiquetas para vehículos almacenan información referida al número de placa, unidad a la que pertenece, tranqueras que puede cruzar.

#### 3.4.2.2. Lectoras RFID y comunicación inalámbrica:

Las lectoras RFID empleadas operan a una frecuencia de 915MHz y fueron configuradas para transmitir continuamente de forma tal que al estar presente una etiqueta RFID dentro de su zona de operación ésta sea energizada y transmita su información, como se describió anteriormente.

La lectora RFID empleada es de marca Intermec, modelo IF5. Esta lectora tiene la capacidad de leer y escribir (grabar) una etiqueta RFID a través de radio frecuencia. Cada lectora soporta hasta 4 antenas RFID de 915MHz, conmutadas electrónicamente, y cuenta con 4 puertos de entrada y 4 puertos de salida, los mismos que pueden ser utilizados para recibir señales de sensores y para activar algún elemento externo, respectivamente. En este caso, se empleó un puerto de entrada para la señal del loop detector y tres puertos de salida, dos para la apertura/cierre de la tranquera y uno para encender una luz indicadora.

En adición, esta lectora cuenta con una tarjeta Wi-Fi (2.4 GHz) conectada una antena externa omnidireccional de 8 dBi de ganancia, marca Hyperlink, modelo HG2408U. Esta antena Wi-Fi se instaló con un protector 'Lightning Arrestor'.

Ambos componentes se ilustran en la Figura 3.10.



**Figura 3.10** Lectora RFID y antena Wi-Fi

*Fuente: <http://www.barcodesinc.com/intermec/if5-rfid-zoom.htm>*

Esta lectora es compatible con etiquetas EPC Class 1 Gen 2. Además, cuenta con un componente de software embebido denominado WRDI (Websphere RFID Device Infrastructure) de la marca IBM, el cual permite que la lectora posea una lógica interna para realizar las validaciones de manera local y que a su vez tenga comunicación con la plataforma IBM RFID WebSphere Premises Server (componente de software para administración centralizada de la solución). Gracias al WRDI el sistema puede continuar operando en forma "off-line" en caso de falla de la red inalámbrica. Como se mencionó anteriormente, dependiendo del resultado de la validación interna que realice la lectora, esta enviará un pulso eléctrico a la tranquera para que se abra.

Las lectoras RFID fueron instaladas en cada uno de los puntos de acceso dentro de cajas NEMA 4X tipo outdoor. También se instaló una lectora RFID en una oficina de la empresa minera donde se realiza la actualización (grabación) de datos en las etiquetas RFID.

### **3.4.2.3. Antenas RFID y Accesorios:**

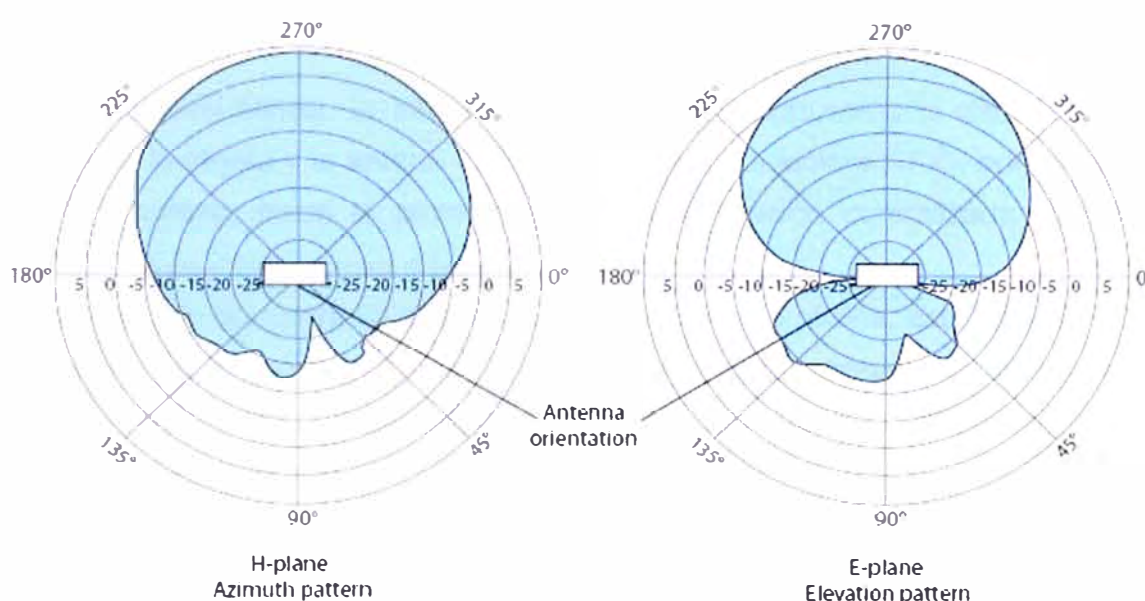
Las antenas del sistema RFID empleado son de marca Intermec, modelo IA31B, trabajan a una frecuencia de 915MHz, son direccionales y cuentan con una ganancia de 6dBi. Estas antenas transmiten y focalizan las señales radioeléctricas de 915 Mhz de las lectoras RFID (ancho de haz a 3dB de 60°), permitiendo así la lectura y/o escritura de una etiqueta a una distancia de hasta 13 pies de dichas antenas.

La Figura 3.11 ilustra la antena en mención y la Figura 3.12 muestra su correspondiente patrón de radiación.



**Figura 3.11** Antena RFID

Fuente: Intermec Inc, "IA31B\_sp ec\_web.pdf"



**Figura 3.12** Patrón de radiación de la antena RFID

Fuente: Intermec Inc, "IA31B\_sp ec\_web.pdf"

Para instalar las antenas, se incluyen 2 postes de fierro galvanizado de 3 m ubicados a ambos lados de la tranquera y fijados al suelo a través de pedestales. Se instalan 2 antenas en cada poste, dicha distribución permitirá la detección de vehículos y pasajeros que se aproximen hacia el punto de acceso en ambos sentidos.

Las antenas RFID son conectadas a las lectoras RFID a través de cables coaxiales y son montadas sobre los postes anteriormente mencionados. Las antenas se ubican en dos alturas diferentes, garantizando así la lectura de las etiquetas de vehículos de distintas dimensiones como por ejemplo un camión ligero o una camioneta. Esto conforme a lo analizado en la sección 3.2 de este informe.

#### **3.4.2.4. Operación de los componentes RFID:**

El sistema compuesto por los elementos mencionados operará de la siguiente forma:

Cuando un vehículo se aproxime hacia una de las tranqueras, en cualquiera de los 2 sentidos de la vía, se detendrá en la 'zona de registro' la cual está ubicada frente al brazo de la tranquera y a una distancia no mayor de 3 metros de las antenas RFID. En este momento el tag del vehículo y el de su conductor transmiten su información a la lectora RFID por medio de sus antenas.

La información es analizada por la lectora RFID la cual realizará una validación empleando su base de datos local buscando si hay alguna coincidencia de acuerdo a una política previamente definida, como por ejemplo que el pasajero 'A' posea derecho de paso en la tranquera 'B' con el vehículo 'C'.

En función al resultado de la validación, la lectora RFID enviará una señal eléctrica a la tranquera para su apertura o una señal para el encendido de la luz indicadora de acceso denegado.

De forma simultánea, la información del acceso concedido o denegado es enviada, mediante la tarjeta y la antena Wi-Fi conectadas a la lectora RFID, por la red inalámbrica de la empresa, hacia la plataforma de administración centralizada Websphere. Esta plataforma es descrita más adelante.

En el caso de la lectora RFID ubicada en ambiente de oficina, esta será controlada por el operador del sistema a través de la plataforma centralizada Websphere para grabar, borrar y leer información de los dos tipos de etiquetas RFID de acuerdo a las necesidades existentes.

### **3.4.3. Sistema de Energía Eléctrica**

Se hace uso de un sistema de energía solar por cada tranquera, el cual está compuesto por paneles solares y bancos de baterías. Este sistema proporciona energía a las tranqueras y las lectoras RFID.

Las consideraciones de diseño fueron las siguientes:

Incidencia solar en la zona	: 4.5 horas/día
Funcionamiento continuo	: 24 horas, 365 días del año
Voltaje del sistema	: 24 VDC
Inversor para conversión AC	: 24 VDC a 110 VAC
Pérdidas del inversor	: 5%
Consumo eléctrico de tranqueras (en operación)	: 65 W
Consumo eléctrico de lector RFID (en operación)	: 50 W
Operación de las tranqueras	: Hasta 400 ciclos por día 1 ciclo = apertura y cierre

Autonomía del sistema de baterías

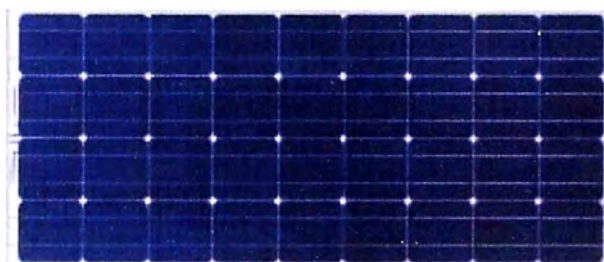
(Considerando que no hay carga a través de los paneles solares) : 3 días

Se determinó entonces el uso de 10 paneles solares y 6 baterías por cada punto de acceso. La tabla 3.5 muestra los cálculos realizados.

Los elementos que lo conforman son descritos a continuación:

#### 3.4.3.1. Paneles Solares y accesorios:

Los paneles solares propuestos son de marca Shell Solar de 80 W y se considera un grupo de diez (10) paneles por cada tranquera, conectados de la siguiente manera: 2 en serie y 5 en paralelo pues el sistema opera a 24 VDC. Se ilustra un ejemplo en la Figura 3.12.



**Figura 3.12** Panel solar

*Fuente:* <http://telemetryhelp.com/Datasheets/ShellSQ80.pdf>

Los paneles son montados sobre una plataforma metálica o mesa de montaje, ubicada en la parte superior de un soporte zincado, arriostrado, de 4 m según se muestra en el Anexo A. Este soporte se ubicará en la misma zona que las tranqueras.

Se incluye también un sistema controlador conectado a los paneles solares el cual distribuye la energía eléctrica producida por ellos hacia las baterías o directamente hacia el inversor. El controlador se ilustra en la Figura 3.13.



**Figura 3.13** Controlador Solar

*Fuente:* <http://www.morningstarcorp.com/en/support/library/ProStar%20Datasheet.pdf>

**TABLA 3.5.** Cálculo de paneles solares y baterías para el sistema fotovoltaico.

Descripción	Voltaje	Consumo (W)	Cantidad	Consumo Total (W)	Horas de uso por día	Total Watts hora/día	
Lector RFID	24VDC	50.0	1	50.0	24	1,200.00	
Tranquera de acceso vehicular	24VDC	60.0	1	60.0	24	1,440.00	
Pérdidas del inversor	24VDC	5.5	1	5.5	24	132.00	<b>Total Amp hora/día</b>
<b>Demanda total de energía en Watts-hora/día</b>						<b>2,772.00</b>	<b>115.50</b>

PANELES		BATERIAS	
PANEL SELECCIONADO	SHELL SOLAR	AUTONOMIA ESPECIFICADA (DIAS)	3
CANTIDAD DE PANELES		CAPACIDAD MINIMA (AH)	433.125
<b>SERIE</b>	<b>2</b>	BATERIA SELECCIONADA	
<b>PARALELO</b>	<b>5</b>	MARCA	Sonnenschein Solar Block
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	MODELO	SB12/130 A
		VOLTIOS	12
		CAPACIDAD DEL BANCO (AH)	130
		CAPACIDAD TOTAL DE LOS BANCOS (AH)	390
POTENCIA DEL PANEL SOLAR (W)	80	<b>AUTONOMIA RES. (DÍAS)</b>	<b>2.7</b>
TENSION NOMINAL DEL PANEL SOLAR (V)	12		
CORRIENTE A POTENCIA MAXIMA POR PANEL (A)	4.8	CANTIDAD DE BATERIAS	
CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO (A)	4.85		
POTENCIA TOTAL (W)	800	<b>SERIE</b>	<b>2</b>
CORRIENTE LADO SOLAR	24	<b>PARALELO</b>	<b>3</b>
ANGULO DE INCLINACIÓN (°)	15 Norte	<b>TOTAL</b>	<b>6</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.3.2. Banco de baterías:

Las baterías empleadas son de marca Sonnenschein, modelo SB12/130A, de 130A/h cada una. Se instalaron bancos de 6 baterías para alimentar el sistema de 24 VDC, 2 en serie y 3 en paralelo. Se ilustra un ejemplo de batería en la Figura 3.14.



**Figura 3.14** Batería SB12/130 A

*Fuente:* [http://www.energymatters.com.au/images/sonnenschein/sb130 data sheet.pdf](http://www.energymatters.com.au/images/sonnenschein/sb130%20data%20sheet.pdf)

Cada banco de baterías fue instalado dentro un gabinete NEMA 4x outdoor, el mismo que será montado sobre el mismo soporte zincado, arriostrado, de 4 metros cuyo esquema se muestra en el Anexo A.

### 3.4.3.3. Inversor de voltaje

Para cada banco de baterías se incluye un inversor DC/AC que convertirá el voltaje de las baterías de 24 VDC a un voltaje de 110 VAC capaz de soportar hasta 150W de potencia. Este inversor será el que energice directamente a las tranqueras y a las lectoras RFID dado que ambos trabajan a un voltaje de 110 VAC. Se ilustra un ejemplo de inversor en la Figura 3.15.



**Figura 3.15** Inversor de Voltaje

*Fuente:* <http://www.astroncorp.com/catalog.asp>

### 3.4.4. Sistema de Protección Eléctrica

La solución implementada contempla un sistema de protección eléctrica constituido por pararrayos, sistemas de puesta a tierra y protectores de sobre-tensión. Se instaló uno de estos sistemas junto a cada tranquera. Los elementos que conforman dicho sistema se



describen a continuación.

#### **3.4.4.1. Pararrayos**

Se empleó un pararrayos Franklin tipo Blunt en bronce cromado instalado en cada punto de acceso de modo que todos los componentes de la solución propuesta que estén instalados en dicho punto queden protegidos de descargas eléctricas atmosféricas. El pararrayos se monta sobre un poste de fierro galvanizado de 6m de longitud y 2" de diámetro, que a su vez está montado sobre un pedestal ubicado de forma tal que su radio de cobertura cubra todos los componentes mencionados. El pararrayo se conecta a un pozo a tierra a través de un cable desnudo de cobre de 1/0.5 mm<sup>2</sup>

#### **3.4.4.2. Puesta a Tierra**

Se considera la provisión de dos (02) puestas a tierra por cada uno de los puntos de acceso, una para el pararrayos y otra para los equipos.

*Puesta a Tierra para pararrayos:* Se considera una en cada punto de acceso. Se ubicará a una distancia de entre 5 y 10 metros de cada pararrayos y está compuesta de Cemento Conductivo GEO-GEM y Bentonita Sódica. Incluye cajas de registro de PVC, flejes de cobre de 0.5 mm x 60 mm x 30 m, pernos de bronce y terminales. Su función es disipar las descargas eléctricas que puedan incidir sobre el pararrayos. La resistividad de esta puesta a tierra es de 10 Ohmios.

*Puesta a Tierra para equipos:* Se instaló una en cada punto de acceso. Se ubica cerca de la tranquera y está compuesta de Cemento Conductivo GEO-GEM y Bentonita Sódica. Incluirá cajas de registro de PVC, flejes de cobre de 0.5 mm x 60 mm x 30 m, pernos de bronce y terminales. Su función es proteger a los equipos (como la tranquera, lectoras RFID e inversores de voltaje) absorbiendo cualquier sobrecarga eléctrica que pueda producirse por un mal funcionamiento de los equipos, por un corto circuito o simplemente por la carga estática generada en la zona donde opere la solución. La resistividad de esta puesta a tierra es de 5 Ohms.

#### **3.4.4.3. Protección contra Sobre-Tensión:**

Se considera la instalación de 1 protector de sobre-tensión de 110V, modelo SD150-S, 50kA, monofásico. Este estará conectado al inversor de voltaje en cada punto de acceso.

#### **3.4.5. Montaje de componentes**

Fue necesario contar con una plataforma de montaje sobre la cual se instalaron los componentes de la solución. Por requerimiento de diseño, esta plataforma debe ser móvil para permitir el traslado de la solución. La Figura 3.16 ilustra el diagrama de la plataforma de montaje empleada.

Sobre dicha plataforma de montaje se instalaron los componentes RFID, sistema de energía solar y sistema de protección eléctrica ya descritos. El diagrama de instalación se muestra en la Figura 3.17.

Un punto de control ya implementado y operativo se muestra en la Figura 3.18.



**Figura 3.18** Ejemplo de punto de control de acceso.

Fuente: Zona de operación minera.

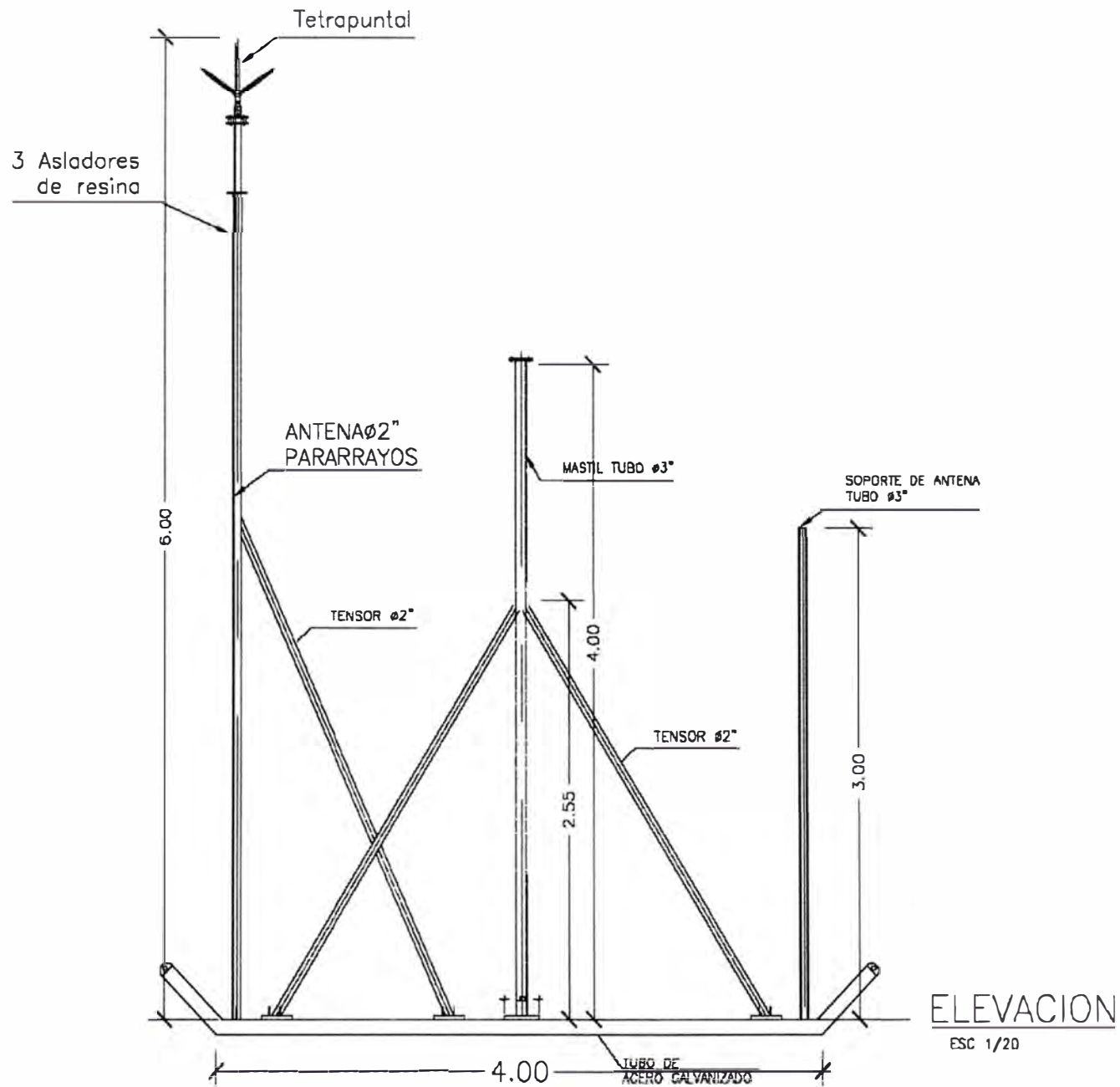
### **3.4.6. Plataforma middleware y componentes de software**

#### **3.4.6.1. Plataforma IBM WebSphere**

Se empleó el software Websphere RFID Premises Server de la marca IBM para la implementación de la plataforma de administración de la solución de control de accesos propuesta, centralizando así dicha administración en una sola consola. Este componente permite la integración de otras aplicaciones de la tecnología RFID, cuando sea requerido y siendo compatible con distintas lectoras y etiquetas RFID comerciales.

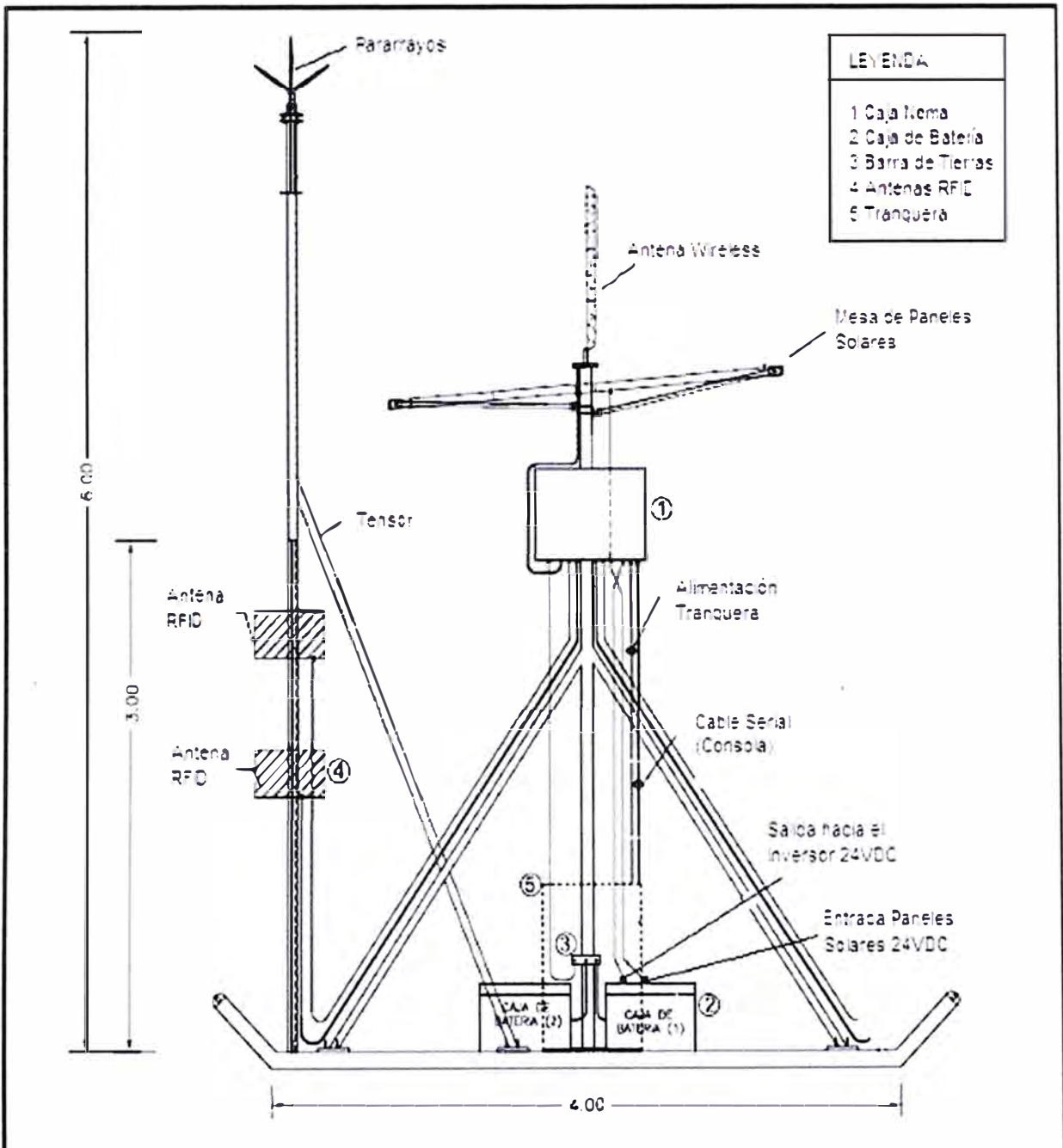
En general, entre las capacidades de la plataforma IBM Websphere Premises Server se incluyen:

- Interpreta la información de elementos RFID y monitorea los eventos asociados.
- Provee servicios de seguridad para el control de accesos y la autenticación.
- Puede administrar diferentes lectoras RFID del mercado.



**Figura 3.16.**  
Diagrama de plataforma  
de montaje.

Fuente: Plano de plataforma de montaje.



**Figura 3.17**  
 Instalación sobre plataforma de montaje

Fuente: Plano de plataforma de montaje.

Interpreta la información de elementos RFID y monitorea los eventos asociados.

Provee servicios de seguridad para el control de accesos y la autenticación.

Puede administrar diferentes lectoras RFID del mercado.

Provee un ambiente robusto de aplicaciones J2EE para la integración de diferentes eventos RFID provistos por variados equipos de RFID dentro de los procesos de negocio del cliente.

Filtra, agrega, monitorea y escala eventos RFID para detectar estados operacionales críticos de negocio o realizar "tracking" para la localización de objetos físicos.

Provee almacenamiento de datos local cumpliendo con todas las funcionalidades de una base de datos.

Crea contextos de negocio que permiten automatizar el proceso operacional de toma de decisiones.

Una descripción más detallada de Websphere RFID Premises Server se muestra en el Anexo B.

Las funciones que ejecuta el sistema implementado en esta solución se describen a continuación:

Administración de las políticas o reglas de acceso de forma centralizada. Estas políticas o reglas de acceso son las que serán consultadas localmente en cada lectora RFID dado que las lectoras cuentan con un elemento Websphere embebido, según se ha descrito anteriormente.

Sincronización de las políticas y registros de acceso con las lectoras RFID a través de la red inalámbrica de la empresa.

Creación y actualización de elementos como políticas, permisos, autorizaciones, usuarios, perfiles de usuario, entre otros, administrados de forma centralizada en un repositorio propio de la aplicación. Esta información será distribuida hacia las lectoras RFID en un archivo de formato XML.

Proporciona interfaces de administración, emisión de reportes y estadísticas, almacenamiento de un registro de intentos de acceso válidos y fallidos.

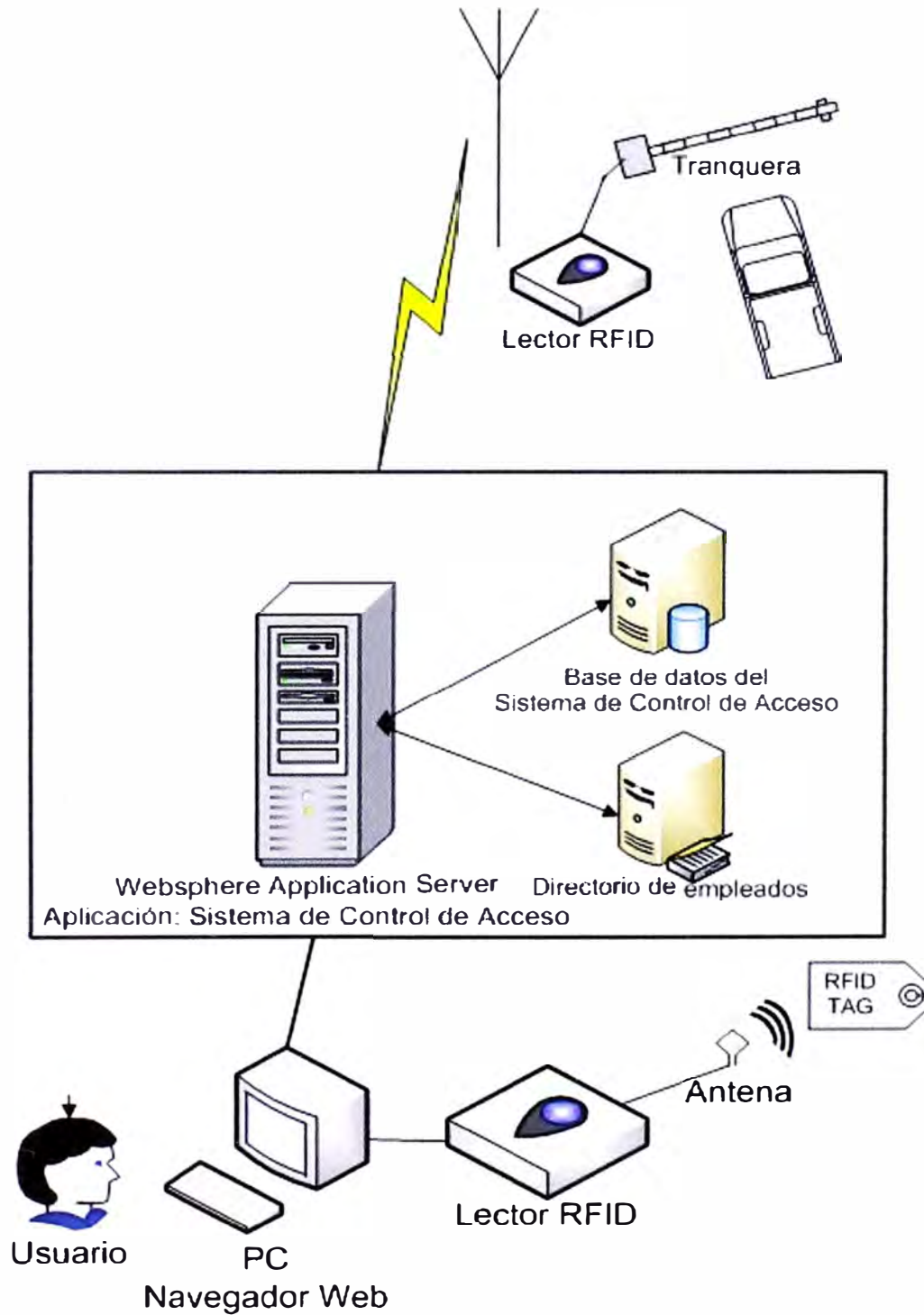
Los componentes para la implementación de la plataforma Websphere propuesta:

Servidor x306m, Intel P4 EM64T 3.6GHz/800MHz, 2MB L2, 512 MB, O/Bay SAS  
CD-ROM 24x-10x. 350W p/s

Licencia para uso de software IBM Websphere Premises Server

### 3.4.6.2. Componentes de software

A continuación se muestra, en la Figura 3.18, el diagrama de la arquitectura del componente de software forma parte de la solución implementada y la descripción de sus elementos:



**Figura 3.18** Diagrama de los componentes de software

*Fuente:* Elaboración propia

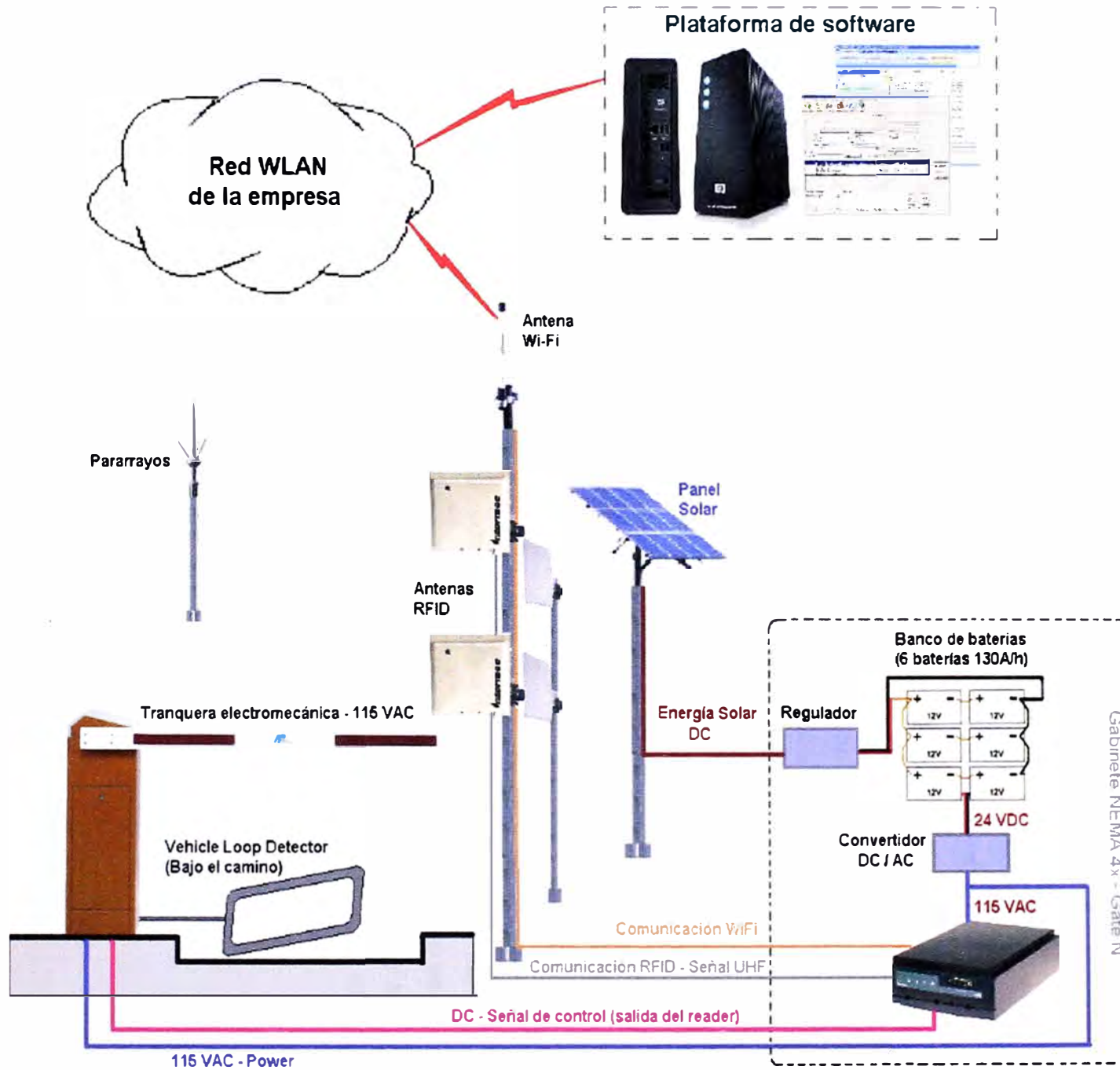
*Servidor de Aplicaciones:* Tiene instalado el WebSphere Application Server, es aquí donde se ejecuta la aplicación desarrollada para esta solución (denominada Sistema de Control de Acceso).

*Servidor de Base de Datos:* Conteniendo la información propia de la aplicación Sistema de Control de Acceso.

*Lector RFID:* Existente en cada tranquera donde se controla el acceso, en este lector se ejecuta una aplicación que valida si un conductor y un vehículo están autorizados para acceder por dicha tranquera. Esta validación se hace en base a archivos XML (EXtensible Markup Language) generados por la aplicación Sistema de Control de Acceso y transferidos vía ftp a la lectora RFID

#### **3.4.7. Integración de componentes**

La solución fue implementada a través de la integración de todos los componentes descritos, la Figura 3.19 ilustra la interconexión de los mismos.



**Figura 3.19.** Integración de componentes de la solución.

Fuente: Elaboración propia.



## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1. Implementación de la solución**

Se trabajó en 2 fases para implementar la solución en 4 puntos de acceso. La primera fase consistió en la instalación y configuración de todos los componentes para un único punto de acceso. En la segunda etapa se consolidaron todas las observaciones resultantes de los trabajos de la primera etapa y tomándolos en cuenta se replicó la implementación en los demás puntos de acceso.

A continuación, se describen de forma simplificada las tareas de implementación.

**Instalación de estructuras:** Para cada punto de acceso se realizó el montaje, soldadura y fijación con pernos de las diferentes estructuras como plataforma, pedestales, postes, etc.

**Montaje de componentes:** Se instalaron sobre las estructuras los diferentes componentes como la tranquera, paneles solares, baterías, equipos RFID y Wi-Fi, pararrayos, etc.

**Configuración de la tranquera:** Incluyó la calibración del sensor loop detector para detección del final de paso de vehículos y cierre automático de la tranquera.

**Grabación de datos en todas las etiquetas RFID.**

**Calibración de las antenas RFID:** Pruebas de campo para obtener un rango de lectura de 3 metros.

**Configuración de lectoras RFID:** Se realizó para permitir la lectura simultánea de 2 tarjetas RFID por vehículo. Esta tarea incluyó la instalación de las políticas de seguridad, la validación de la lógica de control y acciones ejecutadas por el sistema en base al flujo de operación ilustrado en la Figura 4.1.

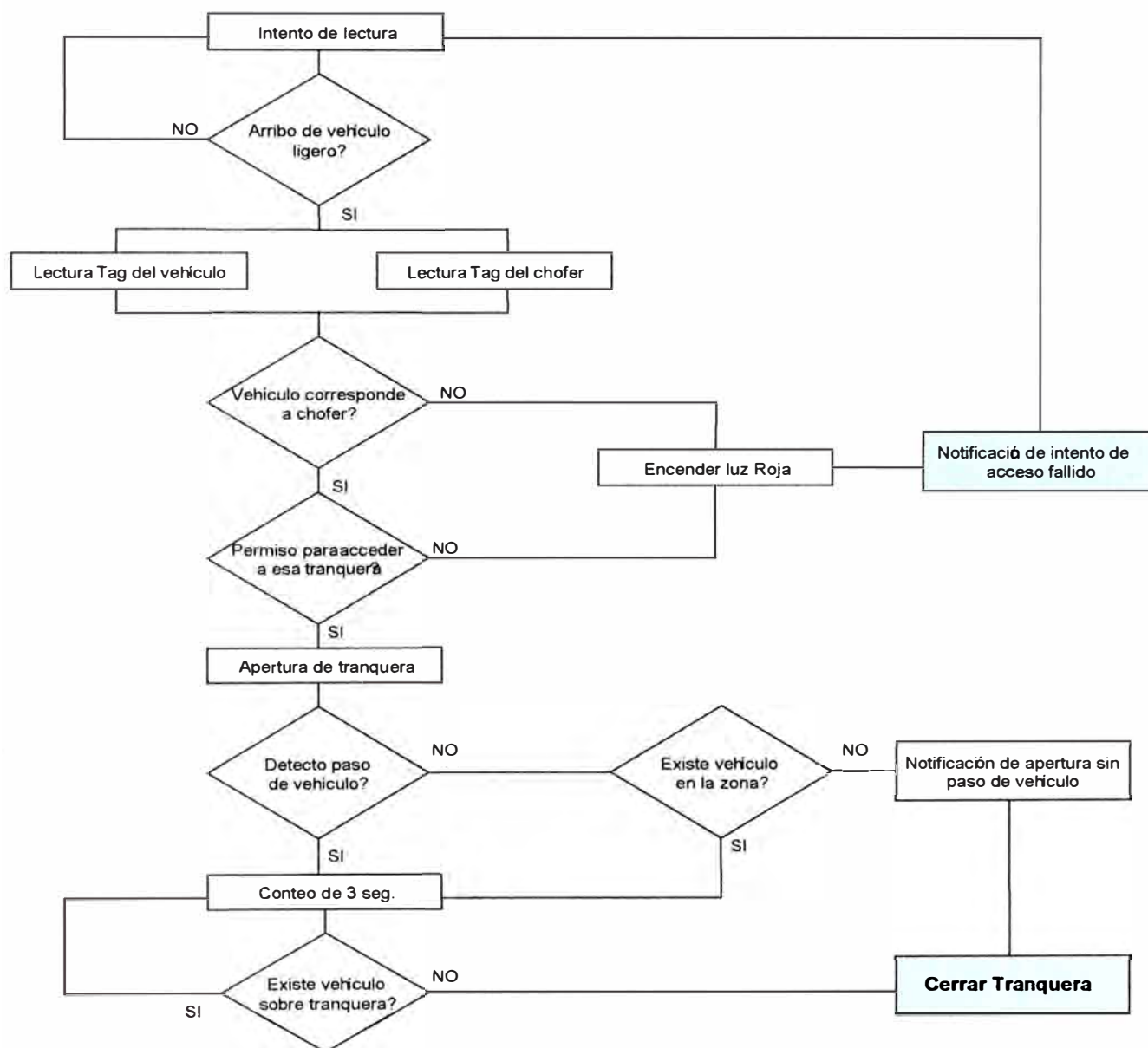
De forma simultánea, se realizó la implementación de los componentes de software:

**Llenado de la base de datos de la aplicación con los datos de usuarios y vehículos.**

**Definición y configuración de las políticas de acceso para choferes y vehículos. Aquí fue definida la lógica de control y acciones a tomar.**

**Configuración de funciones de la aplicación Sistema de Control de Acceso:**

- Creación, cambio y desactivación de permisos de acceso para choferes y vehículos.
- Generación de reportes diarios.
- Sincronización de datos desde la base de datos local de la aplicación hacia las lectoras RFID a través de la red inalámbrica.



**Figura 4.1.** Flujo de operación del sistema de control de acceso.

*Fuente:* Elaboración propia

## 4.2. Presupuesto y tiempo de ejecución

El resumen de la inversión y tiempo estimado para la implementación de la solución, considerando la instalación de 1 punto de acceso es el que se muestra en la TABLA 4.1.

**TABLA 4.1** Presupuesto y tiempo de ejecución.

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Inversión</b>	<b>Tiempo</b>
Componentes de punto de control	Tranquera, elementos RFID, suministro eléctrico y protección ambiental.	\$17,500.93	N/A
Componentes de Software	Licenciamiento software, servidor	\$9,950.00	N/A
Equipo para control en oficina	Lectora para administración de tags RFID	\$3,675.00	N/A
Servicio de instalación de hardware	Instalación de componentes en punto de control	\$5,100.00	7 días
Servicios de software	Instalación de software, desarrollo de aplicación	\$7.950.00	60 días
<b>TOTAL</b>		<b>\$36,225.93</b>	<b>67 días</b>

*Fuente:* Estimación Propia

En detalle de la inversión estimada en los componentes descritos en la solución propuesta se detalla a continuación.

#### **4.2.1. Inversión en Componentes por Punto de Control**

En cada punto de control se instala 1 tranquera, el equipo RFID, el sistema de alimentación eléctrica y protección ambiental. Se muestra la inversión en equipamiento y servicios relacionados en la TABLA 4.2 y TABLA 4.3 respectivamente.

#### **4.2.2. Inversión en Componente en Oficina**

Corresponde a la lectora RFID usada para la administración de las etiquetas RFID, esto se detalla en la TABLA 4.4.

#### **4.2.3. Inversión en Componente de Software**

Corresponde a los componentes y servicios asociados a esta parte, se detalla en la TABLA 4.5 y TABLA 4.6.

**TABLA 4.2** Componentes por punto de control.

Códigos	Descripción	Qty	Precio Unitario	Precio Total
	<b>Elementos RFID</b>			
IF5UC123000A1314	Lectoras RFID (IF5UC Intellitag RFID Reader 915 MHz RFID Fixed reader with Ethernet 10/100BaseT, 128MB/WVDI)	1	3,400.00	3,400.00
ITTG9152004	Tags para camionetas (915MHz, Windshield Sticker Tag, 45x85mm)	5	12.00	60.00
805-610-001	Antenas RFID (RFID Antenna IA31B: 915MHZ, 5dBi, Vert Pol, SMA)	4	130.00	520.00
ITTP9151031	Tags para Badges (915MHz, Intelligent ID Card, Blank, 54x85mm)	10	5.00	50.00
321-574-002	Reverse SMA Extension Cable, 120 inches Coax	4	110.00	440.00
236-021-001	Cable Assy 150 inches, Rev. SMA, Rev. Coaxial Plug	4	35.00	192.00
586105	Intermec AC power cord, US	1	10.00	10.00
068918	Mounting Bracket	1	80.00	80.00
	<b>Tranquera</b>			
MAG-MBE35	BARRIER GATE ECOLINE 115V/60Hz, max boom 12FT. Aprox opening time 4.6 sec,	1	2,100.00	2,100.00
MAG-MSB 5N-035	ALUMINUM BOOM OCTAGONAL 12FT	1	145.00	145.00
NAT-4X10PAVEOVER 20'	4X10 PAVE OVER LOOP 20' LEAD (SPECIAL FOR BRICK INSTALLATION)	1	113.00	113.00
EMX-D-TEK110	VEHICLE LOOP DETECTOR 110V	1	99.00	99.00
	<b>Conectividad</b>			
HG2408U-NF	Antena Hyperlink - Omnidireccional 8dBi	1	66.00	66.00
N/A	Cable Coaxial LMR400 - 3 metros con conectores	1	40.00	40.00
HGLN-03	N-Female to N-Female Lightning Arrestor	1	33.00	33.00
CA-TMNMA002	TNC-Male to N-Male, 195-Series Cable Radio Pigtail	4	20.00	80.00
	<b>Elementos de Alimentación</b>			
N/A	PANELES SHELL SOLAR	6	500.00	3,000.00
SA-150-124	Inversor 24VDC / 115 VAC 150W	1	165.00	165.00
N/A	CONTROLADOR MORNINGSTAR	1	145.15	145.15
N/A	BATERIAS DE 130AH	4	333.50	1,334.00
N/A	ESTRUCTURAS METALICA PARA 6 PANELES y mesa de montaje	1	633.33	633.33
N/A	Enclosure NEMA 4X para Baterías + Elementos de montaje	1	545.45	545.45
N/A	Enclosure NEMA 4X para Equipos + Elementos de montaje	1	200.00	200.00
N/A	TABLERO PDB (Power Distribution Board)	1	150.00	150.00
N/A	Poste para paneles solares - Soporte zincado arriostrado de 4 metros	1	900.00	900.00
	<b>Seguridad eléctrica</b>			
N/A	Pararrayos, puestas a tierra, postes, pedestales, protectores contra sobretensión, accesorios y materiales	1	3000.00	3000.00
<b>Total Componentes (por punto de acceso)</b>				<b>\$17,500.93</b>

Fuente: Estimación Propia

**TABLA 4.3** Servicios relacionados.

<b>Servicios</b>	<b>Hrs</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Servicios de instalación (pararrayos, puestas a tierra, postes, pedestales)	1	\$3,000.00	\$3,000.00
Instalación de lectoras y tags RFI	1	\$900.00	\$900.00
Supervisión del proyecto	48	\$15.00	\$720.00
Gerenciamiento del proyecto	16	\$30.00	\$480.00
<b>Total Servicios Instalación (por punto de acceso)</b>			<b>\$5,100.00</b>

Fuente: Estimación Propia

**TABLA 4.4** Componente en oficina.

<b>Códigos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
IF5UC123000A1314	Lectoras RFID (IF5UC Intellitag RFID Reader 915 MHz RFID Fixed reader with Ethernet 10/100BaseT, 128MB/WREDI, IP53 Case)	3,400.00	3,400.00
805-610-001	Antenas RFID (RFID Antenna IA31B: 915MHZ, 5dBi, Vert Pol, SMA)	130.00	130.00
321-574-002	Reverse SMA Extension Cable, 120 inches Coax	110.00	110.00
236-021-001	Cable Assy 150 inches, Rev. SMA, Rev. Coaxial Plug	35.00	35.00
	<b>Total Componente en Oficina</b>		<b>\$3,675.00</b>

Fuente: Estimación Propia

**TABLA 4.5** Componentes de software.

<b>Descripción</b>	<b>Qty</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
WebSphere RFID Premises	1	6,000.00	6,000.00
Server x306	1	3,300.00	3,300.00
Licencia Windows 2003 Server - R2 - Standard Edition	1	650.00	650.00
<b>Total Equipamiento Software</b>			<b>\$9,950.00</b>

Fuente: Estimación Propia

**TABLA 4.6** Servicios relacionados a software.

<b>Servicios</b>	<b>Hrs</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Instalación y configuración WebSphere (10 días útiles)	80	\$30.00	\$2,400.00
Gerenciamiento del proyecto	25	\$30.00	\$750.00
Desarrollo sobre WebSphere (2 meses)	2	\$2,400.00	\$4,800.00
<b>Total Servicios Software</b>			<b>\$7,950.00</b>

*Fuente:* Estimación Propia

### 4.3. Análisis descriptivo de los resultados obtenidos

La implementación de la solución propuesta logró resolver con éxito el problema planteado, brindando un mecanismo autónomo, confiable y flexible para el control de acceso vehicular a zonas restringidas.

El valor de la inversión puede medirse en este caso en relación al nivel de protección que brinda la solución implementada. Dicha protección constituye un mecanismo de prevención de pérdidas puesto que la ocurrencia de algún incidente derivado de un acceso no autorizado tendría como consecuencia pérdidas financieras por daños en elementos como: infraestructura, vidas humanas, continuidad operativa, entre otros.

Los reportes que se diseñaron en la aplicación desarrollada (a medida) para la empresa minera constituyen un beneficio adicional al permitir medir factores como la cantidad de accesos otorgados o rechazados así como el tráfico de entrada / salida a través de los puntos de acceso. La evaluación de dichas mediciones ayuda en la identificación de oportunidades de mejora como la redefinición de permisos de acceso por tipo de vehículo o de derecho de paso de acuerdo al horario, incluso el movimiento del punto de acceso cuando de acuerdo a las estadísticas este ya no tenga un uso frecuente.

## CONCLUSIONES

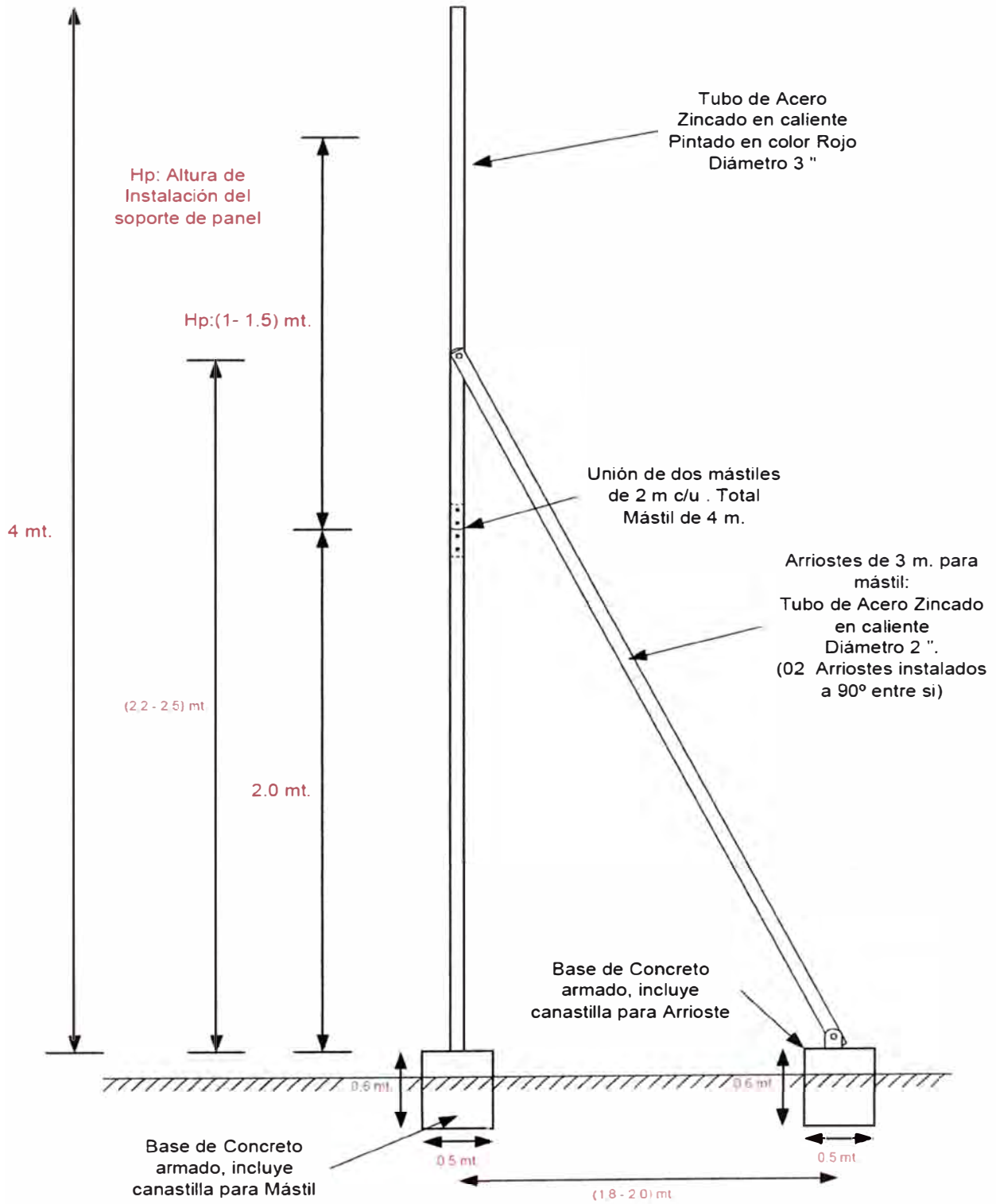
1. Se alcanzaron los objetivos planteados, siendo el beneficio más significativo e inmediato del diseño propuesto el constituir una solución segura, efectiva y eficiente para el control de acceso vehicular a vías restringidas eliminando la intervención humana y sus errores asociados. Su implementación mejoró la seguridad y eficiencia de la operación en la mina.
2. Actualmente, en nuestro país no es de uso común el empleo de un sistema de control de acceso vehicular como el descrito en este informe. Consecuentemente, este informe muestra una muy buena aplicación de la tecnología RFID con una inversión aceptable y una alta eficiencia en comparación con los sistemas tradicionales.
3. El sistema propuesto en este informe es susceptible de ser adaptado y constituir así una solución a otros escenarios donde se requiera un control de acceso vehicular, como son: ingreso/salida a parqueos y paso de peajes con cálculo automático del pago e incluso cargo automático del mismo, ingreso a condominios, etc.
4. Una consideración importante a tener en cuenta en la implementación de un sistema con etiquetas RFID pasivas es que el rango de lectura, y por lo tanto la extensión de la zona de operación de la solución, es altamente dependiente de la orientación de la antena de las lectoras puesto que la comunicación de los componentes RFID depende de su acoplamiento magnético. Son por lo tanto necesarias pruebas en campo para determinar la distribución óptima de las antenas de acuerdo a los requerimientos de la solución.
5. Los componentes middleware de la tecnología RFID son de vital importancia puesto que proporciona la integración necesaria entre la infraestructura, la información capturada y las aplicaciones que la procesan.
6. La flexibilidad de la solución planteada permite incorporar mecanismos de autenticación adicionales en casos donde se requiera un mayor nivel de seguridad. Posibles modificaciones son por ejemplo: inclusión de sistema de cámaras de video para

reconocimiento facial u otros dispositivos como lectores de huella dactilar usados como activadores de etiquetas RFID.

7. El éxito de este proyecto constituye un aporte a la Ingeniería Electrónica al mostrar que es posible la integración de componentes de tecnologías diversas como sistemas RFID, sistemas fotovoltaicos y de protección eléctrica así como componentes de tecnologías de la información (hardware y software) dentro de un proyecto de ingeniería que tuvo además como factor fundamental el trabajo multidisciplinario de los profesionales y especialistas en cada materia. Este informe demuestra además que a través de la Ingeniería se pueden idear soluciones que aportan valor, reduciendo costos y contribuyendo a una operación segura dentro de una empresa.



**ANEXO A**  
**Diagrama de mástil para soporte de paneles solares.**



**ANEXO B**  
**Descripción de Websphere RFID Premises Server**

# Technical Specifications: IBM WebSphere RFID Premises Server V1.1 and Device Infrastructure V1.1

**Document Type(s):** Technical specs

**Abstract:** The Technical Specs section provides information about supported platforms, supported RFID devices, processing and RAM requirements, etc.

## **WebSphere RFID Premises Server V1.1**

### **Hardware requirements**

The minimum recommended hardware configuration for Premises Server is one processor, which requires:

System suitable for running Microsoft® Windows 2000 Server or Advanced Server, Windows 2003 Server, or Linux® SUSE 8

Intel® Pentium® 4 processor at 3 GHz, or higher

Minimum of 8 GB free disk space recommended

500 MB temporary disk space recommended during installation

2 GB RAM

### **Software requirements**

Due to the unique nature of each customer's environment and requirements, additional software requirements may vary. For assistance in planning and acquiring the appropriate hardware and software for your specific RFID solution, contact your IBM representative or IBM Business Partner.

### **Operating system**

Premises Server requires one of the following operating systems:

SUSE Linux 8 with Fix Pack 3

Windows 2000 Server with Service Pack 4 or 2000

Advanced Server with Service Pack 4

Windows 2003 Server with Service Pack 1

### **Premises Server Limitations**

Premises Server V1.1 is available worldwide in English only.

Premises Server V1.1 includes other software products and components. These programs are intended for use in association with Premises Server as part of a sensor and actuator solution, and they may not be installed, deployed, or redistributed for any other purpose.

### **Additional requirements for an RFID solution**

In addition to Premises Server, you also need devices embedded with Device Infrastructure. An appropriate IBM integration server also is recommended. Supported devices, readers, printers, scanners, appliances, or any other hardware must be acquired directly from device manufacturers who embed Device Infrastructure on their products. Alternatively, an IBM services team can embed Device Infrastructure on a custom device.

## **WebSphere RFID Device Infrastructure V1.1**

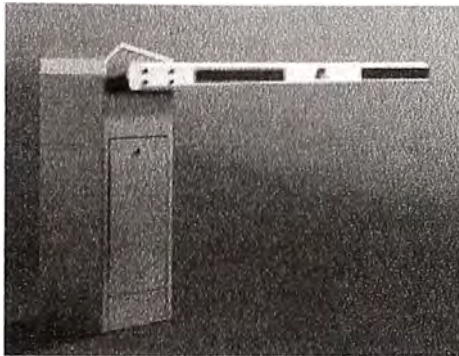
Device Infrastructure V1.1 now supports manufacturer's protocols instead of individual device models.

By supporting the protocol rather than specific device models, IBM can better insulate you against disruption as device manufacturers introduce new models. The following table lists different protocol levels that Device Infrastructure supports. Also listed are some of the models that use each protocol.

For a complete list of supported device models, contact the device manufacturer directly.

<b>Protocol supported</b>	<b>Vendor</b>	<b>Device model examples</b>	<b>OEM Reference Documents for Supported Protocols</b>
ALIEN Alien Long Range	Alien	Alien ALR-9780, ALR-9800	ALIEN TECHNOLOGY READER INTERFACE GUIDE All Fixed Readers September 2005 Doc Control# 8101938-000 Rev E
FEIG Feig OBID i-scan Proximity Reader	Feig	Feig ISC LRU1000	System Manual ID ISC.MR/PR/PRH100/101-A Doc Control# H01000-6e-ID-B
FEIG Feig OBID i-scan Long Range UHF	Feig	Feig ISC-PR100	System Manual ID ISC.LRU1000 Doc Control# H40802-2e-ID-B
INTERMEC Basic Reader Interface	Intermec	Intermec IF5	Intermec Programmer's Reference Guide Doc Control# BRI_Interface_UserGuide_2005-11- 07
SAMSys Comprehensive Heuristic Unified Messaging Protocol (CHUMP V6.0)	SAMSys	SAMSys MP9320 EPC 2.7 and 2.8	Reference Guide for SAMSys UHF Readers Comprehensive Heuristic Unified Messaging Protocol Doc Control# CHUMP_Ref_Guide_UHF_V6.0
SYMBOL Byte Stream Protocol	Matrics and Symbol	Matrics AR400, Symbol XR400	XR400 Interface Control Guide Doc Control# 72E-71803-03, Revision A, October 2005
TAGSYS STX Extended Version 2 (STX-E)	Tagsys	Tagsys Medio L100, L200	Lx00 Platform Full Command Set Revision 1.7 February 2004
PRINTRONIX Printronix Graphics Language (PGL)	IBM and Printronix	IBM InfoPrint 6700, Printronix SL5000e, Printronix SL5000r	Programmers Reference Manual Doc Control# 176995-001a
PRINTRONIX Printronix XML (PXML)	Printronix	Printronix SL5000r	Fntcl Spec, SFWR, PXML Doc Control# PXML_Functional_spec A 55759 182130 1
ZEBRA Zebra Programming Language (ZPL)	Zebra	R110Xi III Plus	ZPL II Programming Guide Doc Control# 45541LBR3

**ANEXO C**  
**Detalle técnico de componentes de la solución propuesta.**



## Barreras MAGSTOP Eco Barrera

### MBE 35 / MBE 50

Especificaciones Técnicas	Unidades	MBE 35	MBE 50
Longitud máxima del brazo	mm.	3500	5000
Tiempo de apertura	seg.	aprox. 2,3	aprox. 4,6
Tiempo de cierre	seg.	aprox. 2,8	aprox. 4,9
Voltaje	V.	115	115
Frecuencia	Hz.	60	60
Consumo de energía	W.	65	65
Carcasa: ancho	mm.	300	300
Profundidad	mm.	355	355
Altura	mm.	1040	1040
Peso sin el brazo	kg.	50	50

#### La Barrera

La barrera ECOLINE representa la combinación de nuestra ya probada tecnología con un motor de torsión de una sola fase, un control convencional para operar tanto manual como automáticamente y una carcasa. Por esto la barrera ECOLINE es de fácil configuración e instalación.

Estas barreras son compatibles con todas las aplicaciones con requerimientos simples, como comunidades o barrios cerrados, estacionamientos pequeños o aquellos controlados por guardias.

El controlador y un interruptor limitador se encuentran integrados a la barrera. El brazo puede ser provisto en cualquier tamaño estándar o hecho a medida.

#### Funcionamiento

Su confiable funcionamiento se basa en un motor de torsión libre de mantenimiento y un sistema de palancas que permiten un movimiento armónico del brazo. El mecanismo integrado de resortes compensa el peso del brazo de forma exacta. Utilizando el sistema de poleas el brazo puede mantenerse en ambas posiciones finales. En el caso de una falla en el suministro de energía la barrera podrá abrirse con facilidad manualmente; sin ninguna herramienta.

Los resortes pueden ajustarse rápidamente a la longitud del brazo durante la instalación, necesario en todas las instalaciones. Se puede lograr la apertura automática de la barrera si se ajustan los resortes lo suficientemente fuerte.

Aún en las posiciones finales del brazo, el motor de bajo consumo continúa trabajan-

do; dicha energía se disipa en forma de calor previniendo así la condensación de agua y la corrosión. Esto garantiza un funcionamiento confiable y sin problemas, especialmente en climas fríos.

#### Carcasa

La barrera posee una carcasa compacta con un recubrimiento plástico que garantiza una óptima protección anticorrosiva y resistente a los rayos UV no contaminando el medio ambiente. La carcasa estándar está pintada de color blanco RAL 9010. Las unidades de control se encuentran montadas sobre una placa de acero móvil y desmontable. Rieles DIN pre-montados posibilitan la fácil instalación de equipamiento adicional. Todos los componentes ubicados en la carcasa de la barrera son fácilmente accesibles gracias a la puerta de servicio, sobre el lado izquierdo, y la cubierta superior fácilmente desmontable.

#### Brazo

El brazo de la barrera se fabrica de una aleación de aluminio altamente estable, con un perfil octogonal de 100 x 55 x 1,6 mm. Presentado en color blanco RAL 9010, provisto de un recubrimiento plástico sobre el cual luego se aplican tiras de cinta refractante roja. Si el brazo debe ser mayor a los 3,5 m. de longitud se requiere un soporte pendular o poste de apoyo. En caso de instalaciones con altura limitada, se dispone de brazos articulados, con un cargo adicional.

#### Unidad de Control

El controlador de la barrera ECOLINE permite su operación manualmente o automáticamente. Existen 11 funciones que pueden ser elegidas para la operación de la barrera. Estas funciones cubren todas las aplicaciones estándar.

La conexión de equipamiento adicional para la seguridad del peatón es posible.

Aparte de los modos de operación estándar pueden integrarse varias funciones especiales, permitiendo la operación de semáforos. El almacenamiento de los pulsos de apertura hace que el control de acceso sea posible. Luego de una falla en el suministro de energía existen tres maneras diferentes para reiniciar la barrera: Reinicio manual, reinicio por señal o automático. Por razones de seguridad la función de reinicio manual se encuentra pre-configurada de fábrica. Esto significa que la barrera se mantendrá abierta hasta que el botón de reinicio se presione en la unidad de control. Las conexiones eléctricas son realizadas on labled terminal blocks. El motor funciona a través de una unidad TRIAC.

Todas las señales de ingreso y reles de salida son opto-coupled. La selección de modo de operación así como las funciones especiales se controlan desde un interruptor giratorio DIP-switch.

Se proveen fuentes de poder para dispositivos opcionales externos de 24 V DC/0,5 A para, por ejemplo, detectores de ejes.

A través de un display de LEDs se podrá verificar el estado de las conexiones así como también realizar diagnósticos para solucionar problemas.

### Entradas (Inputs)

Las 6 señales de ingreso utilizan el 24V DC interno para las siguientes funciones:

- Input1 = Abrir
  - Input2 = Abrir con detector de ejes
  - Input3 = Cerrar
  - Input4 = Seguridad peatonal
  - Input5 = Seguridad
  - Input6 = Interruptor limitador
- (Los ingresos requieren de contactos sin corriente)

### Reles de Salida (Relay Outputs)

Los 4 reles libres de corriente pueden cargarse con el 24V DC/A1. Las funciones pueden seleccionarse via DIP switch

- Output1 = dirección del funcionamiento del motor o CERRAR
- Output2 = pulso de apertura de barrera o luego de liberar el dispositivo de seguridad (abandonar el detector de ejes)
- Output3 = operación del semáforo o señal luminosa
- Output4 = Falla del sistema o control adicional para semáforo

### Montaje, Instalación y Conexión

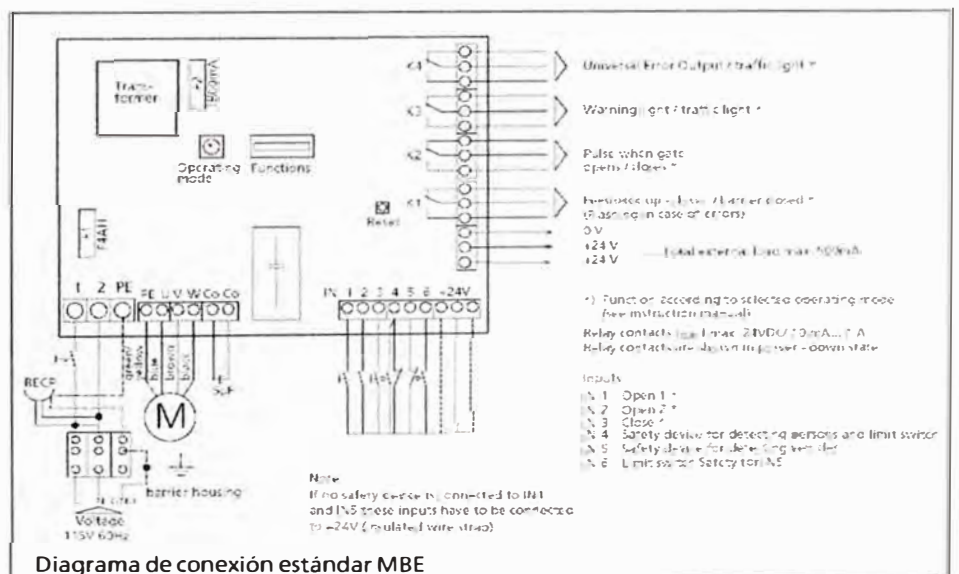
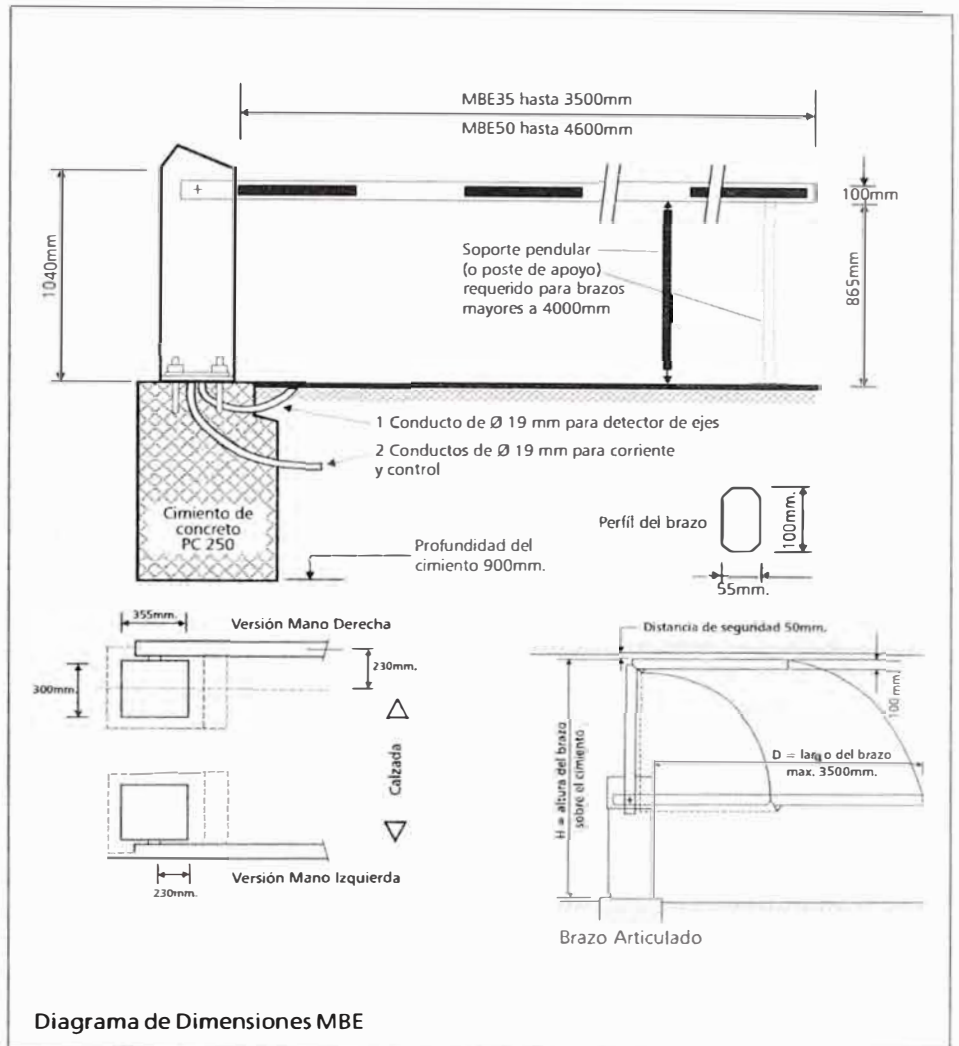
Es imperativo que al realizar la instalación de este producto se sigan las instrucciones provistas.

### Seguridad

Para la instalación y el operación de una barrera Magnetic se deben observar las normas de seguridad e instrucciones para la prevención de accidentes.

Se deberá guardar una distancia mínima entre el final del brazo de la barrera y la construcción más próxima de al menos 610mm.

MAGNETIC enfatiza que las barreras deberán ser utilizadas sólo para el control de vehículos. El operador deberá asegurarse de separar absolutamente el tráfico vehicular del de personas tomando las medidas necesarias. Sendas peatonales paralelas a calzadas vehiculares deberán poseer señalización adicional para mantener a los peatones fuera del alcance del brazo. La barrera posee pictogramas y carteles de prevención "Automotive Traffic Only". Las operaciones de abrir y cerrar deben poder ser observadas. Los productos Magnetic son provistos bajo los estándares de calidad de acuerdo con las regulaciones ISO 9001.



### Detalles para ordenar

Tipo:  MBE35  MBE50  
 Versión:  Right  Left  
 Largo requerido "D" \_\_\_\_\_ mm.  
 Cantidad \_\_\_\_\_ pcs.

Para brazos > 14 ft  
 Soporte pendular  Poste de apoyo  
 necesita brazo articulado?  Si  
 En caso Si, "H" = \_\_\_\_\_ mm.



# Expect More Choice with Intermec RFID Solutions - Intellitag RFID Tags and Inserts

## 915 MHz Container Tag



THE INTELLITAG® CONTAINER TAG is a high-performance durable product originally designed for use with plastic pallets, but which has a proven track record in a variety of applications. This tag is one of the most versatile designs in the Intellitag portfolio due to its consistent performance with a wide range of materials.

**Typical Applications:** Pallet, carton and container tracking

### Specifications

**Dimensions:** 1.28"x4.130"x125"  
**Operating Temperature:**  
-40C - 85+C/-40F - 185F  
**Frequency Range:** 915 MHz  
**Read Range:** 13 Feet  
**Presentation Format:** 2x10 panels  
**Tag Type:** passive, read/write  
**Availability:** now  
**Part #:** ITTP9152002

## 915 MHz Reusable Plastic Container (RPC) Tag



THE INTELLITAG® RPC TAG was originally designed for optimum performance on plastic. Its rugged, black packaging is both durable and matches the "look" of the reusable plastic containers produced by Georgia Pacific. The durability of this tag has made it attractive for a multitude of applications, including the tracking of truck engine blocks during the manufacturing process.

**Typical Applications:** Pallet, carton and container tracking

### Specifications

**Dimensions:** .85"x3.475"x185"  
**Operating Temperature:**  
-40C - 85+C/-40F - 185F  
**Frequency Range:** 915 MHz  
**Read Range:** 10 Feet  
**Presentation Format:** single  
**Tag Type:** passive, read/write  
**Availability:** now  
**Part #:** ITTP9151033

## 915 MHz Reusable Container (RPC) Insert



THE INTELLITAG® RPC INSERT is the core of the RPC tag. The insert is designed for optimum performance on plastic, is suitable for encapsulation and has been molded into numerous products for smart container applications.

**Typical Applications:** Pallet, carton and container tracking

### Specifications

**Dimensions:** .72"x3.475"x.17"  
**Operating Temperature:**  
-40C - 85+C/-40F - 185F  
**Frequency Range:** 915 MHz  
**Read Range:** 10 Feet  
**Presentation Format:** 1x8 panels  
**Tag Type:** passive, read/write  
**Availability:** now  
**Part #:** ITTP9152027

## 915 MHz Intelligent ID Card



THE INTELLITAG® ID CARD is the first credit card format RFID tag on the market to provide both long-range identification and multiple read/write capability. The tag is ideal for secure ingress/egress applications where a safe distance is required and is currently used for expedited border crossings between the United States and Canada. The tag is available as a blank card or with magnetic striping.

**Typical Applications:** Security access and control

### Specifications

**Dimensions:** 2.125"x3.375"x.03"  
**Operating Temperature:**  
-40C - 85+C/-40F - 185F  
**Frequency Range:** 915 MHz  
**Read Range:** 10 Feet  
**Presentation Format:** single  
**Tag Type:** passive, read/write  
**Availability:** now  
**Part #:** ITTP9151031

## 915 MHz Windshield Sticker Tag



THE INTELLITAG® WINDSHIELD TAG is optimized for attachment to vehicle windshields and is primarily used for highway toll applications and for access control in parking areas or gated communities. It has also been implemented into several civilian and military homeland security projects. The tag is produced on a flexible substrate and includes an adhesive release liner for ease of installation.

**Typical Applications:** Vehicle access, parking and toll

### Specifications

**Dimensions:** 1.81"x3.11"x.051"  
**Operating Temperature:**  
-40C - 85+C/-40F - 185F  
**Frequency Range:** 915 MHz  
**Read Range:** 13 Feet  
**Presentation Format:** 4x6 panels  
**Tag Type:** passive, read/write  
**Availability:** now  
**Part #:** ITTG9152004



## Product Profile

**Its sturdy radome withstands extreme environmental conditions, including exposure to UV radiation and extreme humidity.**

**Utilizes a printed circuit design for a small, low-profile package.**

**Adjustable mounting bracket for wall and corner mounting. Provides maximum installation flexibility.**



Joining the diversified line of RFID readers are the Intermec Intellitag RFID antennas. The Intellitag RFID antenna family offers a variety of gain, polarization and radiation

pattern options. This antenna is designed for fixed and some vehicle mount applications.

**Description**

915, 6 dB, Vert Pol, N (RP)

Frequency Range

890 - 945 MHz

Gain

6 dBd

Impedance

50 Ohms

VSWR

1.5:1

Axial Ratio

N/A

Polarization

Vertical

Front-to-Back Ratio

15 dB

Maximum Input Power

50 Watts

H-Plane Beamwidth

70 degrees at 3 dB

E-Plane Beamwidth

60 degrees at 3 dB

Connector

N Reverse Polarity

Cable Length

60 inches

Weight

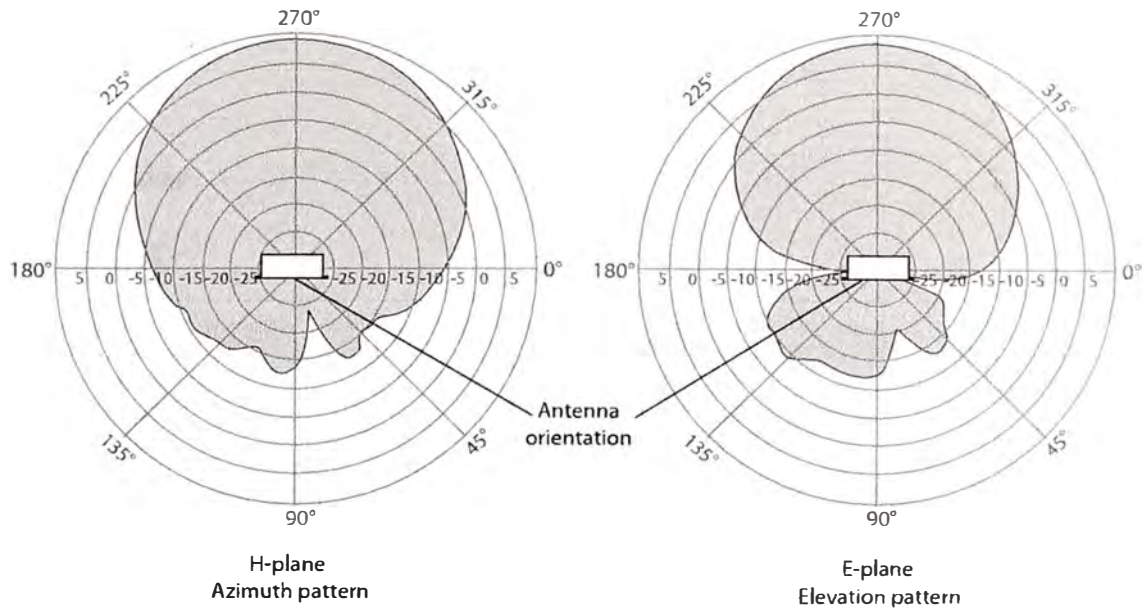
453.5 grams (16 oz)

Dimensions

21.8 x 19.8 x 5.8 cm (8.6 x 7.8 x 2.3 in)

Mounting Hardware

N/A



**North America**

**Corporate Headquarters**  
6001 36<sup>th</sup> Avenue West  
Everett, Washington 98203  
tel: 425.348.2600  
fax: 425.355.9551

550 2nd Street S.E.  
Cedar Rapids, Iowa 52401  
tel: 319.369.3100  
fax: 319.369.3453

**Media Supplies**

9290 Le Saint Drive  
Fairfield, Ohio 45014  
tel: 513.874.5882  
fax: 513.874.8487

**Canada**

7065 Tranmere Drive  
Mississauga, Ontario  
L5S 1M2 Canada  
tel: 905.673.9333  
fax: 905.673.3974

**Europe/**

**Middle East & Africa**

**Headquarters**  
Sovereign House  
Vastern Road  
Reading RG1 8BT  
United Kingdom  
tel: 44.118.987.9400  
fax: 44.118.987.9401

**Asia**

Asia Regional Office  
26-16 International Plaza  
10 Anson Road  
Singapore 079903  
tel: 65.6324.8391  
fax: 65.6324.8393

**Beijing Representative Office**

29 FL, Unit A1, China Merchant Tower  
118 Jian Guo Road  
Chaoyang District, Beijing 100022  
Tel: 86.10.5165.5922  
Fax: 86.10.6567.6778

**Australia**

Level 4, 1-3 Atchison Street  
St. Leonards, NSW 2065  
Australia  
tel: 61.2.9330.4400  
fax: 61.2.9437.0204

**South America & Mexico**

**Intermec South America Ltda.**  
Rua Samuel Morse 120 9 andar  
Brooklin CEP04576-060  
São Paulo, SP  
Brazil  
tel: 55.11.5502.6770

**Intermec Technologies de Mexico**

Av Tamaulipas #141, Primer Piso  
Col. Hipodromo Condesa  
Mexico, DF, 06140 Mexico  
tel: 525.55.241.4800  
fax: 525.55.211.8121

**Internet**

www.intermec.com

**Sales**

800.347.7636  
(toll free in N.A.)  
tel: 425.348.2726

**Service and Support**

800.755.5505  
(toll free in N.A.)  
tel: 425.356.1799

Copyright © 2005 Intermec Technologies Corporation. All rights reserved. Intermec is a registered trademark of Intermec Technologies Corporation. All other trademarks are the property of their respective owners. Printed in the U.S.A. 611678-01A 1/05

In a continuing effort to improve our products, Intermec Technologies Corporation reserves the right to change specifications and features without prior notice.

## Appendix A — Specifications

### IF5 Specifications

Height	9.5 cm (3.8 in)
Length	35.5 cm (14.0 in)
Width	23.6 cm (9.3 in)
Weight	2.63 kg (5.8 lb)
AC electrical rating	~ 100 to 240V, 1.0 to 0.5A, 50 to 60 Hz
Operating temperature	-25°C to +55°C (-13°F to +131°F)
Storage temperature	-40°C to +70°C (-22°F to +158°F)
Humidity (non-condensing)	10 to 90%
Ethernet interfaces	10BaseT/100BaseTx (twisted-pair)
Ethernet compatibility	Ethernet frame types and Ethernet addressing
Ethernet data rate	10 Mbps/100 Mbps
Radios supported	802.11g
Serial port maximum data rate	115,200 bps
SNMP agent	RFC 1213 (MIB-2), RFC 1398 (dot3), 802.11, 802.1x
Linux version	2.6.11.5

## RFID Specifications

<u>Protocols Supported</u>	EPCglobal Class 1 Gen 2 ISO 18000-6B Generation 1 ISO 18000-6B Generation 2 Phillips v1.19
Frequency Range	865-868 MHz, 869 MHz, or 915 MHz
Usable channels	1
Output power	
865-867 MHz, 915 MHz	Minimum: 28.5 dBm Typical: 29.5 dBm Maximum: 30.0 dBm
869 MHz	Minimum: 25.5 dBm Typical: 26.5 dBm Maximum: 27.0 dBm
Occupied frequency bandwidth	<250 KHz
Tag data rate	32 kbps/160 kbps
Dispatch rates	
Tag ID rate	70 tags per second
Tag data exchange rate	Reads a tag containing 8 bytes of data within 12 ms. Performs a verified write to a tag at an average rate of 31 mS per byte per tag.
Write range	Up to 70% of the read distance under similar conditions
Transmitter type	90% amplitude modulation index
Frequency stability	<±100 ppm from -25°C to +55°C (-13°F to 131°F)
Number of antennas	Up to 4, electronically switched
Antenna port isolation	22 dB
Antenna connectors	865-867 MHz: SMA 915 MHz: Reverse SMA

# HyperGain® HG2408U

## 2.4 GHz 8 dBi Omnidirectional Antenna

### Performance

The HyperGain® HG2408U is a very compact yet high performance omnidirectional antenna designed for the 2.4 GHz ISM band. It is ideally suited for multipoint and mobile applications where high gain and wide coverage is desired.

### Rugged and Weatherproof

This antenna's construction features a lightweight fiberglass radome for durability and aesthetics. It's mounting system features a heavy-duty extruded aluminum bracket and stainless steel U-Bolt for superior strength.

### Electrical Specifications

<b>Frequency</b>	2400-2500 MHz
<b>Gain</b>	8 dBi
<b>Impedance</b>	50 Ohm
<b>Max. Input Power</b>	100 Watts
<b>VSWR</b>	< 2.0:1 avg.

### Mechanical Specifications

<b>Weight</b>	< 1.5 lbs.
<b>Length</b>	16"
<b>Radome Material</b>	White Fiberglass
<b>Mounting</b>	2 3/8" dia. mast max.
<b>Wind Survival</b>	100 MPH



### Available Connectors

This antenna is supplied with a 12" pigtail with any of the connectors listed in the tables below. Specify the desired connector by choosing the appropriate part number.

#### Standard Connectors

The following standard connectors are available from stock:

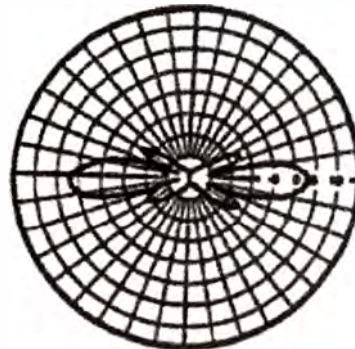
Connector Type	Part Number
N-Female	HG2408U-NF
N-Male	HG2408U-NM

#### Special Order Connectors

This antenna is also available with the any of the following connectors by special order at a nominal additional charge. If you do not see your connector listed please contact our sales department.

Connector Type	Part Number
TNC Female	HG2408U-TF
TNC Male	HG2408U-TM
Reverse Polarity TNC Female	HG2408U-RTF
Reverse Polarity TNC Male	HG2408U-RTM
Reverse Polarity N-Female	HG2408U-RNF
Reverse Polarity N-Male	HG2408U-RNM
SMA Male	HG2408U-SM
Reverse Polarity SMA Female	HG2408U-RSF

### Vertical Radiation Pattern



### Guaranteed Quality

All HyperGain® antennas are tested and backed by Hyperlink's One Year Limited Warranty.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] RFID Centre Ltd., "RFID Tehcnology".  
[http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid\\_technology.htm](http://www.rfidc.com/docs/introductiontorfid_technology.htm)
- [2] RFID Journal LLC, "The History of RFID Technology".  
<http://www.rfidjournal.com/article/view/1338/2>
- [3] SearchManufacturingERP.com, "Automatic Identification and Data Capture (AIDC)".  
<http://searchmanufacturingerp.techtarget.com/definition/Automatic-Identification-and-Data-Capture-AIDC>
- [4] Klaus Finkenzeller, "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification", John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [5] International Business Machines Corporation, "IBM WebSphere RFID Handbook: A Solution Guide", ibm.com/redbooks, 2006.
- [6] Intermec, "ABCs of RFID: Understanding and using radio frequency identification – Intermec white paper"  
[http://epsfiles.intermec.com/eps\\_files/eps\\_wp/ABCsofRFID\\_wp\\_web.pdf](http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_wp/ABCsofRFID_wp_web.pdf)
- [7] Wikipedia.org, "RFID"  
<http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
- [8] Lic. Alan Gidekel, "Introducción a la identificación por Radio Frecuencia", Telectrónica, 2010.  
<http://www.slideshare.net/guest44be50/introduccion-a-la-tecnologia-rfid-lic-alan-gidekel?from=embed>
- [9] RFIDPOINT.com, "¿Existen normas ISO aplicadas a la radiofrecuencia?", 2009.  
<http://www.rfidpoint.com/preguntas-frecuentes/%C2%BFexisten-normas-iso-aplicadas-a-la-radiofrecuencia/>
- [10] High Tech Aid, "ISO/IEC 18000 - RFID Air Interface Standards", 2011.  
<http://www.hightechaid.com/standards/18000.htm>
- [11] University of Souther California, Information Scienes Institute, "Free Space Model"  
<http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/node218.html>
- [12] Ilker Onat, "DiSEL: A Distance Based Slot Selection Protocol for Framed Slotted ALOHA RFID Systems, White Paper"  
<ftp://lenst.det.unifi.it/pub/LenLar/proceedings/2009/wcnc09/DATA/T02S12P02.PDF>

- [13] Gerold Kloos, Jos'e E. Guivant and Eduardo M. Nebot, "Range based localisation using RF and the application to mining safety"  
<http://mitglied.multimania.de/geroldkloos/download/iros2006.pdf>
- [14] Pavel V. Nikitin, "Performance Limitations of Passive UHF RFID Systems"  
[http://gdauto.gdut.edu.cn/lab1/lwfy\\_files/Performance%20Limitations%20of%20Passive%20UHF%20RFID%20Systems.pdf](http://gdauto.gdut.edu.cn/lab1/lwfy_files/Performance%20Limitations%20of%20Passive%20UHF%20RFID%20Systems.pdf)
- [15] Natalia K. Nikolova, "Polarization and Related Antenna Parameters"  
<http://www.antentop.org/009/files/tr009.pdf>
- [16] Joshua D.; Griffin, "RF Tag Antenna Performance on Various Materials Using Radio Link Budgets", IEEE  
[http://www.propagation.gatech.edu/Archive/PG\\_JA\\_060220\\_JDG/PG\\_JA\\_060220\\_JDG.pdf](http://www.propagation.gatech.edu/Archive/PG_JA_060220_JDG/PG_JA_060220_JDG.pdf)
- [17] Lee Pan Shing, "Antenna Design for Passive RFID tag", University of Hong Kong.  
<http://137.189.34.238/microwave/files/fyp/s048042.pdf>
- [18] K. V. S. Rao, Intermec Technologies Corporation, "Impedance Matching Concepts in RFID Transponder Design"  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.133.4955>
- [19] P. Bosselmann and B. Rembold, "Investigations on UHF RFID wave propagation using a ray tracing simulator," FREQUENZ: Journal of RFEngineering and Telecommunications, no. 60, pp. 38–45, 2006.
- [20] S. Banerjee, R. Jesme, and R. Sainati, "Performance analysis of short range UHF propagation as applicable to passive RFID," Proceedings of the IEEE International Conference on RFID, pp. 30–36, March 2007.
- [21] Milan Svanda, "Application of the UHF RFID System for the Identification of Sportsmen in Mass Races"  
<http://svandm1.elmag.org/soubory/EuMA2007.pdf>
- [22] Milan Svanda, "UHF RF Identification Distance in Indoor Areas"  
<http://svandm1.elmag.org/soubory/EuCAP2009.pdf>
- [23] Wendy Middleton, Mac E. Van Valkenburg, "Reference Data for Engineers: Radio, Electronics, Computers and Communications", 9TH Edition  
<http://books.google.com.pe/books?id=R67HARlhisYC&hl=en>
- [24] Ricardo Meneses, "The RFID Radio Channel Performance in the Vehicular Control"  
<http://jvr.freewebpage.org/TableOfContents/Volume4/Issue3/9PathlossInTheRFID.pdf>
- [25] CAEN RFID, "Frequency Regulation",  
[http://www.caenrfid.it/rfid/about\\_rfid2.php](http://www.caenrfid.it/rfid/about_rfid2.php)



- [26] Ministerio de Transportes y Comunicaciones, "Plan Nacional de Atribución de Frecuencias", [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_115.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_115.pdf)
- [27] GS1 Organization, "Regulatory status for using RFID in the UHF spectrum", 13 December 2010.  
[http://www.gs1.org/docs/epcglobal/UHF\\_Regulations.pdf](http://www.gs1.org/docs/epcglobal/UHF_Regulations.pdf)
- [28] Adrian Grafar, "Communications, Radar and Electronic Warfare". 2011, John Wiley & Sons Ltd.  
<http://books.google.com.pe/books?id=CjmEBP4GWwoC&printsec=frontcover&hl=en>
- [29] José Daniel Guzmán, "Diseño de Antenas y Caracterización de Interferencias entre Lectores RFID.", Abril 2009.  
<http://cde05.etse.urv.es/pub/pdf/1415pub.pdf>
- [30] Alien Technology, "Higgs 2 Datasheet"  
[http://www.alientechnology.com/docs/products/DS\\_H2.pdf](http://www.alientechnology.com/docs/products/DS_H2.pdf)
- [31] Impinj Inc., "Five Factors For Success: UHF Gen 2 RFID Readers"  
<http://www.impinj.com/WorkArea/linkit.aspx?LinkIdentifier=id&ItemID=2533>