



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS BASADOS EN
ETIQUETAS RFID PARA LA IDENTIFICACIÓN
VEHICULAR.

TESINA
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

PRESENTA:

RAÚL ROLANDO JARA MONTES

DIRECTORES: **M EN I. ALBERTO LEPE ZÚÑIGA**
M EN I. EDUARDO RAMÍREZ SÁNCHEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, MEXICO D.F. 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicado a:

*Mis padres y hermanos
por su ejemplo y apoyo.*

*Kevin, Pamela, Rodrigo,
Brenda y Valentina,
por ser la razón de
mis logros, cariño y
fortaleza.*

*Blanca por seguirme mostrando
el amor y la solidaridad.*

Agradecimientos:

*Al M. J. Alberto Lepe Zúñiga,
Por su amistad y orientación brindada
en la elaboración de este trabajo.*

*A los compañeros
del Centro de Investigación.*

CONTENIDO

Introducción	5
Antecedentes.	5
El Sistema Nacional de Seguridad Pública.	5
El Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública.	6
El Registro Público Vehicular (REPUVE).	7
Definición del problema.	9
Objetivo.	10
Metodología.	10
1. Marco teórico y conceptos básicos.	13
1.1 Sistemas de Identificación.	13
1.2 Tecnología RFID.	39
1.3 Métodos de Evaluación y Decisión Multicriterio.	59
2. Organización, estándares, aplicaciones y sistemas.	71
2.1 Regulación y Estandarización.	71
2.2 Aplicaciones: Usos de los Sistemas RFID.	72
2.3 Aplicaciones Potenciales.	76
2.4 Principales fabricantes y proveedores de etiquetas RFID.	81
2.5 Los Tags Gen 2.	81
2.6 Normas y parámetros técnicos de RFID.	85
2.7 Tecnología Propietaria (RFID).	89
2.8 Tecnología abierta (RFID).	91
2.9 Sistemas abiertos vs. sistemas cerrados.	93
2.10 Propuesta de un sistema cerrado con interoperabilidad.	93
2.11 Casos mundiales de control vehicular con base en RFID.	94
2.12 Casos Nacionales de control vehicular con RFID.	98
3. Modelado y pruebas.	99
3.1 Memoria en los Tags RFID.	99
3.2 Relación entre interoperabilidad y seguridad.	100
3.3 Durabilidad de los componentes del sistema.	101
3.4 Proceso de Evaluación de Tecnologías (pruebas).	105
3.5 Sistema de Soporte a Toma de decisiones.	120

3.6	Identificación de Alternativas.	126
3.7	Selección de la Medida.	128
3.8	Evaluación del modelo.	129
3.10	Resultados.	133
3.11	Hojas de trabajo del ejercicio desarrollado.	137
4.	Conclusiones.	141
4.1	Del Objetivo.	141
4.2	Sobre la Tecnología RFID.	142
4.3	Personales.	142
5.	Recomendaciones.	143
5.1	En materia de identificación por radiofrecuencia.	143
5.2	Recomendaciones Generales.	147
	Glosario de Términos.	151
	Apéndice A.- Principales Fabricantes.	163
	Apéndice B.- Análisis de Métodos para toma de Decisión Multicriterio.	175
	Listado de Figuras.	187
	Listado de Tablas.	191
	Bibliografía.	193

Introducción

Antecedentes.

El Artículo 21, párrafos sexto y séptimo de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que la Seguridad Pública es una función a cargo de la Federación, el Distrito Federal, los Estados y los Municipios en sus respectivas esferas de competencia y que se coordinarán en los términos que la ley señala a fin de lograr un Sistema Nacional de Seguridad Pública.

En virtud de lo anterior, con fecha 1º de septiembre de 2004, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley del Registro Público Vehicular, la cual tiene por objeto la identificación y control vehicular en la que consten las inscripciones o altas, bajas, reemplacamientos, infracciones, pérdidas, robos, recuperaciones y destrucción de los vehículos que se fabrican, ensamblan, importan o circulan dentro del Territorio Nacional, así como brindar servicios de información al público.

En apoyo a la aplicabilidad de los ordenamientos antes referidos, en la XX sesión del Consejo Nacional de Seguridad Pública, instancia superior de coordinación del Sistema Nacional de Seguridad Pública, que se llevó a cabo el 30 de enero de 2006, se aprobó el acuerdo que establece precisamente en el punto número VII del mismo, la necesidad de adquirir tecnología de punta con objeto de garantizar la implementación del Registro Público Vehicular en nuestro país, mediante un sistema de identificación por radiofrecuencia tomando como base los lineamientos técnicos que emita el Sistema Nacional de Seguridad Pública.

El Sistema Nacional de Seguridad Pública.

En 1994 se reformaron los artículos 21 y 73 fracción XXIII de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El propósito fue crear el Sistema Nacional de Seguridad Pública (SNSP) para aplicar una política nacional integral de seguridad pública, con la finalidad de:

- Fortalecer al Estado Mexicano,
- Combatir la delincuencia,
- Responder adecuadamente a una de las más sentidas demandas sociales,
- Coordinar a las autoridades de los tres niveles de gobierno (Federal, Estatal, Municipal) y
- Profesionalizar el personal de seguridad pública, mediante programas especializados,

- Modernizar los medios tecnológicos,
- Sistematizar e intercambiar información entre las instituciones del país y
- Coordinar las instancias y órganos auxiliares de la seguridad pública.

El Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública.

A finales de 1995, se promulgó la Ley General que establece las bases de coordinación del Sistema Nacional de Seguridad Pública, que fundamentalmente contiene:

- Las normas básicas de coordinación entre los tres niveles de gobierno y
- Los principios, materias, instancias e instrumentos de coordinación.

El Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SE-SNSP) se creó con la expedición de la Ley General, el Secretariado se adscribió en la Secretaría de Seguridad Pública. Sus funciones están determinadas en sus artículos 14 y 17 que establecen:

Artículo 14

El Consejo designará, a propuesta de su Presidente, al Secretario Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública, quien podrá ser removido libremente por dicho Presidente.

Artículo 17

Serán funciones del Secretario Ejecutivo del Sistema Nacional:

- I. Elaborar las propuestas de contenido del Programa Nacional de Seguridad Pública y someterlas a la aprobación del Consejo;
- II. Levantar y certificar los acuerdos que se tomen en el Consejo, llevar el archivo de éstos y de los instrumentos jurídicos que refiere el artículo 11;
- III. Ejecutar y dar seguimiento a acuerdos y resoluciones del Consejo;
- IV. Proponer para su aprobación al Consejo políticas, lineamientos y acciones para el buen desempeño de las instituciones de seguridad pública del país;
- V. Elaborar y publicar informes de actividades del Consejo;
- VI. Coordinar el servicio nacional de apoyo a la carrera policial y las instituciones nacionales de formación de las policías;
- VII. Administrar y sistematizar los instrumentos de información del Sistema Nacional, así como recabar todos los datos que se requieran;
- VIII. Informar periódicamente al Consejo de sus actividades;

- IX. Formular sugerencias a las autoridades competentes, para que las instituciones de seguridad pública de la Federación, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios, desarrollen de manera más eficaz sus funciones;
- X. Promover, por conducto de las instituciones de seguridad pública, la realización de acciones conjuntas, conforme a las bases y reglas que emita el Consejo y sin menoscabo de otras que realicen las autoridades competentes;
- XI. Tomar las medidas necesarias para hacer efectiva la coordinación y preservación de la seguridad pública;
- XII. Realizar estudios especializados sobre las materias de seguridad pública; y
- XIII. Coordinar acciones entre las policías federales preventivas.

El Registro Público Vehicular (REPUVE)

Tiene como antecedente los trabajos que se realizaron en 1998 para conformar el Registro Nacional de Vehículos (RENAVE), que se concibió como un proceso para el registro de todos los vehículos que circulan en el territorio nacional para control y salvaguarda de la legalidad de su posesión. La responsabilidad original fue de la Secretaría de Economía y posteriormente se le transfirió a la Secretaría de Seguridad Pública para que formara parte de los Registros Nacionales que son indispensables para fortalecer el Sistema Nacional de Seguridad Pública. Se derogaron las disposiciones anteriores y se emitió una nueva Ley el 30 de julio del año 2004 denominada "Ley del Registro Público Vehicular". En esta Ley se establecen diversos conceptos y elementos que configuran el Registro, cabe destacar los siguientes enunciados:

Artículo 1.- La presente Ley tiene por objeto establecer y regular la operación, funcionamiento y administración del Registro Público Vehicular. Sus disposiciones son de orden público y de observancia general en todo el territorio nacional.

El Registro público vehicular es un instrumento de información del Sistema Nacional de Seguridad Pública, que tiene como propósito otorgar seguridad pública y jurídica a los actos que se realicen con vehículos.

Artículo 3.- La aplicación de la presente Ley corresponde al ejecutivo Federal, por conducto del Secretariado Ejecutivo, el cual tendrá las facultades siguientes:

- I. Acordar con las Entidades Federativas las reglas a que se sujetarán el suministro, intercambio y sistematización de la información del Registro y, en general, sobre su operación, funcionamiento y administración;

- II. Operar, regular y mantener el Registro, así como procurar su buen funcionamiento y el intercambio de información entre los distintos órdenes de gobierno;
- III. Integrar la información que le proporcionen las autoridades federales en el Registro, así como la que le suministren las Entidades Federativas relativas a sus padrones vehiculares;
- IV. Validar la información que debe incorporarse al Registro, conforme a los sistemas informáticos y procedimientos que se establezcan para tal efecto;
- V. Vigilar y verificar el cumplimiento de esta Ley y, en el ámbito de su competencia, imponer las sanciones que la misma establece;
- VI. Realizar, en coordinación con la Secretaría de Relaciones Exteriores, las actividades de cooperación con otros países, para el intercambio de información relacionada con el Registro.

Artículo 6.- El Registro Público Vehicular tiene por objeto la identificación y control vehicular; en la que consten las inscripciones o altas, bajas, emplacamientos, infracciones, pérdidas, robos, recuperaciones y destrucción de los vehículos que se fabrican, ensamblan, importan o circulan en el territorio nacional, así como brindar servicios de información al público.

Artículo 7.- El Registro estará conformado por una base de datos integrada por la información que de cada vehículo proporcionen las autoridades federales, las Entidades Federativas y los sujetos obligados a realizar las inscripciones y a presentar los avisos, de conformidad a lo dispuesto en esta Ley.

Artículo 8.- El Registro contendrá, sobre cada vehículo, la información siguiente:

- I. El número de identificación vinculada que se refiere el artículo 13 de esta Ley;
- II. Las características esenciales del vehículo;
- III. El nombre, denominación o razón social y el domicilio del propietario;
- IV. Las que suministren las autoridades federales y las Entidades Federativas, de conformidad con esta Ley, y
- V. Los avisos que actualicen la información a que se refiere este artículo.

Artículo 9.- El Secretariado Ejecutivo validará y corroborará la información conforme a los sistemas y procedimientos informáticos que resulten aplicables y, en su caso, solicitará las aclaraciones pertinentes.

Artículo 13.- Quienes fabriquen o ensamblen vehículos en el territorio nacional deberán asignar a estos un número de identificación vehicular, que

será un elemento de identificación en el Registro, el cual estará integrado de conformidad con la norma oficial mexicana respectiva.

Artículo 16.- El Secretariado Ejecutivo deberá expedir las constancias de inscripción dentro de los 10 días naturales siguientes a la fecha en que se realice la inscripción.

Definición del problema.

La Ley del Registro Público Vehicular establece que el Registro Público Vehicular, debe ser un verdadero instrumento de información que ofrezca seguridad pública y jurídica en los actos y hechos relacionados con vehículos, por tanto, por su trascendencia nacional resulta inminente contar con una base de datos que contenga la información de todos los vehículos que circulan en nuestro país.

En apoyo a lo anteriormente expresado, es preciso señalar que deberá identificarse a un vehículo, además de determinar su origen y evolución en cualquier punto de la República Mexicana, por lo que la creación y actualización de las bases de datos del Registro, requerirá la colaboración de los tres órdenes de gobierno para el intercambio, suministro y sistematización de la información. Actualmente, se cuenta con procedimientos simplificados y la infraestructura tecnológica para reducir los tiempos de envío, validación y actualización de la misma en línea.

Por otro lado, referirnos a la participación de los sujetos obligados para lograr el objetivo que persigue el Registro Público Vehicular resulta de suma importancia, toda vez que no sólo serán éstos los responsables de transmitir la constancia de inscripción, tratándose de vehículos nuevos, sino también a dar los avisos correspondientes mediante los formatos y dentro de los plazos que al efecto establece la Ley de la materia y su Reglamento.

Ahora bien, en términos del Artículo 15 del Reglamento del Registro Público Vehicular: "la constancia de inscripción será una calcomanía con un dispositivo electrónico que certificará el registro del vehículo y no podrá ser retirada de éste".

Así mismo, el Artículo 16 del referido ordenamiento dice: "el formato, las características físicas y técnica y el lugar de colocación de la constancia de inscripción, serán establecidas por el Secretariado Ejecutivo, atendiendo a la inviolabilidad e infalsificabilidad de las mismas, así como a su lectura por radiofrecuencia".

Entonces el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SE SNSP) tiene la necesidad de impulsar el establecimiento y operación, en todo el País, de un sistema uniforme que permita dar plena certeza a la identificación de los vehículos automotores terrestres que estén inscritos en el REPUVE (aproximadamente de 22 millones en la actualidad, con una expansión estimada de 30 millones para 2012),

aplicando una tecnología de radiofrecuencia que garantice idoneidad. Para dicho propósito se considera la utilización de un dispositivo autoadherible compuesto por un chip y una antena de radiofrecuencia (conocido como transponder) que contenga tanto el VIN del vehículo correspondiente, como su número de registro en el REPUVE.

Para estas tareas, solicitó a la Universidad Nacional Autónoma de México su colaboración para realizar una investigación en torno a las distintas modalidades de sistemas basados en etiquetas RFID que existen en el mercado para la Identificación vehicular.

De los requerimientos establecidos por el Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública el trabajo está orientado a:

Objetivo.

Realizar un estudio e investigación con respecto a una solución segura, eficaz y funcional para apoyar la identificación, control y registro de vehículos automotores vía radiofrecuencia, así como los puntos críticos de su funcionalidad, para emitir una recomendación que cumpla con las necesidades del Registro Público Vehicular.

Metodología.

Con el fin de analizar exhaustivamente las tecnologías de radiofrecuencia aplicables a la identificación de vehículos, se elaboró un plan de trabajo que abarcó las siguientes actividades:

- Desarrollar una serie de conceptos que permitan describir con claridad las características y alcances de las tecnologías de radiofrecuencia existentes.
- Realizar un estudio, análisis e investigación de:
 - Las bandas de frecuencia autorizadas para su operación en México.
 - Las opciones tecnológicas vigentes
 - Las tendencias tecnológicas
 - Las opciones de normalización
 - Las alternativas de soluciones
 - Las arquitecturas de soluciones
 - Las opciones de crecimiento
- Verificar y analizar el desempeño esperado en la comunicación por radiofrecuencia.
- Realizar pruebas de campo en escenarios controlados y semicontrolados.
- Realizar pruebas en laboratorio.

- Revisar proyectos que consideran a la radiofrecuencia como tecnología adecuada para la identificación vehicular.
- Investigar y evaluar con información documental, sistemas de registro e identificación vehicular que emplean tecnologías RFID en el mundo.
- Realizar visitas a diferentes fabricantes que desarrollan e integran tecnología de identificación por radiofrecuencia.
- Realizar reuniones con diversos proveedores e integradores de sistemas.

1.- Marco teórico y conceptos básicos.

1.1 Sistemas de Identificación.

La necesidad de identificar los vehículos nos lleva, necesariamente, a revisar las distintas tecnologías disponibles en el mercado para la identificación de objetos y validar, en primer término, que la opción de radiofrecuencia es la más conveniente. Esta tecnología es de evolución relativamente reciente y ha sido posible, al converger en ella las telecomunicaciones, la informática y la electrónica en general.

Los elementos requeridos para un sistema de identificación son:

- Elemento codificado: Portador de la información.
- Elemento lector: Capaz de leer la información.

La información reconocida alimenta a la computadora donde la identificación es decodificada, verificada y aceptada para luego tomar una decisión lógica. En el caso de identificación de personas, por ejemplo: acceso a una cuenta de banco, un área restringida, una computadora, una línea telefónica, una empresa, una casa; los controles remotos, las tarjetas de crédito, etc.

Los sistemas modernos son automáticos, agilizando así su proceso, evitando errores y aumentando su confiabilidad y eficiencia. Estos mismos sistemas se utilizan también para la identificación de objetos especialmente cuando están afectando a una actividad comercial: cuanto más grande es la comercialización, más necesaria es la exacta identificación del producto, que le permite conocer al industrial, comerciante, distribuidor y cliente los siguientes elementos: características del producto, origen, ubicación y destino, costo y precio de venta, verificación y control, contabilidad y administración, estadística e inventarios.

De referencias documentales, se enuncian algunos de estos sistemas:

- Código de barras.
- Reconocimiento óptico de caracteres: OCR.
- Tarjetas de cinta magnética.
- Tarjetas de radio frecuencia.
- Reconocimiento de imágenes o visión electrónica.
- Reconocimiento de la Voz Humana.
- Reconocimiento de retina.
- Imagen térmica.

Si bien el proyecto se centra en el análisis de las tecnologías RFID, se considera importante revisar los sistemas de identificación que la tecnología ha permitido que se desarrollen en el mercado ya que su análisis envuelve variables que son importantes conocer por su simetría, analogía o complementariedad para los problemas que se pretenden resolver, a través de los sistemas de radiofrecuencia.

1.1.1. Código de Barras.

Es, sin duda, el método con más expansión actualmente en el mercado. Se emplea principalmente en el comercio de artículos de consumo, en procesos de manufactura, en diversos campos industriales, en el sector médico, la industria automotriz y en contenedores de barcos, entre otros. Consiste en una etiqueta que contiene una serie de líneas verticales o barras con espacios entre ellas, de diferente grosor y espacios, que proporcionan en código números o letras, como se aprecia en la figura 2.1.



Figura 1.1 Numeración Estándar + Símbolo = Código de Barras

- Numeración estándar: Identificación única del producto, reconocido a nivel mundial.
- Símbolo: representación gráfica que permite su lectura automática, a través de lectores ópticos.
- Código de Barras: conjunto de barras y espacios que representan la numeración estándar, ambos otorgados por la Asociación correspondiente.

La numeración estándar de productos es única y por lo tanto, se convierte en una llave de acceso a los archivos de la computadora, de toda la información referente al producto para emplearla con diversos fines.

Con un código estándar cada empresa puede manejar la información que requiere, de acuerdo a sus necesidades, de sus propios análisis y de sus propios sistemas, no importando en qué etapa de la cadena de comercialización se encuentre.

En la figura 1.2, se representa un sistema de lectura de código de barras. Los códigos se leen mediante un dispositivo óptico láser o escáner, que registra el código por reflexión de la luz en las barras y los espacios.

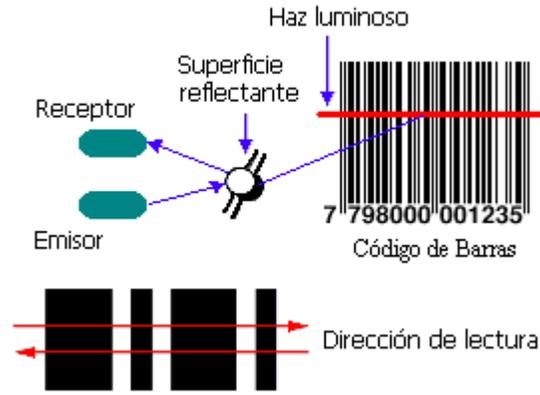


Figura 1.2.- Sistemas de lectura de un código de barras.

Entre las primeras justificaciones de la implantación del código de barras se encontraron la necesidad de agilizar la lectura de los artículos en las cajas y la de evitar errores de captura. Otras ventajas que se pueden destacar de este sistema son:

- Agilidad en etiquetar precios, pues no es necesario hacerlo sobre el artículo ya que el código viene de fábrica y simplemente se relaciona con el código en una base de datos.
- Rápido control del stock de mercancías.
- Estadísticas comerciales. El código de barras permite conocer los artículos vendidos en cada momento pudiendo extraer conclusiones de mercadotecnia.
- El consumidor obtiene una relación de artículos en el ticket de compra lo que permite su comprobación y eventual reclamación.

Entre las desventajas que se le atribuyen, se encuentra la imposibilidad de conocer el precio del producto directamente de este y la facilidad de su reproducción; lo que la hace una aplicación orientada directamente a la identificación de artículos que tienen impreso el código en el envase y/o que existe control en los procesos que se emplean.

Existen diversas simbologías que pueden utilizarse para distintos fines. Sin embargo, en el plano comercial, las más usadas en el mundo son el UPC y el EAN.

European Article Number (EAN).- Es un sistema de Códigos de Barras adoptado por más de 100 países y cerca de un millón de empresas (2003). En el año 2005, la asociación EAN se fusionó con la UCC para formar una

nueva y única organización mundial identificada como GS1, con sede en Bélgica.

El código EAN más usual es EAN13, constituido por 13 dígitos y con una estructura dividida en 4 partes:

Los primeros dígitos del Código de Barras EAN no identifican el país de origen del producto, sino, únicamente a través de qué Organización Nacional se ha adscrito una determinada empresa al Sistema EAN. Por ejemplo, en México se encarga de ello la Asociación Mexicana de Estándares para el Comercio Electrónico (AMECE) y su código es el "750".

La referencia del artículo está compuesta de:

- Código de empresa. Es un número compuesto por entre 5 y 8 dígitos, que identifica al propietario de la marca.
- Código de producto. Completa los 12 primeros dígitos.

Dígito de control.- Para comprobar el dígito de control (por ejemplo, por el computador y el escáner de código de barras) se suman los dígitos de las posiciones pares, el resultado se multiplica por 3, se le suman los dígitos de las posiciones impares y este resultado se le resta a su múltiplo de 10, más próximo. El resultado final ha de coincidir con el dígito de control.

Por ejemplo, para 123456789041 el dígito de control será:

Suma de los números en los lugares pares: $2+4+6+8+0+1 = 21$

Multiplicado x 3: $21 \times 3 = 63$

Suma de los números en los lugares impares: $1+3+5+7+9+4 = 29$

Suma total: $63 + 29 = 92$

Próximo múltiplo de 10 = 100

Dígito de control: $100 - 92 = 8$

El código quedará: 1234567890418

Existe una cierta tendencia en sustituir el código de barras por sistemas de RFID, cuya generalización está limitada por el costo del dispositivo o "tag" ya que le añade un costo al producto, porcentualmente relevante, cuando se trata de sustituir el código de barras en artículos de consumo; no obstante, las ventajas del sistema RFID se encuentran en que:

- No requieren localizar y leer el código como en el caso de las barras.
- Con la información del tag se puede identificar a un artículo en particular, no sólo su tipo.

- El código de barras es fácilmente reproducible, pudiera alguien fácilmente sobreponer una etiqueta o cambiarla.
- El código de barras es más susceptible de daño que un “tag”.

Existen variaciones sobre el código de barras, una de ellas es las de dos dimensiones (2-D) (ver figura 1.3), que han empezado a usarse en documentos para controlar su envío o en seguros médicos y, en general, en documentos que requieren la inserción de mensajes más grandes (de hasta 2,725 dígitos), como un expediente clínico completo.



Figura 1.3.- Códigos de Barra de dos dimensiones o 2D

Beneficios del Código de Barras

El código de barras es un buen sistema de colección de datos mediante identificación automática y presenta muchos beneficios, entre otros:

- Virtualmente no hay retrasos desde que se lee la información hasta que puede ser usada.
- Se mejora la exactitud de los datos, hay una mayor precisión de la información.
- Se tienen costos fijos de labor más bajos.
- Se puede tener un mejor control de calidad, mejor servicio al cliente.
- Se pueden contar con nuevas categorías de información.
- Se mejora la competitividad.
- Se reducen los errores.
- Se capturan los datos rápidamente.
- Se mejora el control de las entradas y salidas.
- Precisión y contabilidad en la información, por la reducción de errores.
- Eficiencia, debido a la rapidez de la captura de datos.

El incremento de la velocidad y exactitud en la toma de datos, nos lleva a reducir errores, a un ahorro de tiempo y dinero.

Aplicaciones.

Las aplicaciones del código de barras cubren prácticamente cualquier tipo de actividad humana, tanto en industria, comercio, instituciones educativas, instituciones médicas, gobierno, etc., es decir, cualquier negocio se puede beneficiar con la tecnología de captura de datos por código de barras, tanto el que fabrica, como el que mueve y el que comercializa.

Entre las aplicaciones que tiene podemos mencionar:

- Control de material en procesos.
- Control de inventario.
- Control de movimiento.
- Control de tiempo y asistencia.
- Control de acceso.
- Punto de venta.
- Control de calidad.
- Control de embarques y recibos.
- Control de documentos y rastreos de los mismos.
- Rastreos preciso en actividades
- Rastreos precisos de bienes transportados.
- Levantamiento electrónico de pedidos.
- Facturación.
- Bibliotecas.

1.1.2 Reconocimiento Óptico de Caracteres: OCR

El sistema OCR (Optical Character Recognition) que tuvo su origen en la década de los 60's se utiliza principalmente en producción, servicios administrativos y en Bancos, para registro de cheques.

El software de reconocimiento óptico de caracteres, abreviado habitualmente como OCR, extrae de una imagen los caracteres que componen un texto para almacenarlos en un formato con el cual puedan interactuar programas de edición de texto o aplicaciones de bases de datos.

Mientras que en una imagen los caracteres se describen por cada uno de los puntos que los forman, al convertirlos a un formato de texto (por ejemplo ASCII o Unicode), pasan a describirse por un solo número, por lo que se produce una reducción significativa del espacio en la memoria que ocupan.

A partir de ahí "la imagen" se reconoce como texto, de modo que se pueden buscar en él cadenas de caracteres, exportar el texto a un editor de textos, o a otras aplicaciones, etc.

Actualmente, junto con el texto, se registra también el formato con el que fue escrito.

Una variante es el OMR (optical mark recognition) que se utiliza para reconocimiento de marcas. Un ejemplo, es la corrección automática de exámenes de tipo test, en los que la respuesta correcta se marca con un círculo.

A día de hoy, el reconocimiento preciso en textos mecanografiados con escritura en caracteres latinos se considera un problema resuelto en la gran mayoría de sus aspectos.

El reconocimiento de la impresión manual, es decir, aquella que proviene de la caligrafía humana e incluso las versiones escritas a máquina, que se encuentran impresas en otras grafías (especialmente aquellas con un número muy grande de caracteres), sigue siendo una fuente de intensa investigación.

Los sistemas para el reconocimiento de los textos escritos a mano alzada han disfrutado, en años recientes, de algunos éxitos comerciales. Entre estos, se encuentran los dispositivos conocidos como asistentes digitales personales, tales como los que se encuentran instalados en el Palm OS. El Newton de Apple fue el pionero en este tipo de asistentes. Los algoritmos que usa el software de estos aparatos se aprovecha por el hecho de que se conocen el orden, la velocidad y la dirección de los segmentos de línea, como información de entrada. El usuario se puede entrenar y ayudar al dispositivo usando solamente formas específicas de letras. Estos mismos métodos no se pueden trasladar a los programas que se encargan de interpretar los caracteres de documentos escaneados y sigue siendo un problema, en cierta medida.

La proporción de texto reconocido se encuentra, en la actualidad, entre el 80 y el 90, en el caso de caracteres escritos a mano con gran claridad y pulcritud, pero estos porcentajes disminuyen sensiblemente en el caso de los escaneos de texto y es muy frecuente encontrar docenas de errores por página escaneada. Este problema condiciona la tecnología OCR haciéndola una tecnología útil en un reducido número de contextos. Esta variedad de OCR se conoce comúnmente en la industria como ICR (Intelligent Character Recognition).

El reconocimiento de textos cursivos, en el que todas las letras se encuentran conectadas formando una palabra, es un área de intensa investigación, con proporciones de reconocimiento incluso más bajas que las que se dan en los textos impresos a mano pero mediante caracteres individualizados. Para elevar los porcentajes de aciertos en la escritura caligráfica se requiere adicionar otro tipo de información, ya sea gramatical o contextual. Por ejemplo, el reconocimiento de palabras enteras que se encuentran, previamente, clasificadas en un diccionario es un problema

más fácil de resolver que tratar de analizar, de manera individual, los caracteres de la escritura.

Un claro ejemplo de información contextual, es la lectura de la línea donde se escribe la cantidad en un cheque (que se encuentra siempre escrita como un número). Aquí, el uso de un diccionario de reducidas dimensiones puede incrementar de manera considerable el porcentaje de aciertos. El conocimiento de la sintaxis gramatical de una lengua, que es traducida por OCR, puede también ayudar para determinar si una palabra es un verbo o un sustantivo permitiendo, de esta manera, una mayor exactitud.

Existen otras áreas de colaboración, donde los humanos ayudan a las máquinas y viceversa. Las técnicas de procesamiento de imágenes pueden ayudar a una lectura extraordinariamente compleja para un ser humano tales como el Palimpsesto de Arquímedes o los Manuscritos del Mar Muerto. Para problemas de reconocimiento muy complejos se usan las redes neuronales ya que pueden efectuar, de manera indistinta, tanto transformaciones no lineales como transformaciones afines.

Los inconvenientes de los sistemas de reconocimiento de caracteres se deben a que son más costosos que otros sistemas de identificación que pueden alcanzar las mismas expectativas y el costo se debe a la complejidad de los lectores.

1.1.3 Sistemas Biométricos.

Entenderemos por sistema biométrico a un sistema automatizado que realiza labores de biometría. Es decir, un sistema que fundamenta sus decisiones de reconocimiento mediante una característica personal que puede ser reconocida o verificada de manera automatizada. En esta sección se describen algunas de las características más importantes de estos sistemas.

Con la evolución de las tecnologías asociadas a la información, nuestra sociedad está cada día más conectada electrónicamente. Labores que tradicionalmente eran realizadas por seres humanos son, gracias a las mejoras tecnológicas, realizadas por sistemas automatizados. Dentro de la amplia gama de actividades que pueden automatizarse, aquella relacionada con la capacidad para establecer la identidad de los individuos ha cobrado importancia y como consecuencia directa, la biometría se ha transformado en un área emergente. La biometría es la ciencia que se dedica a la identificación de individuos a partir de una característica anatómica o un rasgo de su comportamiento. Una particularidad anatómica posee la cualidad de ser relativamente estable en el tiempo, tal como una huella dactilar, la silueta de la mano y patrones de la retina o el iris. Un rasgo del comportamiento es menos estable, pues depende de la disposición

psicológica de la persona, por ejemplo, la firma. No cualquier característica anatómica puede utilizarse con éxito en un sistema biométrico. Para que esto así sea debe cumplir con las siguientes características: Universalidad, Unicidad, Permanencia y Cuantificación.

Características de un Indicador Biométrico.

Este sensor, con el cual se puede realizar una biometría, debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Universalidad: cualquier persona posee esa característica.
- Unicidad: la existencia de dos personas con una característica idéntica tiene una probabilidad muy pequeña.
- Permanencia: la característica no cambia en el tiempo y
- Cuantificación: la característica puede ser medida en forma cuantitativa.

Las características anteriores, sirven como criterio para descartar o aprobar algún requerimiento como indicador biométrico. Luego de seleccionar algún indicador que satisfaga los requisitos antes señalados, es necesario imponer restricciones prácticas sobre el sistema que tendrá como misión recibir y procesar a estos indicadores.

Los sistemas biométricos están principalmente orientados a la identificación de personas, que tienen precisamente asociada una o varias características biométricas.

Modelo del Proceso de Identificación Personal.

Cualquier proceso de identificación personal puede ser comprendido mediante un modelo simplificado. Este postula la existencia de tres indicadores de identidad que definen el proceso de identificación:

- Conocimiento: la persona tiene conocimiento (por ejemplo: un código).
- Posesión: la persona posee un objeto (por ejemplo: una tarjeta) y
- Característica: la persona tiene una característica que puede ser verificada (por ejemplo: una de sus huellas dactilares).

Cada uno de los indicadores anteriores genera una estrategia básica para el proceso de identificación personal. Además, pueden combinarse con el objeto de alcanzar grados de seguridad más elevados y brindar, de esta forma, diferentes niveles de protección. Distintas situaciones requerirán de diferentes soluciones para la labor de identificación personal. Por ejemplo, con relación al grado de seguridad, se debe considerar el valor que se está protegiendo, así como los diversos tipos de amenazas. También es importante considerar la reacción de los usuarios y el costo del proceso.

Las características básicas que un sistema biométrico para identificación personal debe cumplir, pueden expresarse mediante las restricciones que

deben de satisfacerse. Ellas apuntan, básicamente, a la obtención de un sistema biométrico con utilidad práctica.

Las restricciones antes señaladas se dirigen a que el sistema considere el desempeño, la aceptabilidad y la fiabilidad.

El desempeño, que se refiere a la exactitud, la rapidez y la robustez alcanzada en la identificación, además de los recursos invertidos y el efecto de factores ambientales y/u operacionales. El objetivo de esta restricción es comprobar si el sistema posee exactitud y rapidez aceptables, con un requerimiento de recursos razonable.

La aceptabilidad, que indica el grado en que la gente está dispuesta a aceptar un sistema biométrico en su vida diaria. Es claro que el sistema no debe representar peligro alguno para los usuarios y debe inspirar “confianza” a los mismos. Factores psicológicos pueden afectar esta última característica. Por ejemplo, el reconocimiento de una retina, que requiere un contacto cercano de la persona con el dispositivo de reconocimiento, puede desconcertar a ciertas personas debido al hecho de tener su ojo sin protección frente a un “aparato”. Sin embargo, las características anteriores están subordinadas a la aplicación específica. En efecto, para algunas aplicaciones la repercusión psicológica de utilizar un sistema basado en el reconocimiento de características oculares será positiva, debido a que este método es eficaz implicando mayor seguridad.

La fiabilidad, que refleja cuán difícil es burlar al sistema. El identificador biométrico debe reconocer características de una persona viva, pues es posible crear dedos de látex, grabaciones digitales de voz, prótesis de ojos, etc. Algunos sistemas incorporan métodos para determinar si la característica bajo estudio, corresponde o no a la de una persona viva. Los métodos empleados son ingeniosos y usualmente más simples de lo que uno podría imaginar. Por ejemplo, un sistema basado en el reconocimiento del iris, revisa patrones específicos en las manchas de éste; un sistema infrarrojo para chequear las venas de la mano, detecta flujos de sangre caliente y los lectores de ultrasonido para huellas dactilares revisan estructuras subcutáneas de los dedos.

Sistemas Biométricos Actuales.

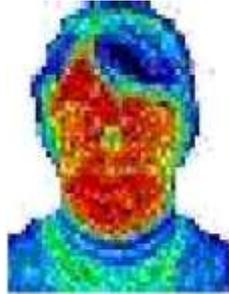
Actualmente, existen sistemas biométricos que basan su acción en el reconocimiento de diversas características, como puede apreciarse en la figura 1.4. Las técnicas biométricas más conocidas son nueve y están basadas en los siguientes indicadores biométricos:

- a) Rostro.
- b) Termograma del rostro.
- c) Huellas dactilares.
- d) Geometría de la mano.

- e) Venas de las manos.
- f) Iris.
- g) Patrones de la retina.
- h) Voz.
- i) Firma.



(a)



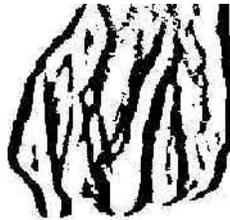
(b)



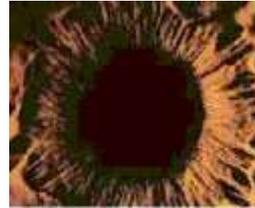
(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Figura 1.4.- Técnicas biométricas actuales.

Cada una de las técnicas anteriores, posee ventajas y desventajas comparativas, las cuales deben tenerse en consideración al momento de decidir que técnica utilizar para una aplicación específica. En particular, deben considerarse las diferencias entre los métodos anatómicos y los de comportamiento. Una huella dactilar, salvo daño físico, es la misma día a

día, a diferencia de una firma que puede ser influenciada tanto por factores controlables como por psicológicos no intencionales. También las máquinas que miden características físicas tienden a ser más grandes y costosas que las que detectan comportamientos. Debido a diferencias como las señaladas, no existe un único sistema biométrico que sea capaz de satisfacer todas las necesidades. Una compañía puede incluso decidir el uso de distintas técnicas en distintos ámbitos. Más aún, existen esquemas que utilizan de manera integrada más de una característica para la identificación. Por ejemplo, se integran el reconocimiento de rostros y huellas dactilares. La razón es que el reconocimiento de rostros es rápido pero no extremadamente confiable, mientras que la identificación mediante huellas dactilares es confiable pero no eficiente en consultas a bases de datos. Lo anterior, sugiere utilizar el reconocimiento de rostros para particionar la base de datos. Luego de esto comienza la identificación de la huella. Los resultados alcanzados por el sistema conjunto son mejores que los obtenidos por sus partes por separado. En efecto, las limitaciones de las alternativas por separado son soslayadas, logrando además, respuestas exactas con un tiempo de proceso adecuado. En la figura 1.5, se presenta un esquema de división de las características biométricas.

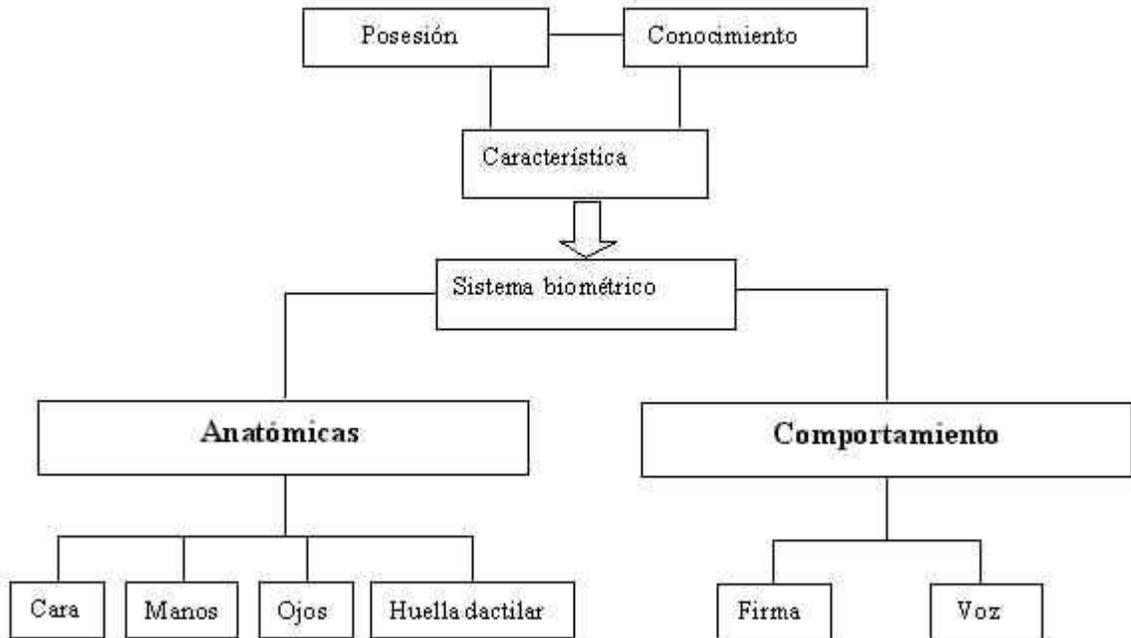


Figura 1.5.- División de las características biométricas para identificación personal.

Huellas Dactilares

Un indicador biométrico que satisface muchos requisitos, es la huella dactilar. Este indicador ha sido utilizado por los seres humanos para identificación personal, durante más de cien años. En la actualidad, las

huellas dactilares representan una de las tecnologías biométricas más maduras y son consideradas pruebas legítimas de evidencia criminal en cualquier corte del mundo.

Una huella dactilar es la representación de la morfología superficial de la epidermis de un dedo. Posee un conjunto de líneas que, en forma global, aparecen dispuestas en forma paralela (colinas o ridge lines y furrows). No obstante, estas líneas se intersectan y en ocasiones terminan en forma abrupta.

Los puntos donde las colinas terminan o se bifurcan, se conocen técnicamente como minucias. Otros puntos singulares de una huella dactilar son aquellos donde la curvatura de los ridges es máxima. Esos puntos reciben el nombre de cores y deltas. La característica más interesante que presentan tanto las minucias como los puntos singulares cores y deltas es que son únicos para cada individuo y permanecen inalterados a través de su vida. A pesar de esta variedad de minucias (han sido enumerados 18 tipos distintos de minucias), las más importantes son las terminaciones y bifurcaciones de ridges. Esto último, se debe a que las terminaciones de ridges representan aproximadamente el 60.6% de todas las minucias en una huella y las bifurcaciones el 17.9%.

Asimismo, varias de las minucias menos típicas se pueden expresar en función de las dos señaladas. Naturalmente, para poder identificar a una persona mediante las minucias de su huella, es necesario poder representar a estas últimas, para poder compararlas. La representación estándar consiste en asignar a cada minucia su posición espacial (x, y) y su dirección, que es tomada con respecto al eje 'x' en el sentido contrario a las manecillas del reloj. Esta representación se muestra en la figura 1.6, para una minucia de término y una de bifurcación de ridge.

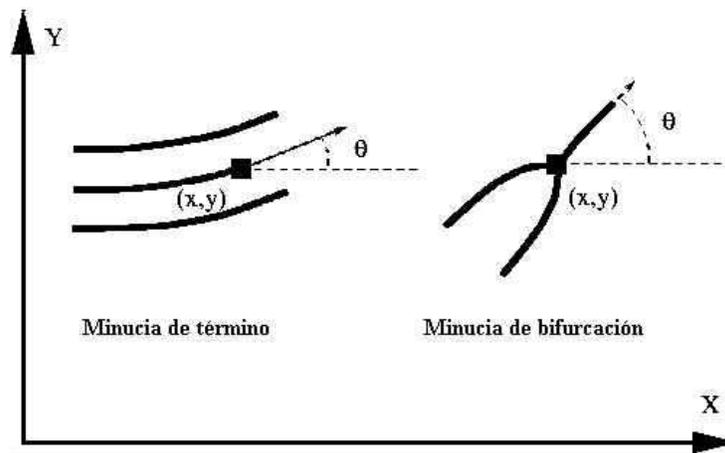


Figura 1.6.- Representación de minucias en términos de su posición y dirección.

Para reconocer una huella dactilar, se procede desde una escala gruesa a una fina. En primer lugar, se clasifica a la huella, es decir, se asigna a una clase previamente determinada, de acuerdo a la estructura global de los ridges. El objetivo de esta etapa es establecer una partición en la base de datos con huellas. En general, la distribución de las huellas en las distintas clases, es no uniforme, lo que obliga a sub-clasificar a la huella en estudio, es decir, generar un nuevo conjunto de clases a partir de las ya definidas. Luego se procede a la comparación a escala fina. Este proceso recibe el nombre de matching. El proceso consiste en comprobar si el conjunto de minucias de una huella coincide con el de otra.

Las principales dificultades en el proceso de matching son:

- En una imagen de calidad hay alrededor de 70 a 80 minucias en promedio, cantidad que contrasta abiertamente con las presentes en una imagen latente o parcial cuyo valor promedio es del orden de 20 a 30.
- Hay traslaciones, rotaciones y deformaciones no lineales de las imágenes que se heredan a las minucias.
- Aparecen minucias espurias, mientras otras verídicas desaparecen.
- La base de datos puede ser muy grande.
- No existe un método de comparación que entregue una coincidencia exacta entre las características de la imagen de entrada y las pertenecientes a la base de datos.

A la fecha, las técnicas propuestas que han obtenido mayor éxito en la labor de matching, se han basado en una comparación de índole geométrica de los vectores de características.

Reconocimiento Facial.

El reconocimiento de imágenes faciales, también denominado reconocimiento de caras, permite determinar la identidad de una persona al comparar una imagen de su cara con imágenes de referencia almacenadas en una base de datos en la que también se almacena la identidad de las personas asociadas a cada imagen de referencia. Esta comparación se realiza analizando elementos estructurales presentes en los rostros. El sistema de reconocimiento implantado puede ser, por el momento, comparar caras frontales en condiciones adecuadas.

Para probar el sistema de reconocimiento de rostros frontales se deberá seleccionar la imagen a analizarse desde algunas de las bases de datos. El sistema entregará las caras más parecidas al rostro seleccionado, indicando asimismo el grado de similitud o parecido.

Estos sistemas logran identificar a la persona en menos de dos segundos. Pese a ello, no son suficientemente rápidos en zonas con gran afluencia de gente. Por tanto, todavía hay mucho trabajo por delante.

Se necesitan sistemas con mucha memoria y gran tiempo de cómputo, dos características fundamentales para acortar los tiempos de ejecución.

La identificación de características faciales, ha recibido un fuerte impulso, gracias al cambio en la tecnología de vídeo multimedia. Esto ha propiciado un aumento de cámaras en los lugares de trabajo y en el hogar. El reconocimiento por características faciales es inherente a todos nosotros. Individuos específicos pueden distinguirse de una multitud sólo con verles el rostro. Por tanto, este tipo de identificación es considerada como la más natural dentro de los sistemas biométricos.

El reconocimiento facial se puede aplicar en el control de accesos a edificios públicos, cajeros automáticos, agencias del gobierno, laboratorios de investigación y también como clave secreta de acceso para el uso de computadores personales.

Este sistema se podría utilizar de la misma manera para tener bases de datos con la información de quién entra y quién sale de edificios emblemáticos. Los primeros programas de reconocimiento facial, fueron instalados en el Reino Unido. En 1997, la ciudad de Newham (250.000 habitantes) equipó sus calles con un sistema de vídeo-control conectado a un programa informático. Según la policía, la iniciativa permitió una disminución del 34% de la criminalidad.

Este sistema ya se ha utilizado en EEUU durante la última final de fútbol americano, conocida como Súper Bowl, donde las cámaras registraron las caras de cada uno de los espectadores, para cotejarlas con las de los criminales almacenadas en su base de datos.

El proceso de identificación facial se divide en dos tareas: «detección» y «reconocimiento». La primera comprende la localización de las caras que existen en una fotografía o en una secuencia de vídeo. La segunda tarea compara la imagen facial con caras previamente almacenadas en una base de datos. Se suele cotejar una serie de puntos clave, como la boca, nariz y ojos.

Conscientes de la creciente importancia de los sistemas de seguridad, los expertos pretenden crear una aplicación que permita realizar la identificación facial, mediante técnicas de aprendizaje estadístico. Para desarrollar esta tarea, se va a utilizar una de las herramientas de aprendizaje más potentes que existen en la actualidad, la Máquina de Vectores Soporte («Support Vector Machine», SVM), dada su versatilidad y prestaciones en la clasificación.

Para resolver el problema de la detección facial, diversos investigadores han usado otros métodos. Por ejemplo, las redes neuronales o

aproximaciones de máxima verosimilitud. Pero, analizando los resultados obtenidos, se puede comprobar que la máquina de vectores soporte es la que proporciona el menor error y la mejor generalización.

Este método permite discriminar dentro de un gran conjunto de alternativas aquellos rostros que no cumplen con ciertas condiciones en un proceso que es más rápido para concentrar los recursos de procesamiento en aquellos rostros potenciales.

Tarjetas Inteligentes

Las tarjetas inteligentes son dispositivos con las características físicas de las tarjetas de crédito, con un microprocesador incrustado que controla el acceso a la información que contiene.

Las tarjetas inteligentes se utilizan actualmente para almacenar información de todo tipo, en cualquier mercado (banca, salud, servicios, etc.), para control de accesos y seguridad (por su capacidad de encriptamiento, manejo de claves públicas y privadas, etc.), para pago electrónico (monederos electrónicos) y más.

Hasta ahora, la banda magnética de las tarjetas de crédito y de débito, ha sido la tecnología dominante en el mercado; con todo, en ellas sólo se puede almacenar una pequeña cantidad de información, de modo que la gran mayoría de los datos personales y de las operaciones de la tarjeta magnética, residen en servidores centrales de la compañía que las emite.

Con una tarjeta inteligente, toda la información necesaria para las transacciones está alojada en el microprocesador insertado, lo que significa que el tráfico de información a sistemas centrales es mucho menor con respecto al de las tarjetas de banda magnética, incrementándose así, el nivel de seguridad de las operaciones.

Con las tarjetas inteligentes, se puede operar desde un simple control de acceso del personal a una empresa o escuela, hasta complejas combinaciones, que pueden incluir la información personal del usuario, su historial clínico y algún sistema de cliente frecuente, incluyendo servicios financieros, como monedero electrónico o tarjetas de débito y de crédito.

Las tarjetas inteligentes cada vez son más utilizadas. Los niveles de seguridad y la capacidad de almacenamiento que manejan han llevado a los bancos y a otras Instituciones Financieras a reemplazar poco a poco sus tarjetas convencionales de banda magnética por tarjetas de chip. La posibilidad de almacenar y procesar información en este sofisticado y diminuto mecanismo facilita la realización de procesos y permite administrar la información de mejor manera.

La tarjeta magnética convencional se desarrolló a finales de los 60's, para satisfacer varias necesidades. Una de ellas es permitir a los clientes de los bancos y entidades de ahorro, activar y operar de forma rápida y efectiva

con los cajeros automáticos. También para proporcionar un medio con el cual operar en puntos de venta específicos.

El objetivo de esta tarjeta es identificar a un cliente para acceder a una base de datos remota con la que se establece una conexión. La información que posee la base de datos permite aceptar o rechazar esa transacción.

En la actualidad la utilización de la tarjeta magnética se ha generalizado de tal forma que, al año, se producen y utilizan una media de 1,400 millones de tarjetas magnéticas en el mundo.

Las tarjetas magnéticas han producido importantes resultados en el mercado financiero, pero no ofrecen soluciones para los nuevos mercados y servicios que aparecen: televisión interactiva, telefonía digital, etc.

El problema se debe a que las tarjetas magnéticas actuales se han utilizado para dar solución a problemas que aparecieron hace 25 años y están ligados a esas tecnologías: dependencias de sistemas centrales y grandes redes dedicadas; a diferencia de los sistemas distribuidos actuales y de las nuevas soluciones. Además, la tarjeta magnética ofrece muy baja densidad de datos, baja fiabilidad y poca o nula seguridad en la información que lleva.

La tarjeta inteligente surge ante las nuevas necesidades del mercado, las cuales no pueden ser satisfechas por la tarjeta de banda magnética.

Esta tecnología tiene su origen en la década del 70, cuando inventores de Alemania, Japón y Francia inscribieron las patentes originales. Debido a varios factores que se presentaron y de los cuales la inmadura tecnología de semiconductores tuvo un mayor peso, muchos trabajos sobre tarjetas inteligentes (*smart cards*) estuvieron en investigación y desarrollo hasta la primera mitad de los años 80.

Hasta el punto mencionado, la tecnología con chip aporta prácticamente lo mismo que la banda magnética.

Sin embargo, hay al menos tres aspectos en los que la potencialidad implícita en el chip otorga a esta última tecnología una clara ventaja de cara al futuro.

Seguridad.- El contenido de la banda magnética, por la tecnología que implica, puede ser leído y, aunque no es sencillo, puede ser manipulado por personas con conocimiento y medios adecuados. El chip, sin embargo, contiene una tecnología interna mucho más sofisticada, que hace que las posibilidades de manipulación física se reduzcan de forma muy sensible. Al mismo tiempo, por su capacidad interna, es capaz de soportar procesos criptográficos muy complejos (DES simple, triple DES, RSA). Más adelante, en este documento, se abundará sobre la seguridad en las tarjetas inteligentes.

Capacidad de almacenamiento de información.- La cantidad de información incorporable a una banda magnética es pequeña y, parcialmente

modificable, por lo que la relación entre el usuario de la tarjeta y el emisor es unidimensional: únicamente se actualiza cuando se interactúa, a través de hardware sofisticado (ATMs). El chip, no obstante, une a su mayor capacidad de información, la capacidad de poder gestionar dicha información, con lo que se abren nuevas posibilidades para la relación usuario-emisor. Estas características diferenciales, motivan que la difusión de la tecnología chip aplicada en tarjetas de plástico sea altamente deseable. Esta difusión, pasa inevitablemente por la estandarización del producto. En el terreno estrictamente físico, la ubicación exacta del chip en la tarjeta de plástico y de los contactos a través de los que interactúa, está consensuada a nivel mundial. Esto, además de otros efectos intrínsecamente más importantes, ha tenido como efecto que su imagen se esté popularizando y sea cada vez más comúnmente reconocida. La parte exterior de todo el mecanismo que soporta su operatoria no es el chip, sino un conjunto de zonas de contacto, cada una de las cuales tiene funciones predeterminadas.

Flexibilidad.- La tecnología de Tarjetas Inteligentes es compatible con los principales tipos de sistemas operativos. También existe un entorno de programación que permite crear, almacenar o suprimir aplicaciones en las tarjetas, lo que significa que es posible hacer tarjetas “a medida”, seleccionando para la tarjeta las aplicaciones que se adapten a las circunstancias y necesidades de cada persona.

Aparición cronológica

- 1979: Primer prototipo de tarjeta de memoria.
- 1982: Primera tarjeta telefónica fabricada para France Telecom.
- 1988: Primera tarjeta DES bancaria fabricada para Carte Bancaire.
- 1993: Primera tarjeta GSM-SIM (Global System for Mobile Communication).
- 1996: Primera tarjeta RSA 1024 bits “cryptoprocessor”.
- 1997: Primera tarjeta de ICC Java powered.
- 2000: Primera tarjeta de ICC Windows 2000 powered.
- 2000: Primera tarjeta de ICC para SunRay Workstation.

Principales fabricantes

- Gemplus (www.gemplus.com).
- Schlumberger (www.slb.com).
- Bull (www.bull.com).

Oberthur (www.oberthur.com).

Orga (www.orga.com).

Solaic(www.winforms.phil.tu-bs.de/winforms/company/solaic/solaic.html).

De la Rue (www.delarue.com).

Descripción de una Tarjeta Inteligente.

Es muy frecuente denominar a todas las tarjetas que poseen contactos dorados o plateados sobre su superficie, como tarjetas inteligentes. Sin embargo, este término es bastante ambiguo y conviene hacer una clasificación correcta. ISO (International Standard Organization), prefiere usar el término “tarjeta de circuito integrado” (Integrated Circuit Card o ICC), para referirse a todas aquellas tarjetas que posean algún dispositivo electrónico, ver figura 1.7. Este circuito contiene elementos para realizar transmisión, almacenamiento y procesamiento de datos. La transferencia de datos puede llevarse a cabo a través de los contactos que se encuentran en la superficie de la tarjeta, o sin contactos, por medio de campos electromagnéticos. Estas tarjetas presentan diversas ventajas en comparación con las de bandas magnéticas:



Figura 1.7.- Tarjeta Inteligente

Son capaces de almacenar más información.

Pueden proteger la información que almacenan en sus memorias de posibles accesos no autorizados.

Poseen una mayor resistencia al deterioro de la información almacenada.

Ya que el acceso a la información se realiza a través de un puerto serie y es supervisado por el propio sistema operativo de la tarjeta, es posible escribir datos confidenciales que no puedan ser leídos por personas no autorizadas. En principio, las funciones de escritura, lectura y borrado de la memoria pueden ser controladas tanto por el hardware, como por el software o por ambos a la vez. Esto permite contar con una gran variedad de mecanismos de seguridad.

Siendo el chip integrado, el componente más importante, las tarjetas están clasificadas según el tipo de circuito y estas pueden ser:

Tarjeta Inteligente de Contacto:

Estas tarjetas son las que necesitan ser insertadas en una terminal con lector inteligente, para que por medio de contactos pueda ser leída. Existen dos tipos de tarjeta inteligente de contacto: Las sincrónicas y las asincrónicas.

Tarjetas Inteligentes Sincrónicas o Tarjetas de Memoria.

Los datos que se requieren para las aplicaciones con tarjetas de memoria, son almacenados en una EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory).

Estas tarjetas son desechables, cargadas previamente con un monto o valor que va decreciendo a medida que se utiliza y una vez que se acaba el monto, se vuelve desechable.

Memoria Libre: Carece de mecanismos de protección para acceder a la información. Las funciones que desempeñan están optimizadas para aplicaciones particulares en las que no se requieren complejos mecanismos de seguridad. Se utilizan para el pago de peajes, teléfonos públicos, máquinas dispensadoras y espectáculos.

Memoria Protegida: Poseen un circuito de seguridad que proporciona un sistema para controlar los accesos a la memoria frente a usuarios no autorizados. Este sistema funciona mediante el empleo de un código de acceso que puede ser de 64 bits o más.

Tarjetas asincrónicas

Estas tarjetas poseen en su chip un microprocesador, de acuerdo con el diagrama de la figura 1.8, además cuenta con algunos elementos adicionales como son:

ROM enmascarada.

EEPROM.

RAM.

Puerto de Entrada/Salida

La ROM (Read Only Memory), enmascarada contiene el sistema operativo de la tarjeta y se graba durante el proceso de fabricación.

La EEPROM es la memoria no volátil del microprocesador y en ella se encuentran datos del usuario o de la aplicación, así como el código de las instrucciones que están bajo el control del sistema operativo. También puede contener información como el nombre del usuario, número de identificación personal o PIN (Personal Identification Number).

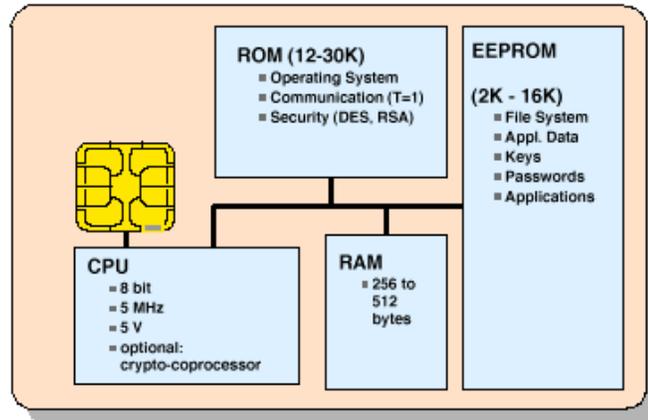


Figura 1.8.- Tarjeta Asincrónica

La RAM (Random Access Memory) es la memoria de trabajo del microprocesador. Al ser volátil se perderá toda la información contenida en ella al desconectar la alimentación.

El puerto de entrada y salida normalmente consiste en un simple registro, a través del cual, la información se transfiere bit a bit.

Las tarjetas con microprocesador son bastante flexibles puesto que pueden realizar múltiples funciones. En el caso más simple, sólo contienen datos referentes a una aplicación específica, esto hace que dicha tarjeta únicamente se pueda emplear para esa aplicación. Pese a esto, los sistemas operativos de las tarjetas más modernas hacen posible que se puedan integrar programas para distintas aplicaciones en una sola tarjeta. En este caso la ROM contiene sólo el sistema operativo con las instrucciones básicas, mientras que el programa específico de cada aplicación se graba en la EEPROM después de la fabricación de la tarjeta.

Tarjetas Inteligentes sin Contacto

Son similares a las de contacto, con respecto a lo que pueden hacer y a sus funciones, pero utilizan diferentes protocolos de transmisión en capa lógica y física. No utilizan contacto galvánico sino de interfaz inductiva. Poseen además del chip, una antena de la cual se valen para realizar transacciones, en la figura 1.9 se pueden apreciar las capas de una tarjeta sin contacto. Son ideales para las transacciones que tienen que realizarse rápidamente.

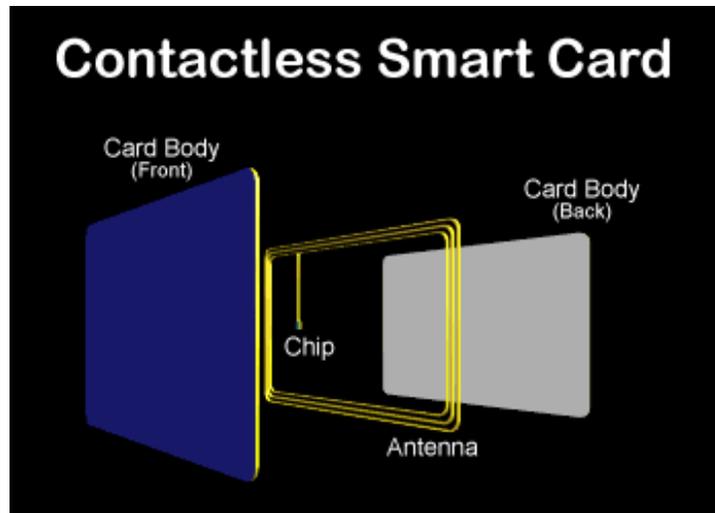


Figura 1.9.- Tarjeta Inteligente sin Contacto

Esta tecnología ofrece ventajas con respecto a la de las tarjetas de contacto. Cuando en una tarjeta de contactos se producen fallos de funcionamiento, casi siempre se deben al deterioro en la superficie de contacto o a la suciedad adherida a los mismos. Una de las ventajas de las tarjetas sin contacto, es que los problemas técnicos antes mencionados no ocurren debido, claro está, a que carecen de contactos. Otra de las ventajas es la de no tener que introducir la tarjeta en un lector. Esto es una gran ventaja en sistemas de control de accesos, donde se necesita abrir una puerta u otro mecanismo, puesto que la autorización de acceso puede ser operada sin que se tenga que sacar la tarjeta del bolsillo e introducirla en un terminal.

Este tipo de tarjetas se comunican por medio de radiofrecuencias. Según la proximidad necesaria entre tarjeta y lector, existen dos tipos:

- Tarjeta Cercana: debe estar a unos pocos milímetros del lector para que sea posible la comunicación.
- Tarjeta Lejana: la distancia varía entre centímetros y unos pocos metros.

Desde el punto de vista de cómo se alimentan, existen dos tipos:

- Uno en el cual la tarjeta incorpora junto al chip una batería que alimenta a los circuitos.
- Otro tipo que incorpora un hilo metálico incrustado (antena). Este hilo se somete a un campo electromagnético variable que a su vez induce una corriente eléctrica capaz de alimentar los circuitos de la tarjeta.

Seguridad

Existen en la actualidad empresas que han tomado la decisión de basar la seguridad de sus sistemas en las tarjetas inteligentes. La seguridad física de estas es muy alta. Sin el PIN (Personal Identification Number), estas tarjetas no se activan, impidiendo su uso por usuarios no autorizados.

Un problema de seguridad que hasta ahora ha quedado sin resolver, es el de la comunicación entre la tarjeta y el lector. Algunas tarjetas se utilizan sobre redes de comunicaciones como Internet en las que se pueden producir escuchas de información confidencial. Otro de los problemas es el de la autenticación, consistente en asegurar de forma fiable la identidad del interlocutor. La tarjeta tiene que estar segura de que el lector con el que trata o el expendedor de dinero electrónico del que extrae dinero, son de fiar y a su vez los lectores y los sistemas centrales de las aplicaciones financieras, tienen que asegurarse que están tratando con una tarjeta válida.

La criptografía busca resolver tres problemas básicos: confidencialidad, que la información no sea accesible a un usuario no autorizado; integridad, que la información no sea modificada sin autorización y autenticación, que se reconozca de forma fiable la identidad del interlocutor.

Para entender algunas de las aplicaciones de dinero electrónico en tarjetas inteligentes hay que entender también las técnicas criptográficas de demostración de identidad de conocimiento cero (Zero-knowledge proof identity ZKPI).

ZKPI es un protocolo criptográfico, que permite demostrar la identidad de un interlocutor sin que un espía obtenga información que le permita suplantarlo en el futuro. El problema de la identificación por nombre de usuario y clave (muy usada en los sistemas multiusuario), es que un espía que escuche una vez las comunicaciones, obtiene la información suficiente para suplantar al legítimo usuario. El protocolo ZKPI, obvia este problema impidiendo un ataque tan simple como escuchar las comunicaciones cuando se está ejecutando el protocolo de demostración de identidad.

La palabra “criptografía” deriva de “cripto” (oculto) y “grafos” (escritura) y su objetivo es garantizar la privacidad y autenticidad del mensaje y del emisor. En el bando contrario, el criptoanálisis persigue romper la privacidad del mensaje y suplantar al emisor.

La técnica de encriptado, se basa en un algoritmo de cifrado y una clave, de tal forma que se requieren ambos para generar, a partir del texto claro, el texto cifrado. Para descifrar se requieren un algoritmo de descifrado y una clave de descifrado.

Un protocolo criptográfico es aquel que utiliza técnicas criptográficas junto con las reglas de comunicación.

Estos protocolos se utilizan por temas tan diversos como asegurar una comunicación, reconocer al interlocutor, firmar contratos, etc.

La técnica más inmediata para obtener una clave, consiste en probar todas las claves posibles hasta descifrar la correcta. Esta técnica se conoce como “fuerza bruta”. Cuando un atacante conoce un mensaje en claro y cifrado, probará todas las claves posibles, comparando el resultado del descifrado con el texto claro, cuando coinciden ha obtenido la clave.

Cifrado simétrico

Se caracteriza por poseer un único algoritmo de cifrado/descifrado, aunque en la ejecución de ambas operaciones pueden existir pequeñas variaciones y por una única clave para cifrar y descifrar. Esto implica que la clave tiene que permanecer oculta y ser compartida por el emisor y el receptor, lo que significa que se debe distribuir en secreto y se necesita una clave para cada par de interlocutores.

Cifrado asimétrico (clave pública)

Se caracteriza por la existencia de dos claves independientes para cifrar y para descifrar. Esta independencia permite al receptor hacer pública la clave de cifrado, de tal forma que cualquier entidad que desee enviarle un mensaje pueda cifrarlo y enviarlo. La clave de descifrado permanece secreta, por lo que sólo el receptor legítimo puede descifrar el mensaje. Ni siquiera el emisor es capaz de descifrar el mensaje una vez cifrado.

Fortaleza de los algoritmos de cifrado

Dentro de los sistemas criptográficos hay que distinguir entre el algoritmo criptográfico y el protocolo criptográfico. Un algoritmo criptográfico es un mecanismo que permite convertir un texto claro (legible) en otro cifrado (ilegible). Un protocolo criptográfico es un protocolo en el que se utilizan algoritmos criptográficos.

La seguridad de un sistema con protección criptográfica puede venir de la debilidad de sus algoritmos o de sus protocolos, también puede producirse a través de sus claves. Un algoritmo es inseguro cuando existe un método más eficaz que la fuerza bruta para obtener la clave; no es necesario probar todas las claves posibles para obtenerla. Un protocolo es inseguro cuando siendo seguros sus algoritmos criptográficos, es posible debilitar alguna de sus propiedades criptográficas (autenticación, integridad y confidencialidad).

Cifrado Data Encryption Standard (DES)

Es uno de los sistemas criptográficos más utilizados en todo el mundo. Esto no significa que el algoritmo sea el menos vulnerable o el más eficiente, sino que su verdadera importancia reside en la aceptación que ha tenido en el mercado criptográfico, ya que fue uno de los primeros intentos por parte del gobierno de los Estados Unidos por implantar un estándar para transmitir datos digitales de una forma segura.

El DES se define como un algoritmo simétrico cifrador de bloques de 64 bits, es decir, el algoritmo cifra bloques de texto de 64 bits utilizando una clave de 56 bits, generando un bloque de texto cifrado de 64 bits.

Debido al carácter simétrico del algoritmo, se utiliza la misma clave para cifrar y descifrar, usándose también el mismo algoritmo para ambas funciones.

Cifrado RSA

RSA es uno de los algoritmos de clave pública más representativos. Sirve tanto para cifrar como para realizar firmas digitales. Es uno de los pocos algoritmos que se pueden implantar y comprender de una manera sencilla. Su nombre se debe a las iniciales de sus tres inventores, Ron Rivest, Adi Shamir y Leonard Adleman, los cuales crearon el algoritmo en el año de 1977.

La verdadera fortaleza del sistema radica en la dificultad de obtener la clave privada a partir de los datos públicos del sistema.

Aunque existen algoritmos que realizan la firma digital con técnicas de cifrado simétrico, éstos adolecen de la necesidad de enviar claves por separado.

Usos de las Tarjetas Inteligentes

Los usos más comunes de estas tarjetas son:

- Programas de Fidelización.
- Monederos Electrónicos.
- Aplicaciones en Grupos Cerrados.
- Tarjetas de asistencia Médica (Clínicas y Seguros).
- Documentos y Credenciales (Seguridad y Control de Acceso).
- Débito-Crédito.

Las tarjetas inteligentes presentan un costo por transacción que es menor que el de las tarjetas magnéticas convencionales. Esto es incluyendo los costos de la tarjeta, de las infraestructuras necesarias y de los elementos para realizar las transacciones.

Ofrecen prestaciones muy superiores a las de una tarjeta magnética tradicional. Esta ventaja se explica por las configuraciones múltiples que puede tener, lo que permite utilizarla en distintas aplicaciones.

Permiten realizar transacciones en entornos de comunicaciones móviles, en entornos de prepago y en nuevos entornos de comunicaciones. A estos entornos no puede acceder la tarjeta tradicional.

Las mejoras en seguridad y funcionamiento permiten reducir los riesgos y costos del usuario.

Están surgiendo nuevos servicios y aplicaciones que necesitan de esta tecnología, para los cuales las tarjetas de banda magnética no pueden brindar soluciones.

Las tarjetas inteligentes son elementos que sin lugar a dudas se convertirán en un algo cotidiano en nuestras vidas.

La incursión de esta tarjeta en el continente europeo es cada día más grande. La tarjeta inteligente está ganando terreno día a día sobre todo en Francia. En los Estados Unidos aún existe cierta resistencia pero poco a poco está ganando aceptación. No sería extraño pensar que en nuestro país, comiencen a aparecer nuevas aplicaciones y/o servicios, en los que la tarjeta inteligente se torne un elemento fundamental (como sucedió con las tarjetas telefónicas).

En un futuro próximo tal vez las computadoras de escritorio, cuenten con un lector de tarjetas inteligentes integrado, al igual que hoy en día los computadores personales cuentan con una disquetera y con un lector de CDs.

Se presenta la tabla 1.1 que es un resumen de comparación entre tecnologías para identificación con respecto a diversos parámetros de capacidades, costo y distancias.

Tabla 1.1.- Comparación de los diferentes sistemas de identificación.

Parámetros del sistema	Código de barras	OCR	Reconocimiento de voz	Biometría	Tarjeta inteligente	Sistema RFID
Cantidad promedio de datos (bytes)	1-100	1-100	-	-	16-64k	16-64k
Cantidad de datos	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto
Capacidad de lectura en las máquinas	Buena	Buena	Costosa	Costosa	Buena	Buena
Capacidad de lectura por las personas	Limitada	Simple	Simple	Difícil	Imposible	Imposible
Susceptibilidad a la suciedad/humedad	Muy alta	Muy alta	-	-	Posible (contacto)	No influye
Bloqueo de línea de vista	Fallo total	Fallo total	-	Posible	-	No influye
Influencia de la dirección o posición	Baja	Baja	-	-	Unidireccional	No influye
Degradación por el uso	Limitado	Limitado	-	-	Al contacto	No influye
Costo de los lectores	Muy bajo	Medio	Muy alto	Muy alto	Bajo	Medio
Costo de operación	Bajo	Bajo	Ninguno	Ninguno	Medio	Ninguno
Modificaciones y copiado no autorizados	Poco probable	Poco probable	Posibles (audio y video)	Imposible	Imposible	Imposible
Velocidad de lectura	Baja(4s)	Baja(3s)	Muy baja(mas de 5s)	Muy baja(de 5. a 10s)	Baja(4s)	Muy Rápida(0.5s)
Distancia máxima entre el portador de datos y el lector	0-50cm	Menor a 1cm Scanner	0-50cm	Contacto directo	Contacto directo	0-5m microondas

1.2 Tecnología RFID.

Para retomar el propósito central del presente proyecto, introduzcámonos a la tecnología específica de RFID, sin perder de vista que el objetivo central, que es el de: “Realizar una investigación de sistemas basados en etiquetas RFID para la identificación vehicular”, con énfasis en aquellos aspectos que impactan en las características deseadas para el sistema.

En la actualidad, la tecnología más extendida para la identificación de objetos es la de los códigos de barras; sin embargo, éstos presentan algunas desventajas, como son la escasa cantidad de datos que pueden almacenar, la imposibilidad de ser modificados (reprogramados) y los alcances de una automatización. La mejora obvia que se sugirió y que constituye el origen de la tecnología RFID, consiste en usar chips de silicio que pudieran transferir los datos que almacena el vehículo al lector sin contacto físico (de forma equivalente a los lectores de infrarrojos utilizados para leer los códigos de barras).

Cada vez es más frecuente ver tarjetas identificadoras sin contacto con el sistema de lectura. Este tipo de sistemas se llaman abreviadamente RFID (siglas de **R**adio **F**requency **I**Dentification, en español *Identificación por radiofrecuencia*). Estos dispositivos están sustituyendo poco a poco a las etiquetas de códigos de barras y a las tarjetas magnéticas en todas sus aplicaciones. Ver figura 1.10.

El sistema de RFID (Radio Frequency IDentification), es la tecnología inalámbrica que nos permite, la comunicación entre un lector y una etiqueta o Transponder. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas, mediante comunicaciones de radiofrecuencia. Esta información puede ir desde 1 Bit hasta 514 KBytes dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el transponder (o Tag).

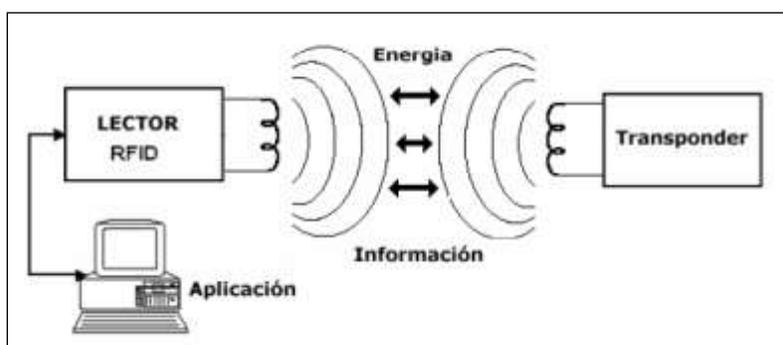


Figura 1.10.- Componentes de un Sistema RFID

1.2.1 Historia del RFID.

Los estudios que se realizaron sobre los campos magnéticos, los trabajos en la primera parte del siglo XIX relacionados con el electromagnetismo se deben a personajes como Maxwell, Hertz, Marconi y muchos más, que contribuyeron al estudio de las ondas de radio y el radar (ondas de radio que rebotan), contribuyeron a sentar las bases, entre otras, para el desarrollo de la RFID. Esta tecnología ha sido producto de pequeñas contribuciones y aportaciones de diversos científicos y técnicos.

Se ha sugerido que el primer dispositivo conocido, similar a RFID, pudo haber sido una herramienta de espionaje inventada por León Theremin para el gobierno soviético en 1945. El dispositivo de Theremin era un dispositivo de escucha secreto, pasivo, no una etiqueta de identificación, por lo que esta aplicación es dudosa. Según algunas fuentes, la tecnología usada en RFID, habría existido desde comienzos del año 1920, desarrollada por el MIT y usada extensivamente por los británicos en la Segunda Guerra Mundial.

Una tecnología similar, el transpondedor de IFF, fue inventada por los británicos en 1939 y fue utilizada de forma rutinaria por los aliados en la Segunda Guerra Mundial, para identificar los aeroplanos como amigos o enemigos. Se trata probablemente de la tecnología citada por la fuente anterior.

Otro trabajo temprano que trata el RFID, es el artículo de 1948 de Harry Stockman, titulado "Comunicación por medio de la energía reflejada" (Actas del IRE, pp. 1196-1204, octubre de 1948). Stockman predijo que "... el trabajo considerable de investigación y de desarrollo tiene que ser realizado antes de que los problemas básicos restantes en la comunicación de la energía reflejada se solucionen en un mundo en y antes de que el campo de aplicaciones útiles se explore." Hicieron falta treinta años de avances en una multitud de diferentes campos, antes de que RFID se convirtiera en una realidad.

Los sistemas RFID en explotación comercial, no son del todo nuevos, aparecieron en los años 80 y a partir de entonces, han evolucionado incesantemente, lo que ha desarrollado a su vez la tecnología en estas aplicaciones. La tabla 1.2 se muestra un resume del avance de la tecnología RFID.

Tabla 1.2.- Resumen de la evolución de la tecnología RFID.

Década	Avances Tecnológicos
1940-1950	Se rediseña el radar para uso militar tomando gran relevancia en la ^a Guerra Mundial. RFID, aparece en 1948.
1950-1960	Primeros experimentos con RFID en laboratorios.
1960-1970	Desarrollo de la tecnología RFID, primeros ensayos en algunos campos de la tecnología.
1970-1980	Explosión de la tecnología. Se realizan más pruebas. Primeras Aplicaciones.
1980-1990	Aparecen más aplicaciones para la tecnología.
1990-2000	RFID toma relevancia en el mundo cotidiano. Aparecen los estándares.

1.2.2 Descripción y Elementos de un Sistema de Radiofrecuencia.

RFID es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos de manera remota, que usa dispositivos denominados etiquetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID, es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio frecuencia. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (Automatic Identification o Identificación Automática).

Una etiqueta RFID es un dispositivo pequeño, similar a una etiqueta, que puede ser adherida o incorporada a un producto, animal o persona. Contienen antenas para permitir recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Las pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas sí lo requieren. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

A.- Etiqueta RFID o Transponder.

Compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip. El propósito de la antena es permitirle al chip, el cual contiene la

información, transmitir la información de identificación de la etiqueta. Existen varios tipos de etiquetas.

Las etiquetas RFID pueden ser *activas*, *semi-pasivas* (o *semi-activas*) o *pasivas*.

Las etiquetas RFID pasivas, no tienen fuente de alimentación propia. La mínima corriente eléctrica inducida en la antena, por la señal de escaneo de radiofrecuencia (campo electromagnético) proporciona suficiente energía al circuito integrado CMOS de la etiqueta para poder transmitir una respuesta. Debido a las preocupaciones por la energía y el costo, la respuesta de una etiqueta pasiva RFID es necesariamente breve, normalmente apenas un número de identificación (ID). La falta de una fuente de alimentación propia hace que el dispositivo deba ser bastante pequeño. Existen productos disponibles en forma comercial, que pueden ser insertados bajo la piel. Las etiquetas pasivas, en la práctica tienen distancias de lectura que varían entre 10 milímetros, hasta cerca de 6 metros, dependiendo del tamaño de la antena de la etiqueta y de la potencia y frecuencia en la que opera el lector. En el presente año (2007), el dispositivo disponible comercialmente más pequeño de este tipo, mide 0.05 milímetros x 0.05 milímetros y es más fino que una hoja de papel; estos dispositivos son prácticamente invisibles.

Las etiquetas RFID semi-pasivas, son muy similares a las pasivas, salvo que incorporan, además, una pequeña batería. Esta batería permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado. Además, elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Por ello, las antenas pueden ser optimizadas para la señal de *backscattering*. Las etiquetas RFID semi-pasivas responden más rápidamente, por lo que son más fuertes en la relación de lectura comparadas con las etiquetas pasivas.

Las etiquetas RFID activas, por otra parte, deben tener una fuente de energía y pueden tener rangos mayores y memorias más grandes que las etiquetas pasivas, así como la capacidad de poder almacenar información adicional enviada por el transmisor-receptor. Actualmente, las etiquetas activas más pequeñas tienen un tamaño aproximado de una moneda. Muchas etiquetas activas, tienen rangos prácticos de cien metros y una duración de batería de hasta varios años (5 a 10 aproximadamente).

Como las etiquetas pasivas son más baratas al fabricarse y no necesitan batería, la gran mayoría de las etiquetas RFID existentes en el mercado son del tipo pasivo. En el 2004, las etiquetas tenían un precio desde 0.4 dls, en grandes pedidos. El mercado universal de productos individuales con tecnología RFID, será comercialmente viable con volúmenes muy grandes, de 10,000 millones de unidades al año, llevando el costo de producción a menos de 0,05 dls según un fabricante. La demanda actual de chips de circuitos integrados con RFID, no está cerca de soportar ese costo. Los analistas de las compañías independientes de investigación como Gartner and Forrester Research convienen en que un nivel de precio de menos de

0.10 dls (con un volumen de producción de 1.000 millones de unidades), sólo se puede lograr en unos 6 u 8 años, lo que limita los planes a corto plazo, para una adopción extensa de las etiquetas de RFID pasivas. Otros analistas creen que esos precios serían alcanzables dentro de 10 a 15 años.

A pesar de que las ventajas en cuanto al costo de las etiquetas pasivas con respecto a las activas son significativas, otros factores incluyendo exactitud y funcionamiento en ciertos ambientes como cerca del agua o metal y confiabilidad hacen que el uso de etiquetas activas sea muy común hoy en día.

El chip posee una memoria interna con una capacidad que depende del modelo y varía en una decena a millares de bytes. Existen diversos tipos de memoria:

- Sólo lectura: el código de identificación que contiene es único y es personalizado durante la fabricación de la etiqueta.
- De lectura y escritura: la información de identificación puede ser modificada por el lector.
- Anticolisión. Se trata de etiquetas especiales que permiten que un lector identifique varias al mismo tiempo (habitualmente las etiquetas deben entrar una a una en la zona de cobertura del lector).

B.- Lector de RFID o transceptor.

Compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Cuando capta una señal de una etiqueta (la cual contiene la información de identificación de ésta), extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos.

C.- Subsistema de procesamiento de datos: proporciona los medios de proceso y almacenamiento de datos.

1.2.3 Funcionamiento Básico de un Sistema de Radiofrecuencia

El modo de funcionamiento de los sistemas RFID es simple. La etiqueta RFID, que contiene los datos de identificación del objeto al que se encuentra adherido, genera una señal de radiofrecuencia con dichos datos cuando se encuentra dentro de la zona de cobertura del Lector de RFID. Esta señal puede ser captada por un lector RFID, el cual se encarga de leer la información y pasársela, en formato digital, a la aplicación específica que utiliza RFID.

Todo sistema RFID se compone de un interrogador o sistema de base que lee y escribe datos en los dispositivos y un "transponder" o transmisor que responde al interrogador (antena lectora).

- El interrogador genera un campo de radiofrecuencia, normalmente conmutando una bobina a alta frecuencia. Las frecuencias usuales van desde 125 khz hasta la banda ISM de 2.4 Ghz, incluso más.
- El campo de radiofrecuencia (campo eléctrico) genera una corriente eléctrica sobre la bobina de recepción del dispositivo. Esta señal es rectificadora y de esta manera se alimenta el circuito o Chip.
- Cuando la alimentación llega a ser suficiente el circuito transmite sus datos.
- El interrogador detecta los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación del propio nivel de la señal.

La señal recibida por el interrogador desde la tarjeta está a un nivel de -60 db por debajo de la portadora de transmisión. El rango de lectura para la mayoría de los casos está entre los 30 y 60 centímetros de distancia entre interrogador y tarjeta, para las aplicaciones en el comercio y la industria.

Podemos encontrar además, dos tipos de interrogadores diferentes:

- Sistemas con bobina simple, la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más costosos, pero consiguen unas prestaciones mayores.

1.2.4 Características Tecnológicas Principales

Principios Físicos

Los sistemas de RFID se basan en el envío de información de una unidad móvil, que es el Tag o “transponder” a una unidad fija “lectora o interrogador”.

La transmisión de información para unidades que están muy cerca una de otra, es por medio de inducción magnética y entre unidades más lejanas por ondas electromagnéticas.

Acoplamientos

La comunicación entre el Tag o “transponder” y la antena lectora, como ya se ha comentado, en función de la aplicación y la distancia entre ambos elementos, puede darse mediante los acoplamientos siguientes:

Close coupling.- Están diseñados para rangos de alcance entre 10 mm y un máximo de 1 cm. El transponder cuando se realiza la comunicación, suele estar en el centro de un aro que es la bobina del lector, o bien, en el centro de una bobina en forma de “U”. El funcionamiento de la bobinas del transponder y de lectores es el mismo que el de un transformador. El lector

representa las espigas primarias y el transponder las secundarias del transformador, es decir en un sistema de este tipo el transponder se inserta en el lector para producir el acoplamiento magnético entre bobinas, ver figura 1.11.

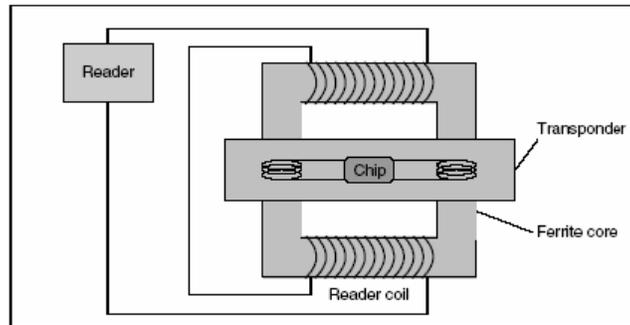


Figura 1.11.- Sistema Close Coupling.

A diferencia con los sistemas de acoplamiento inductivo y de microondas, la eficiencia de la energía transmitida del lector al transponder es excelente, por eso suelen ser usados en sistemas que necesitan del uso de chips potentes, que consuman mucha energía, como por ejemplo microprocesadores.

Inductivo.- El acoplamiento inductivo opera prácticamente igual que los transformadores de núcleo de aire. Ver figura 1.12.

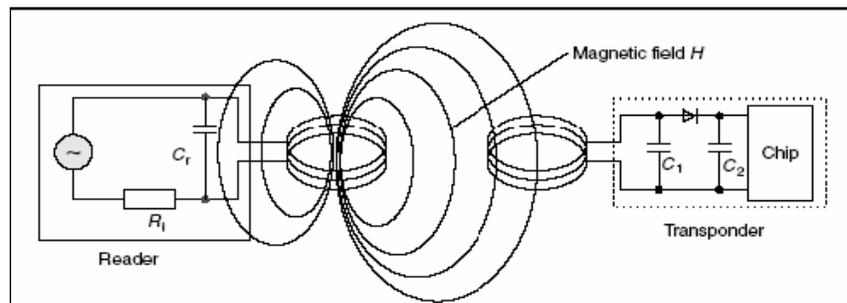


Figura 1.12.- Sistema de acoplamiento inductivo.

El campo creado por la antena del interrogador es la energía que aprovecha del transponder para su comunicación. Este campo está cerca de la antena del interrogador, lo que permite alcanzar una distancia cercana al diámetro de la antena. A distancias mayores la potencia necesaria sería muy elevada. La bobina del lector genera un fuerte campo electromagnético, que penetra la sección de la antena del transponder y en su zona cercana.

Las antenas de estos sistemas son realmente bobinas en los dos elementos. Estos sistemas son para lecturas menores a 1m.

“Backscatter”.- Este es un sistema de transferencia de información de larga distancia mayor a 1 m. Se basan en el uso de ondas electromagnéticas generalmente en el rango de UHF o microondas. Se conocen con este nombre debido a sus principios de operación.

Backscatter es la reflexión de ondas, partículas o señales que regresan en la dirección que fueron generadas o de dónde vienen.

La tecnología en RFID opera en 868 MHz en Europa y 915 en los Estados Unidos y en el rango de microondas en 2.5. GHz y 5.8. La ventaja es de trabajar en una longitud de onda corta lo que permite antenas de un tamaño menor y de gran eficiencia en el transponder.

Estos sistemas tienen un alcance típico de tres metros en transponders pasivos (sin batería) y de unos 15 m en transponders activos. El lector tiene un acoplador direccional para separar la señal transmitida de la señal recibida, mucho más débil, el interrogador detecta los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación del propio nivel de la señal. La señal recibida por el interrogador desde la tarjeta está a un nivel de unos -60 db por debajo de la portadora del propio sensor.

Inducción Magnética

Campo Magnético.- El físico danés Hans Christian Oersted, descubrió en 1820 que cuando una corriente eléctrica (I) fluye a través de un conductor, se forma un flujo magnético (B) alrededor del conductor.

La dirección de las líneas de flujo magnético es siempre a 90° con respecto a la dirección del flujo de la corriente eléctrica.

Cuando un conductor tiene una forma uniforme, la densidad de flujo o número de líneas de fuerza por unidad de área es uniforme a lo largo de la longitud del conductor y decrece uniformemente al incrementar la distancia desde el conductor. Esto se representa en la figura 1.13.

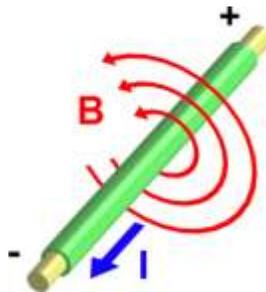


Figura 1.13.- Representación de Campo magnético.

André-Marie Amperé, demostró que el efecto magnético de la corriente en un alambre se puede intensificar enrollándolo en forma de una bobina.

La intensidad del flujo magnético es proporcional al número de vueltas.

Al introducir en la bobina un núcleo de hierro, se obtiene un poderoso electroimán

Fuerza Magnetizante¹ (figura 1.14)

La fuerza magnetizante es la necesaria para crear un flujo magnético en un material.

$$H = \frac{B}{\mu}$$

Figura 1.14.- Ecuación de la fuerza magnetizante.

La permeabilidad magnética² (figura 2.15), es la facilidad con la que un material puede ser magnetizado. Es la relación entre la densidad de flujo y la fuerza del campo magnetizante (B/H).

Un material tiene más de un valor de permeabilidad (pendiente de la curva B vs. H).

Sus unidades pueden ser Henry/m ó Gauss/Oersted.

$$\mu = \frac{B}{H}$$

Figura 1.15- Ecuación de la permeabilidad magnética.

B: Densidad de Flujo ó inducción magnética (en Gauss, Tesla ó Weber/m²). Ver figura 1.16.

1 Wb = 108 líneas de flujo.

1 Gauss = 10⁻⁴ Wb/m².

1 Wb/m² = 1 Tesla.

H Fuerza magnetizante ó intensidad (fuerza) del campo magnético (Oersted, Amper/m ó Amper/cm).

En la figura 1.16 se puede notar que las líneas de flujo magnético alrededor de los conductores en espiral son similares a las empleadas en las antenas transmisoras de los sistemas RFID y de acoplamiento inductivo

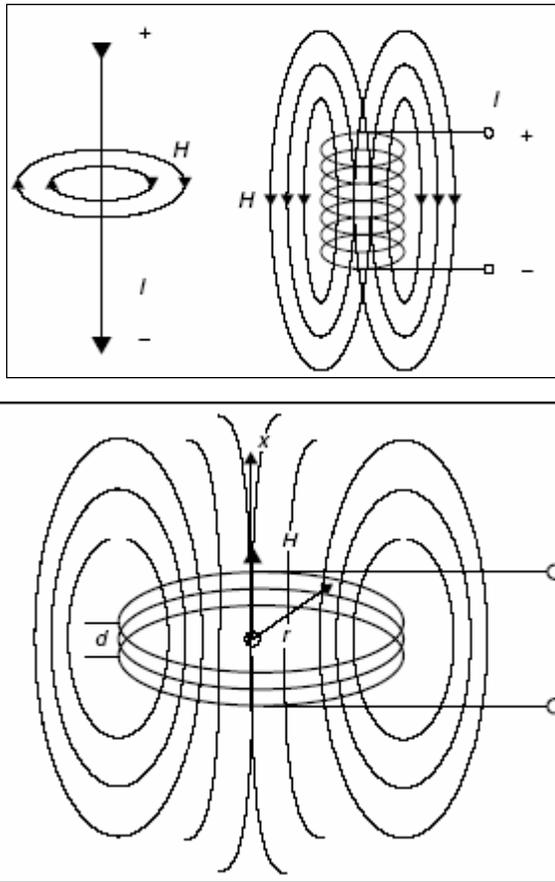


Figura 1.16.- Líneas de flujo magnético.

Densidad de Flujo o Inducción Magnética³ (figura 1.17)

Es el número de líneas de fuerza por unidad de área.

$$B = \frac{\phi}{A} \qquad B = \mu H$$

Figura 1.17.- Densidad de flujo o Inducción magnética.

- ϕ Flujo magnético.”
- A Área (m²)
- μ Permeabilidad (Gauss/Oersted ó Henry/m).
- H Fuerza magnetizante.

En la figura 1.18, se puede apreciar la representación del flujo magnético

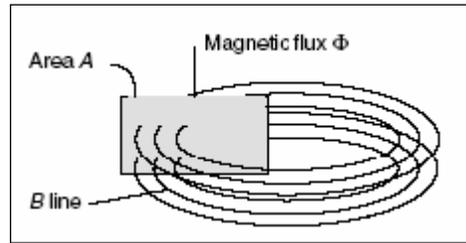


Figura 1.18.- Representación flujo magnético.

La inducción electromagnética, es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz (f.e.m. o voltaje) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor, se produce una corriente inducida. Este fenómeno fue descubierto por Michael Faraday quién lo expresó indicando que la magnitud del voltaje inducido es proporcional a la variación del flujo magnético (Ley de Faraday).

Por otra parte, Heinrich Lenz, comprobó que la corriente debida a la f.e.m. inducida, se opone al cambio de flujo magnético, de forma tal que la corriente tiende a mantener el flujo. Esto es válido, tanto para el caso en que la intensidad del flujo varíe, o que el cuerpo conductor se mueva respecto a él.

En sistemas RFID inductivos, existe un acoplamiento magnético inductivo generado por la antena lectora y la antena del Tag o transponder, induciéndose en este segundo, un voltaje que se utiliza como alimentación para el chip en un proceso de almacenamiento de datos en memoria. Desde luego, las antenas tienen que estar en resonancia, en la frecuencia de operación del sistema RFID.

La inducción se produce por la proximidad de dos conductores en forma de espira y la corriente que atraviesa una de las espiras induce un flujo magnético en la otra espira y viceversa. La magnitud del flujo inducido depende de las dimensiones de ambos conductores, de la posición de un conductor respecto a lo otro y las propiedades magnéticas del medio. Dado

que existe influencia entre ambos, a este fenómeno se le llama “inductancia mutua”.

En la figura 1.19, se representa la inductancia mutua por dos espiras, donde L_1 representa la antena lectora y L_2 el Tag o transponder.

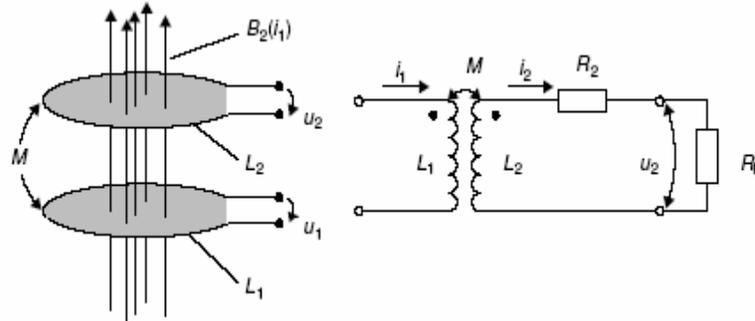


Figura 1.19.- Inductancia mutua.

El coeficiente de acoplamiento es un valor entre cero y uno que representa el grado de inducción creada entre dos espiras, donde el valor de “1” representa un acoplamiento total; es decir, las dos espiras están sometidas al mismo campo magnético.

Es por ello que en el diseño de un sistema RFID, el diámetro de antena es determinante ya que si es demasiado grande, se tendrá mayor alcance, pero el campo magnético cerca del centro de la espira será muy débil y si escogemos un radio pequeño nos encontramos un campo magnético que decrece rápidamente. En la práctica, en sistemas inductivos, el óptimo para el radio de la antena de inducción debe ser el doble del máximo alcance de lectura deseado.

Ondas Electromagnéticas

La radiación electromagnética, es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través de espacio transportando energía de un lugar a otro. Su representación la podemos ver en la figura 1.20.

A diferencia de otros tipos de onda, como el sonido, que necesitan un medio material para propagarse, la radiación electromagnética se puede propagar en el vacío.

En el siglo XIX, se pensaba que existía una sustancia indetectable, llamada éter, que ocupaba el vacío y servía de medio de propagación de las ondas electromagnéticas.

El estudio teórico de la radiación electromagnética, se denomina electrodinámica y es un subcampo del electromagnetismo.

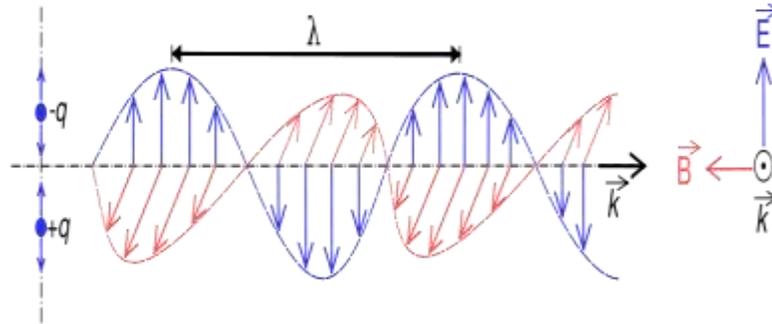


Figura 1.20.- Representación de las ondas electromagnéticas

Maxwell, reunió unas ecuaciones, (actualmente denominadas ecuaciones de Maxwell), de las que desarrolla que un campo eléctrico variable en el tiempo, genera un campo magnético y, recíprocamente, la variación temporal del campo magnético genera un campo eléctrico. Se puede visualizar la radiación electromagnética, como dos campos que se generan mutuamente, por lo que no necesitan de ningún medio material para propagarse. Las ecuaciones de Maxwell, también predicen la velocidad de propagación en el vacío (que se representa c , por la velocidad de la luz, con un valor de 299.792 km/s) y su dirección de propagación es perpendicular a las oscilaciones del campo eléctrico y magnético que, a su vez, son perpendiculares entre sí.

Atendiendo a su longitud de onda, la radiación electromagnética recibe diferentes nombres y varía desde los energéticos rayos gamma (con una longitud de onda del orden de picómetros), hasta las ondas de radio (longitudes de onda del orden de kilómetros), pasando por el espectro visible (cuya longitud de onda está en el rango de las décimas de micra). El rango completo de longitudes de onda es lo que se denomina el espectro electromagnético.

El espectro visible es un minúsculo intervalo que va desde la longitud de onda correspondiente al color violeta (aproximadamente 400 nanómetros), hasta la longitud de onda correspondiente al color rojo (aproximadamente 700 nm).

En telecomunicaciones, las ondas se clasifican mediante un convenio internacional de frecuencias, en función del empleo al que están destinadas, como se aprecia en la tabla 1.3:

Tabla 1.3.- Clasificación de las Ondas en Telecomunicaciones.

Sigla	Rango	Denominación	Empleo
VLF	10 kHz a 30 kHz	Muy baja frecuencia	Radio gran alcance
LF	30 kHz a 300 kHz	Baja frecuencia	Radio, navegación
MF	300 kHz a 3 MHz	Frecuencia media	Radio de onda media
HF	3 MHz a 30 MHz	Alta frecuencia	Radio de onda corta
VHF	30 MHz a 300 MHz	Muy alta frecuencia	TV, radio
UHF	300 MHz a 3 GHz	Ultra alta frecuencia	TV, radar
SHF	3 GHz a 30 GHz	Super alta frecuencia	Radar
EHF	30 GHz a 300 GHz	Extra alta frecuencia	Radar

Cuando un alambre o cualquier objeto conductor, tal como una antena, conduce corriente alterna, la radiación electromagnética se propaga en la misma frecuencia que la corriente.

De forma similar, cuando una radiación electromagnética incide en un conductor eléctrico, propicia que los electrones de su superficie oscilen, generándose de esta forma una corriente alterna cuya frecuencia es la misma que la de la radiación incidente. Este efecto se utiliza en las antenas, que pueden actuar como emisores o receptores de radiación electromagnética.

La radiación electromagnética, reacciona de manera desigual en función de su frecuencia y del material con el que entra en contacto. El nivel de penetración de la radiación electromagnética es inversamente proporcional a su frecuencia. Cuando la radiación electromagnética es de baja frecuencia, atraviesa limpiamente las barreras a su paso. Cuando la radiación electromagnética es de alta frecuencia, reacciona más con los materiales que tiene a su paso.

En función de la frecuencia, las ondas electromagnéticas pueden no atravesar medios conductores. Esta es la razón por la cual las transmisiones de radio, no funcionan bajo el mar y los teléfonos móviles se quedan sin cobertura dentro de una caja de metal. Sin embargo, como la energía ni se crea ni se destruye, sino que se transforma, cuando una onda

electromagnética choca con un conductor, pueden suceder dos cosas. La primera es que se transformen en calor: Este efecto, tiene aplicación en los hornos de microondas. La segunda, es que se reflejen en la superficie del conductor (como en un espejo).

La energía transportada por las ondas electromagnéticas se almacena en los campos eléctrico y magnético de la onda.

La polarización de una onda electromagnética se determina por la dirección del campo eléctrico de la onda. Las líneas del campo eléctrico, se desplazan en paralelo o perpendicular a la superficie terrestre. Las transmisiones de energía entre dos antenas linealmente polarizadas es máximo, cuando las dos antenas están polarizadas en la misma dirección y mínima cuando forman un ángulo de 90° ó 270°

En los sistemas de RFID no podemos conocer cuál será la orientación entre la antena del Tag o transponder y la de la antena lectora. El problema se resuelve, usando polarización circular del lector de la antena; se trata de dos dipolos unidos en forma de cruz.

La comunicación por ondas electromagnéticas, entre el transponder o Tag y la antena lectora, es en sí una radiocomunicación y la elección de la antena es uno de los principales parámetros de diseño de un sistema de RFID.

Una antena isotrópica es una antena ideal que radia uniformemente en todas direcciones; se puede definir como ganancia⁴, el factor de intensidad de radiación de una antena respecto a la intensidad de una antena isotrópica, representado en dBi, ver figura 1.21.

$$P \text{ (isotrópica)} = P \text{ (antena)} G \text{ (Ganancia)}$$

Cuando el transponder se encuentran el rango de alcance del lector, este emite una onda electromagnética con una potencia efectiva de $P_1 G_1$, el transponder recibe una potencia proporcional P_2 al campo E y a la distancia "r". La potencia P_s es la reflejada por la antena del transponder y la potencia P_3 es recibida por el lector a una distancia "r".

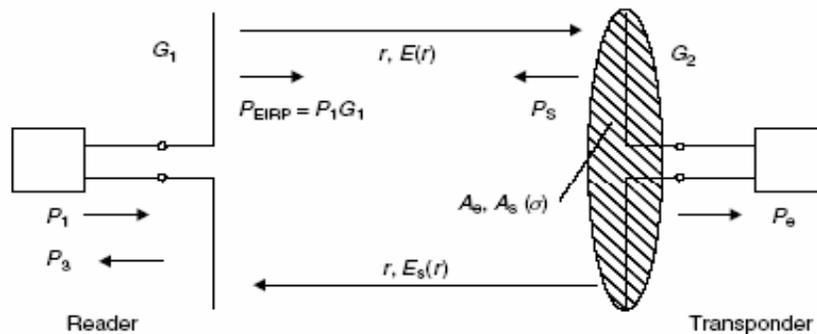


Figura 1.21.- Representación de la Potencia Isotrópica.

Códigos y Modulaciones

En la figura 1.22 se describe el sistema de comunicación digital; en forma semejante, la transferencia de datos entre lectores de etiqueta de un sistema RFID, requiere de tres bloques básicos de funcionamiento:

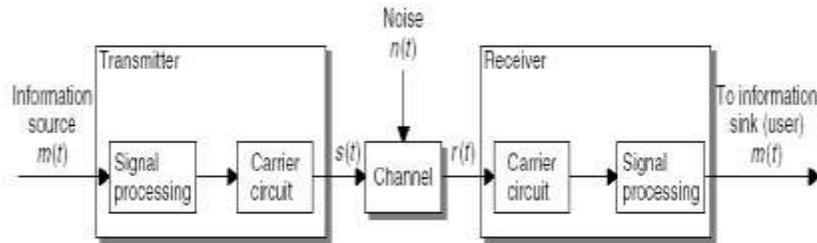


Figura 1.22.- Bloques de Funcionamiento de un Sistema RFID.

- El lector (Transmitter): codificación de señal (signal processing) y el modulador (carrier circuit).
- El medio de transmisión (Channel).
- En la etiqueta (Receiver): el demodulador (carrier circuit) y el decodificador de canal (signal processing).

Como puede observarse, la codificación forma parte de la forma en que “se comunican” los dispositivos. El sistema codificador de señal toma el mensaje a transmitir y su representación en forma de señal y la adecua óptimamente a las características del canal de transmisión. Este proceso implica proveer al mensaje con protección contra interferencias o colisiones y contra modificaciones intencionadas de ciertas características de la señal.

Existen distintas formas de codificación: código NRZ; código Manchester; código unipolar RZ; código DBP; código Miller; código Miller modificado; codificación diferencial; codificación pulso-pausa. Una descripción abreviada de estos métodos puede observarse en el “Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC”⁵ de José María Ciudad Herrera y Eduardo Samá Casanovas; de la Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Modulaciones

En telecomunicación, el término modulación engloba el conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda senoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación, lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.

Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

La tecnología RFID, está fuertemente implicada con los métodos analógicos de modulación. Podemos identificar la modulación de amplitud (AM), la modulación de frecuencia (FM) y la modulación de fase (PM), que son las principales variables de una onda electromagnética. Todo los demás métodos se derivan de alguno de ellos.

Las modulaciones usadas en RFID son:

- ASK (amplitude shift keying) (modulación por desplazamiento de amplitud).
- FSK (frequency shift keying) (modulación por desplazamiento de frecuencia).
- PSK (phase shift keying) (modulación por desplazamiento de fase).

Amplitud Modulada.- Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora, cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

Frecuencia Modulada (FM).- o Modulación de frecuencia, es el proceso de codificar información, la cual puede estar tanto en forma digital como analógica, en una onda portadora mediante la variación de su frecuencia instantánea, de acuerdo con la señal de entrada. El uso más típico de este tipo de modulación es la radiodifusión en FM.

La modulación de frecuencia, requiere un ancho de banda mayor que la modulación de amplitud para una señal modulante equivalente. No obstante, este hecho, propicia que la señal modulada en frecuencia, sea más resistente a las interferencias. La modulación de frecuencia, también es más robusta, ante fenómenos de desvanecimiento de amplitud de la señal recibida. Es por ello que la FM, fue elegida como la norma de modulación para las transmisiones radiofónicas de alta fidelidad.

Una señal modulada en frecuencia, puede ser también utilizada para transportar una señal estereofónica. Sin embargo, esto se hace mediante multiplexación de los canales izquierdo y derecho de la señal estéreo, antes del proceso de modulación de frecuencia. De forma inversa, en el receptor se lleva a cabo la demultiplexación, después de la demodulación de la señal FM. Por lo tanto, el proceso estereofónico es totalmente ajeno a la modulación en frecuencia, propiamente dicho.

La utilización de la modulación de frecuencia para su uso en radio, fue descrita por primera vez en 1935, por Edwin Armstrong en un documento titulado "Método para reducir la perturbación de la señalización por radio mediante un Sistema de Modulación de Frecuencia"⁶.

En la figura 1.23 se puede notar un caso particular simple de modulación de frecuencia, es la denominada modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)

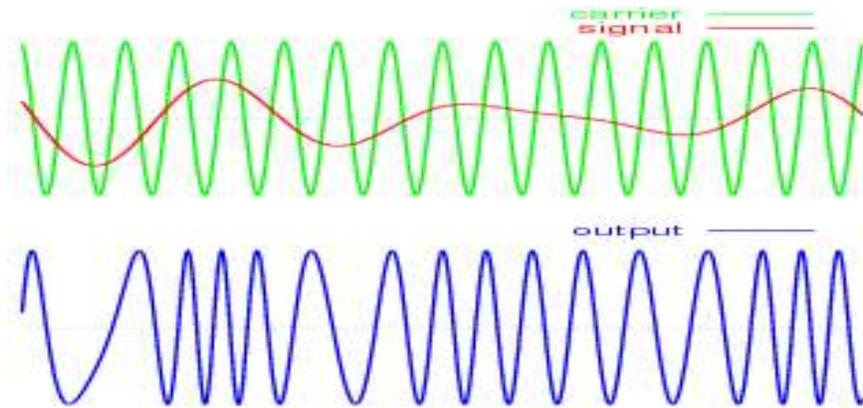


Figura 1.23.- Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK)

Modulación de Fase.- Es el caso de modulación, donde tanto las señales de transmisión como las señales de datos son analógicas. Es un tipo de modulación exponencial, al igual que la modulación de frecuencia. Se caracteriza porque la fase de la onda portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante, resultando una señal de modulación en fase.

La modulación de fase, no suele ser muy utilizada porque se requieren equipos de recepción más complejos que las señales moduladas en frecuencia. Además, puede presentar problemas de ambigüedad para determinar, por ejemplo, si una señal tiene una fase de 0° ó 180°

Por lo tanto, si variamos la fase de una portadora con amplitud constante, directamente proporcional a la amplitud de la señal modulante, con una velocidad igual a la frecuencia de la señal modulante, obtenemos la PM (Phase Modulation).

Para conseguir mayor alcance y más inmunidad al ruido eléctrico, se utilizan sistemas más sofisticados. En algunos casos se divide la frecuencia del reloj de recepción.

Frecuencias

Los sistemas RFID se clasifican, dependiendo del rango de frecuencias que usan. Existen cuatro tipos de sistemas: de frecuencia baja (entre 125 ó 134,2 kilohercios); de alta frecuencia (13,56 megahercios); UHF o de frecuencia ultra elevada (868 a 956 megahercios); y de microondas (2,45 gigahercios). Los sistemas UHF no pueden ser utilizados en todo el mundo, porque no existen regulaciones globales para su uso.

No hay ninguna corporación pública global, que gobierne las frecuencias usadas para RFID. En principio, cada país puede fijar sus propias reglas.

Las principales corporaciones que gobiernan la asignación de las frecuencias para RFID son:

- E.U.A.: FCC (Federal Communications Commission).
- Canadá: DOC (Departamento de la Comunicación).
- Europa: ERO, CEPT, ETSI y administraciones nacionales. Obsérvese que las administraciones nacionales tienen que ratificar el uso de una frecuencia específica, antes de que pueda ser utilizada en ese país.
- Japón: MPHPT (Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication).
- China: Ministerio de la Industria de Información.
- Australia: Autoridad Australiana de la Comunicación (Australian Communication Authority).
- Nueva Zelanda: Ministerio de Desarrollo Económico de Nueva Zelanda (New Zealand Ministry of Economic Development).

Las etiquetas RFID de baja frecuencia (LF: 125 - 134 kHz y 140 - 148.5 kHz) y de alta frecuencia (HF: 13.56 MHz), se pueden utilizar de forma global, sin necesidad de licencia. La frecuencia ultra alta (UHF: 868 - 928 MHz), no puede ser utilizada de forma global, ya que no existe un único estándar global. En Norteamérica, la frecuencia ultra elevada se puede utilizar sin licencia para frecuencias entre 908 - 928 MHz, pero hay restricciones en la energía de transmisión. En Europa, la frecuencia ultra elevada, está bajo consideración para 865.6 - 867.6 MHz. Su uso es sin licencia, sólo para el rango de 869.40 - 869.65 MHz, pero existen restricciones en la energía de transmisión. El estándar UHF norteamericano (908-928 MHz), no es aceptado en Francia e Italia, ya que interfiere con sus bandas militares. En China y Japón no hay regulación para el uso de la frecuencia ultra elevada. Cada aplicación de frecuencia ultra elevada en estos países necesita de una licencia, que debe ser solicitada a las autoridades locales y puede ser revocada. En Australia y Nueva Zelanda, el rango es de 918 - 926 MHz para uso sin licencia, pero hay restricciones en la energía de transmisión.

Existen regulaciones adicionales, relacionadas con la salud y condiciones ambientales. Por ejemplo, en Europa, la regulación Waste Electrical and Electronic Equipment (“Equipos eléctricos y electrónicos inútiles”), no permite que se desechen las etiquetas RFID. Esto significa que las etiquetas RFID que estén en cajas de cartón, deben de ser retiradas, antes de deshacerse de ellas. Asimismo, existen regulaciones adicionales, relativas a la salud.

Seguridad - Encriptación

En algunos casos, el uso de los sistemas de identificación por radiofrecuencia, necesitará el uso de sistemas de seguridad para protegerlo de ataques.

Se pueden destacar algunos de estos requerimientos de seguridad: confidencialidad, integridad y autenticidad. Esto es, la lectura no autorizada del portador de la información o poder conseguir una réplica, modificar la información o carecer de elementos de autenticidad; colocar una portadora de información extraña en la zona de influencia del interrogador, con la intención de obtener un acceso no autorizado a un edificio o a una serie de servicios, sin tener que pagarlos; escuchar sin ser advertido, las comunicaciones de radio e introducir datos, imitando una portadora original.

No obstante lo anterior, hay sistemas que según su finalidad, como es el caso de la automatización industrial o el reconocimiento de herramientas o incluso el registro de un automóvil, no necesitan añadir costos adicionales por medidas de seguridad. Eventualmente, el requisito será el de autenticación del dispositivo para garantizar que es un elemento del sistema operado.

Al mismo tiempo, se ha de considerar que en caso de que los sistemas necesiten seguridad, omitirla por economía, puede suponer un gasto posterior más elevado, si alguien consiguiese acceso ilegal a servicios restringidos.

Existen diversos métodos para asegurar la información (encriptarla), sobre los cuales, se dispone de una basta bibliografía.

Algunos sistemas, utilizan encriptación de clave pública para conseguir mayor seguridad, ante posibles escuchas maliciosas.

Control de Errores

Los canales para transmitir señales con información útil o que requiere de interpretación exacta, tienen un riesgo elevado de pérdida de información durante la transmisión, si no se implantan métodos que eviten, en cierta medida, los errores.

El control de errores, se utiliza para reconocerlos en la trasmisión e iniciar medidas de corrección como por ejemplo, pedir la retransmisión de los bloques de datos erróneos. Las medidas más comunes de control de errores, son el control de paridad, la suma XOR (OR exclusiva), el LRC (Longitudinal Redundancy Check) y el CRC(Cyclic Redundancy Check).

El control de paridad es un método sencillo y común. Incorpora 1 bit de paridad en cada byte trasmitido, con un resultado de 9 bits enviados por cada byte de información. Definiendo previamente si se establece una paridad par o impar, para asegurar que el emisor y el receptor realicen el control adecuado.

Multiacceso

Por otro lado, podemos encontrar sistemas anticolidión que permiten leer varias tarjetas al mismo tiempo. En caso de que varias tarjetas estén en el rango de alcance del interrogador y dos o más quieran transmitir al mismo tiempo, se produce una colisión. El interrogador detecta la colisión y ordena parar la transmisión de las tarjetas durante un tiempo. Después, irán respondiendo cada una por separado, por medio de instrucciones derivadas de algoritmos bastante complejos.

La comunicación de la antena lectora hacia los Tags o transponders, se da a través de un flujo de datos, transmitido a todos simultáneamente. Este tipo de comunicación, es la que se conoce como “broadcast”

A la comunicación desde muchas etiquetas que se encuentran en la zona de interrogación, hacia el lector se le llama de “multiacceso”. En este caso, la capacidad del canal que se tenga disponible debe dividirse entre los participantes (etiquetas), sin que sufran interferencias unos, por culpa de los otros.

Esta es la razón por la que se han desarrollado numerosos métodos, con el propósito de separar la señal de cada participante, de la de otros. Se identifican cuatro métodos diferentes: acceso múltiple por división de espacio (space división multiple Access SDMA); acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency domain multiple access FDMA) acceso múltiple por división de tiempo (time domain multiple Access TDMA) y acceso múltiple por división de código (code división multiple Access)

Memoria

La mayor parte de los sistemas, tienen una memoria EEPROM (Electronic Erasable Programmable read-only memory), donde se almacenan datos. En algunos casos, llevan datos grabados de fábrica y en otros también hay datos que puede grabar el usuario.

Los chips de fabricantes que cumplen con la norma EPC contienen un campo de identificación del chip que su vez contiene cuatro partes: versión, fabricante, clase de objeto y número de serie.

Los demás campos de la memoria se graban con la información necesaria para la aplicación correspondiente. Los chips pueden tener la capacidad para almacenar hasta 128 kb.

1.3 Métodos de Evaluación y Decisión Multicriterio.

2.3.1 El Proceso de toma de decisiones.

“La toma de decisiones es un proceso de selección entre cursos alternativos de acción, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos”⁷

Un proceso de toma de decisión comprende de manera general los siguientes pasos:

- Análisis de la situación;
- Identificación y formulación del problema;
- Identificación de aspectos relevantes que permitan evaluar las posibles soluciones.
- Identificación de las posibles soluciones;
- Aplicación de un modelo de decisión para obtener un resultado global y;
- Realización de análisis de sensibilidad.

La opinión de una sola persona en la toma de decisión puede tornarse insuficiente cuando se analizan problemas complejos, sobre todo aquellos cuya solución puede afectar a muchas otras personas. Debido a lo anterior se debe propiciar generar discusión e intercambio entre los actores, que por su experiencia y conocimiento pueden ayudar a estructurar el problema y a evaluar las posibles soluciones.

Para abordar una situación de un problema de toma de decisión en la que se presentan diversos objetivos o criterios que simultáneamente deben incorporarse, ha surgido la Metodología Multicriterio como Sistema de Ayuda a la Decisiones del ser humano.

1.3.2 Los Métodos de Evaluación y Decisión Multicriterio

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio se utilizan especialmente para tomar decisiones frente a problemas que cobijan aspectos intangibles a evaluar por lo que en el proceso y en sus componentes, se pueden incorporar diversas metodologías.

Los métodos de evaluación y decisión multicriterio no consideran la posibilidad de encontrar una solución óptima. En función de las preferencias del agente decisor y de objetivos pre-definidos (usualmente conflictivos), el problema central de los métodos multicriterio consiste en seleccionar la o las mejores alternativas dentro de un conjunto de posibles soluciones a un problema.

Un criterio clasificador en la decisión multicriterio corresponde al número, que puede ser finito o infinito, de las alternativas a tener en cuenta en la decisión. Dependiendo de esta situación existen diferentes métodos. Cuando las funciones objetivo, toman un número infinito de valores distintos, que conducen a un número infinito de alternativas posibles del problema tenemos la necesidad de tomar una decisión multiobjetivo.

Aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas se denominan problemas de Decisión Multicriterio Discreta. Estos problemas

son los más comunes en la realidad y son los que se consideran en este apartado.

Los métodos de Decisión Multicriterio Discreta se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto de problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución, a través de:

- Un conjunto de alternativas estables, generalmente finito de soluciones (soluciones factibles que cumplen con las restricciones- posibles o previsibles); se asumen que cada una de ellas es perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas;
- Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos deseados) que van a permitir evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignados por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio;
- Una matriz de decisión o de impactos que resumen la evaluación de cada alternativa de solución, conforme a cada criterio; una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones a la luz de cada uno de los criterios; la escala de medida de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa y las medidas pueden expresarse en escalas cardinal (razón o intervalo), ordinal, nominal y probabilística;
- Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global; ordenación, clasificación, partición o jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones;
- Un proceso de toma de decisiones (contexto de análisis) en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados (analista, experto, decisor y usuario).

A partir de esta estructura conceptual existen diversos métodos de evaluación y decisión multicriterio discretos como son:

- Ponderación Lineal (scoring),
- Utilidad multiatributo (MAUT),
- Relaciones de superación y
- Análisis Jerárquico (AHP- The Analytic Hierarchy Process-Proceso Analítico Jerárquico).

La diferencia entre los distintos métodos radica en la forma en que se deben de ponderar los atributos de lo deseado, como darle consistencia a

esta calificación y la forma de calificar, para cada parámetro, las distintas alternativas de solución que se tienen, por ejemplo.

1.3.3 El Proceso Analítico Jerárquico

El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, The Analytic Hierarchy Process) fue desarrollado por el matemático Thomas Saaty⁸ y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un Modelo Jerárquico.

El propósito del método es permitir que el agente decisor pueda estructurar un problema multicriterio en forma visual, mediante la construcción de un Modelo Jerárquico que básicamente contiene tres niveles: meta u objetivo, criterios y alternativas.

Una vez construido el Modelo Jerárquico, se realizan comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios-sub-criterios y alternativas) y se atribuyen valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas, entregando una síntesis de las mismas mediante la agregación de esos juicios parciales.

El fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por las personas, logrando medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende.

Para estas comparaciones se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por el mismo Saaty, que va desde 1 hasta 9.

Una vez obtenido el resultado final, el AHP permite llevar a cabo el análisis de sensibilidad.

El AHP posee un software de apoyo y su aplicación comprende una variada gama de experiencias prácticas en campos muy diversos en diferentes países del mundo.

Actualmente existen en el mercado varios paquetes informáticos dedicados a la Decisión Multicriterio Discreta como lo son el AIM, ELECTRE, PROMCALC, MCView, entre otros.

Específicamente en el caso del AHP, se encuentran productos comerciales como: HIPRE 3+ INPRE, Expert Choice y Criterium® entre otros.

Muchos de ellos presentan interfaces amigables para el usuario y ofrecen completos resultados y análisis de sensibilidad. Algunos sitios permiten bajar de internet demostraciones gratuitas.

El Método fué desarrollado por el doctor en matemáticas Thomas Saaty, a fines de la década de los 80 para resolver el tratado de reducción de armamento estratégico entre los Estados Unidos y la otrora URSS.

El AHP, mediante la construcción de un modelo jerárquico, permite de una manera eficiente y gráfica organizar la información respecto de un problema, descomponerlo y analizarlo por partes, visualizar los efectos de cambios en los niveles y sintetizar.

El AHP se fundamenta en:

- La estructuración del modelo jerárquico (representación del problema mediante identificación de metas, criterios, sub-criterios y alternativas);
- Priorización de los elementos del modelo jerárquico;
- Comparaciones entre pares de elementos;
- Evaluación de los elementos mediante asignación de “pesos”;
- Ranking de las alternativas de acuerdo con los pesos dados;
- Síntesis;
- Análisis de Sensibilidad.

El AHP es una herramienta metodológica que ha sido aplicada en varios países para incorporar las preferencias de actores involucrados en un conflicto y/o proceso participativo de toma de decisión.

Dentro de las posibilidades de aplicaciones de la herramienta están entre otras:

- Formulación de políticas;
- Selección de equipos
- Priorización cartera de proyectos;
- Gestión Ambiental;
- Análisis costo beneficio; y
- Formulación de Estrategias de Mercado.

Algunas de las ventajas del AHP frente a otros métodos de Decisión Multicriterio son:

- Un sustento matemático;
- Permitir desglosar y analizar un problema por partes;
- Permitir medir criterios cuantitativos y cualitativos mediante una escala común;
- Incluir la participación de diferentes personas o grupos de interés y generar un consenso;
- Permitir verificar el índice de consistencia y hacer las correcciones, si es del caso;
- Generar una síntesis y dar la posibilidad de realizar análisis de sensibilidad; y

- Ser de fácil uso y permitir que su solución se pueda complementar con métodos matemáticos de optimización.

1.3.4 Base matemática del AHP

De acuerdo con el creador del método, el “AHP trata directamente con pares ordenados de prioridades de importancia, preferencia o probabilidad de pares de elementos en función de un atributo o criterio común representado en la jerarquía de decisión. Creemos que este es el método natural (pero refinado) que la gente siguió al tomar decisiones mucho antes que se desarrollaran funciones de utilidad y antes que se desarrollara formalmente el AHP”⁹

“El AHP hace posible la toma de decisiones grupal mediante el agregado de opiniones, de tal manera que satisfaga la relación recíproca al comparar dos elementos. Luego toma el promedio geométrico de las opiniones. Cuando el grupo consiste en expertos, cada uno elabora su propia jerarquía y el AHP combina los resultados por el promedio geométrico”¹⁰

Los axiomas del AHP son:

- Axioma No. 1 Referente a la condición de juicios recíprocos: La intensidad de preferencia de A_i/A_j es inversa a la preferencia de A_j/A_i .
- Axioma No. 2 Referente a la condición de homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.
- Axioma No. 3 Referente a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente de reaprovechamiento. Dependencia en los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.
- Axioma No. 4 Referente a condición de expectativas de orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.

En la figura 1.24 la matriz de relaciones paralelas entre ponderaciones, criterios y alternativas, de acuerdo con la descripción que da el Dr. Saaty¹¹

Suponga que se tienen n piedras, A_1, \dots, A_n con ponderaciones conocidas w_1, \dots, w_n , respectivamente y suponga que se forma una matriz de relaciones paralelas cuyas filas dan la relación de las ponderaciones de cada piedra con respecto a todas las otras. Por lo tanto se tiene la ecuación:

una estimación consistente de la matriz A. A en sí misma no necesita ser consistente. De hecho, las entradas de A ni siquiera precisan ser transitivas; o sea, A1, puede preferirse a A2 y A2 a A3, pero A3 puede preferirse a A1. A es consistente si y sólo si $\lambda_{max}=n$. Cambios pequeños en a_{ij} implican un cambio pequeño en λ_{max} , la desviación de la última de n es una desviación de consistencia y puede ser representada por $(\lambda_{max}-n)/(n-1)$, lo que se denomina el índice de consistencia (C.I.).

Cuando la consistencia ha sido calculada, el resultado se compara con aquellos del mismo índice de una matriz recíproca aleatoria de una escala desde 1 hasta 9, con recíprocos forzados. Este índice se llama índice aleatorio (R.I.).

En la tabla 1.4 se da el orden de la matriz (primera fila) y el valor promedio del R.I (segunda fila), denominada Relación de consistencias.

Tabla 1.4.- Relación de Consistencia

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatorio										
De Consistencia :	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

La relación de C.I con el promedio R.I para la misma matriz de orden se llama relación de consistencia (C.R). Una relación de consistencia de 0.10 o menos es evidencia positiva para un juicio informado.

Las relaciones $a_{ji}=1/a_{ij}$ y $a_{ii}=1$ se conservan en estas matrices para mejorar la consistencia. La razón de ello es que si la piedra No. 1 se estima que es k veces más pesada que la piedra No. 2, uno debería exigir que la piedra No. 2 se estime 1/k veces el peso de la primera. Si la relación de consistencia es muy pequeña, las estimaciones se aceptan; de lo contrario se intenta mejorar la consistencia mediante la obtención de información adicional. Lo que contribuye a la consistencia de un juicio es: La homogeneidad de los elementos de un grupo, o sea, no comparar un grano de arena con una montaña; la escasez de elementos en un grupo, porque un individuo no puede mantener en su mente simultáneamente las relaciones de muchos objetos y el conocimiento y cuidado del decisor sobre el problema en estudio.

1.3.5 Preparación y Organización para aplicar un AHP

Es importante llevar a cabo una seria y cuidadosa planeación por parte del grupo de trabajo encargado de la aplicación del mismo.

Aunque el problema a abordar sea diferente en cada caso particular, los aspectos que se presentan a continuación, deben tenerse en cuenta de manera general, por aquellos interesados en utilizar el AHP.

Definición de los Participantes

El equipo de trabajo es el responsable de identificar cuidadosamente los actores que deben participar en el proceso de toma de decisión. Deben quedar resueltas preguntas como: quiénes, cuántos, nivel de educación requerido, a quién representan, por qué deben formar parte del proceso, ya sea por su conocimiento de la situación problema o, porque representan a un grupo de interés, entre otros. Para este proyecto estará conformado por las personas directamente involucradas en coordinar la aplicación del AHP

Un actor será entendido como una persona natural o una persona que representa a una instancia, institución u organización, quienes están interesados o son afectados (directa o indirectamente) , por una actividad o aspecto de una situación en cuestión y por ende, tienen derecho a participar en decisiones relacionadas con la misma.

Teniendo en cuenta lo anterior, entre los participantes pueden estar: autoridades, técnicos, beneficiados o afectados, líderes de opinión, organizaciones, entre otros.

En algunos casos, la aplicación del AHP se puede llevar a cabo en diferentes etapas del proceso de toma de decisión. Cada resultado actuará como retroalimentación para la siguiente etapa. Esto puede implicar que los actores (directos, indirectos) puedan ir variando o incorporándose grupos nuevos a medida que así lo requieran las diferentes fases del proceso.

La institución coordinadora debe hacer posible que los actores identificados como relevantes en el proceso estén adecuadamente representados y actúen en igualdad de condiciones para expresar sus opiniones.

Entre más amplia sea la participación se requerirán mayores esfuerzos por parte del grupo coordinador, quien deberá identificar y utilizar las técnicas adecuadas para facilitar la aplicación del AHP, dependiendo de los grupos sociales con los que esté trabajando, los cuales seguramente presentarán distintos niveles de información y diferentes intereses. Por eso, es necesario estar de acuerdo sobre unos principios básicos claros. Estos principios ayudan a ordenar, comparar y compartir información.

Información requerida

Este es un elemento básico para la toma de decisión. Es necesario identificar la cantidad y calidad de información requerida para el proceso. Esta información puede ser de índole científica, técnica y la dada por la experiencia y conocimiento de los participantes. Puede darse el caso que en el proceso de aplicación del AHP surja la representación de los intereses de instancias, instituciones u organizaciones. Esta es tan importante como

la participación de personas con experiencia, conocimiento del problema en cuestión y por su reconocimiento social.

Muchas veces se presenta la necesidad, por parte de los participantes, de disponer de información nueva o complementaria de la que se dispone en la sesión. En ese caso se debe analizar la pertinencia de la misma, el tiempo, el proceso requerido para disponer de esa información adicional y poder continuar el proceso de toma de decisión.

Tiempo y otros recursos asociados con el proceso.

Es necesario establecer el tiempo con el cual se dispone para llevar a cabo el proceso de decisión. Esto afectará la elaboración y desarrollo del Plan de Trabajo: fechas, agenda, logística, materiales a utilizarse, número de participantes convocados, etc.

No se recomienda aplicar el AHP si se cuenta con escaso tiempo para tomar decisiones frente a problemas complejos, puesto que tratar de acelerar algunas etapas del mismo- por obtener resultados inmediatos, puede afectar negativamente la validez de los resultados.

Adicionalmente se requiere nombrar al facilitador para la aplicación del AHP. Éste debe tener la habilidad de guiar el proceso, animar y orientar a los participantes y hacer un buen uso del tiempo disponible, sin llegar a dominar o manipular la sesión.

El facilitador debe buscar que los participantes tengan una comprensión del método y su filosofía y así mismo lograr homogeneidad en el lenguaje para la definición del objetivo y la construcción y evaluación del modelo. Por ejemplo en lo concerniente a los términos a utilizar para que todos los participantes entiendan lo mismo y diferencien los conceptos: objetivo, criterio, sub-criterio y en el significado de los valores de la escala a utilizar para evaluar el modelo. Seguramente el facilitador deberá enfrentarse a “situaciones sorpresa”, como confrontación entre algunos miembros, falta de voluntad de algunos participantes para expresar su opinión o sus verdaderas preferencias, entre otros.

El grupo coordinador encargado de aplicar el AHP debe analizar y seleccionar previamente cuáles son las técnicas más adecuadas a desarrollar con los participantes para facilitar y fortalecer el desarrollo de la sesión. En algunos casos se pueden utilizar técnicas más familiares para el auditorio para la construcción del Modelo Jerárquico, por ejemplo en la pared con cartulinas, en el pizarrón y no directamente con la utilización del programa. En otros casos se podrá construir el modelo simultáneamente, en el computador y en la pared o en el pizarrón.

Cuando se aplique el AHP mediante la formación de grupos se debe ser cuidadoso en la organización de los mismos. Si hay dentro de un subgrupo muchos participantes con posiciones contrarias, pueden generarse conflictos durante toda la sesión. Debe tenerse en cuenta el tiempo

requerido y disponible para aplicar eficientemente el AHP. En algunos casos, los participantes pueden mostrarse cansados al final del día y no dar mayor atención a la evaluación del modelo, lo cual puede afectar la validez de los resultados.

1.3.6 Estructuración del modelo jerárquico.

Una de las partes más relevantes del AHP, consiste en la estructuración de la jerarquía del problema, etapa en la cual el grupo decisor involucrado debe lograr desglosar el problema en sus componentes relevantes (ver figura 1.25).

La jerarquía básica está conformado por: meta u objetivo general, criterios y alternativas.

Los pasos a seguir para la estructuración del modelo jerárquico son:

- a. Identificación del Problema;
- b. Definición del Objetivo;
- c. Identificación de Criterios; e
- d. Identificación de Alternativas.

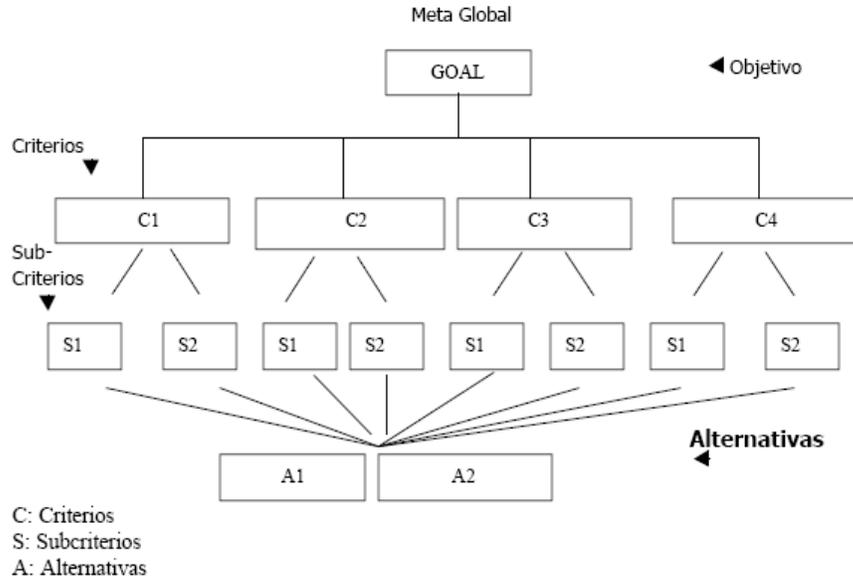


Figura 1.25.- Modelo Jerárquico

2.- Organización, estándares, aplicaciones y sistemas.

2.1 Regulación y Estandarización.

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 Auto-ID Centre (conocida desde octubre de 2003 como EPC global, de EPC, Electronic Produce Code). Ambas, comparten el objetivo de conseguir etiquetas de bajo costo que operen en UHF.

Los estándares EPC para etiquetas, son de dos clases:

- Clase 1: etiqueta simple, pasiva, de sólo lectura con una memoria no volátil programable una sola vez.
- Clase 2: etiqueta de sólo lectura que se programa en el momento de fabricación del chip (no reprogramable posteriormente).

Las clases no son ínter operables y, además, son incompatibles con los estándares de ISO. Aunque EPCglobal, desarrolló una nueva generación de estándares EPC (denominada Gen2), con el objetivo de conseguir interoperabilidad con los estándares de ISO. Por su parte, ISO ha desarrollado estándares de RFID para la identificación automática y la gestión de objetos. Existen varios estándares relacionados, como ISO 10536, ISO 14443 e ISO 15693, pero la serie de estándares estrictamente relacionada con las RFID y las frecuencias empleadas en dichos sistemas es la serie 18000¹².

Una organización llamada EPCglobal, está trabajando en un estándar internacional para el uso de RFID y EPC en la identificación de cualquier artículo en la cadena de suministro para las compañías de cualquier tipo de industria, en cualquier lugar del mundo. El consejo superior de la organización incluye representantes de EAN International, Uniform Code Council, The Gillette Company, Procter & Gamble, Wal-Mart, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson, SATO and Auto-ID Labs. Algunos sistemas RFID, utilizan estándares alternativos basados en la clasificación ISO 18000.

El estándar "Gen 2" de EPCglobal, fue aprobado en diciembre de 2004 y es probable que llegue a formar la espina dorsal de los estándares en etiquetas RFID de ahora en adelante. Esto fue aprobado, después de una controversia de Intermec, por la posibilidad de que el estándar pudiera infringir varias patentes suyas relacionadas con RFID. Se decidió que el estándar en sí mismo, no infringía sus patentes, sino que puede ser necesario pagar derechos a Intermec si la etiqueta se leyera de un modo particular. EPC Gen2 es la abreviatura de "EPCglobal UHF Generation 2".

Los estándares de RFID, abordan tres áreas fundamentales:

Protocolo en la interfaz aérea: 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.

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

2.2 Aplicaciones: Usos de los Sistemas RFID.

Las aplicaciones más comunes de estos sistemas, son el control de accesos y la inmovilización de vehículos. En el control de accesos, se gana en comodidad, ya que no es necesario el contacto físico de la tarjeta con el lector, lo hace más cómoda y más rápida de usar. Este es un sistema en el que el interrogador (el dispositivo que lee los datos), tiene que poder leer muchas tarjetas diferentes, tantas como usuarios haya autorizados.

Una aplicación muy frecuente y poco conocida de los sistemas RFID son los inmovilizadores de vehículos. Se basan en un sistema interrogador situado en el vehículo a proteger y en un identificador en la llave. El primer sistema de este tipo se empezó a usar en 1994 y era el sistema U2270B de Amtel. En este tipo de sistema un interrogador sólo da paso a una llave.

Ya hemos hablado de las tarjetas identificadoras sin contacto y de los inmovilizadores de vehículos. Pero hay algunas nuevas aplicaciones y otras que se prevén para el futuro. Una de las aplicaciones más factibles, son las etiquetas identificadoras, que poco a poco, sustituirán en muchos casos a las típicas etiquetas de códigos de barras.

Así, se pueden usar para identificar envíos de cartas o paquetes en correos o agencias de transporte. Los chips identificadores de animales y mascotas, también son de este tipo.

Una aplicación que está a punto de ponerse en marcha, es la identificación de los equipajes aéreos. Esto permitiría identificar y encauzar automáticamente los equipajes de los viajeros, evitando muchos problemas y extravíos de equipajes, causados a los viajeros y a las compañías aéreas. Esto es facilitado por el reducido tamaño de los chips, como referencia ver la figura 2.1 donde se muestra contenedores con miles de chips. El problema es la falta de estandarización, que todos los sistemas sean capaces de leer las mismas tarjetas. En 1998 Texas Instruments y Philips Semiconductors propusieron un estándar que la ISO ha adoptado, el ISO/IEC 15693. Este estándar internacional, transmite en la frecuencia de 13'56 Mhz. Muchos de los nuevos circuitos integrados RFID, usan ya este sistema.

Una nueva aplicación en estudio, es marcar todos los productos del supermercado con etiquetas RFID. Al salir con el carrito de la compra, de manera automática, se identifican todos los productos que hemos comprado y nos comunican inmediatamente el precio total.



Figura 2.1.- Contenedores de chip RFID

A los transponders, se les pueden añadir entradas lectoras del estado de sensores o de interruptores. Así se podrían usar como sensores remotos, sin alimentación ni mantenimiento.

Otras aplicaciones posibles son: inventario automático, control de fabricación, identificación de mercancías, distribución automática de productos, logística, sistemas antisequestro, localización de documentos.

Como vemos, las aplicaciones son muchas. En el futuro nos esperan las etiquetas y los sistemas de identificación inalámbricos, en todas partes. Algunos, hasta tienen cierta prevención por las tremendas posibilidades de control sobre el individuo, que ofrece esta tecnología.

Dependiendo de las frecuencias utilizadas en los sistemas RFID, el costo, el alcance y las aplicaciones son diferentes. Los sistemas que emplean frecuencias bajas tienen igualmente costos bajos, pero también baja distancia de uso. Los que emplean frecuencias más altas, proporcionan distancias mayores de lectura y velocidades de lectura más rápidas. Así, las de baja frecuencia se utilizan comúnmente para la identificación de animales, seguimiento de barricas de cerveza, o como llave de automóviles con sistema antirrobo. En ocasiones se insertan en pequeños chips en mascotas, para que puedan ser devueltas a su dueño en caso de pérdida. En los Estados Unidos, se utilizan dos frecuencias para RFID: 125 kHz (el estándar original) y 134,5 kHz (el estándar internacional). Las etiquetas RFID de alta frecuencia se utilizan en bibliotecas y seguimiento de libros, seguimiento de palés, control de acceso en edificios, seguimiento de equipaje en aerolíneas, seguimiento de artículos de ropa y ahora último en pacientes de centros hospitalarios, para hacer un seguimiento de su historia clínica. Un uso extendido de las etiquetas de alta frecuencia como identificación de acreditaciones, substituyendo a las anteriores tarjetas de

banda magnética. Sólo es necesario acercar estas insignias a un lector, para autenticar al portador.

Las etiquetas RFID de UHF, se utilizan comúnmente de forma comercial en seguimiento de paquetes y envases y seguimiento de camiones y remolques en envíos. En la figura 2.2 se puede ver una etiqueta RFID activa utilizada en el cobro de peaje.



Figura 2.2.- Etiqueta RFID empleada para la peaje electrónico.

Las etiquetas RFID de microondas se utilizan en el control de acceso en vehículos.

Algunas autopistas, como por ejemplo la Fistra de California, el sistema I-Pass de Illinois, el tele peaje TAG en las autopistas urbanas en Santiago de Chile y la Philip pines South Luzón Expressway E-Pass Transcom en México utilizan etiquetas RFID para recaudación con peaje electrónico. Las tarjetas son leídas mientras los vehículos pasan; la información se utiliza para cobrar el peaje en una cuenta periódica o descontarla de una cuenta prepago. El sistema ayuda a disminuir el entorpecimiento del tráfico causado por las cabinas de peaje.

Sensores como los sísmicos pueden ser leídos empleando transmisores-receptores RFID, simplificando enormemente la recolección de datos remotos.

En enero de 2003, Michelin anunció que había comenzado a probar transmisores-receptores RFID insertados en neumáticos. Después de un período de prueba estimado de 18 meses, el fabricante ofrecerá neumáticos con RFID a los fabricantes de automóviles. Su principal objetivo es el seguimiento de neumáticos en cumplimiento con la United States Transportation, Recall, Enhancement, Accountability and Documentation Act (TREAD Act).

Las tarjetas con chips RFID integrados se usan ampliamente como dinero electrónico, por ejemplo, la tarjeta Octopus en Hong-Kong, tarjeta bip, en Santiago de Chile para el transporte público (Transantiago), la tarjeta Cívica

en Medellín y en los Países Bajos, como forma de pago en transporte público y ventas menores.

Comenzando con el modelo de 2004, está disponible una “llave inteligente” como opción en el Toyota Prius y algunos modelos de Lexus. La llave emplea un circuito de RFID activo, que permite que el automóvil reconozca la presencia de la llave a un metro del sensor. El conductor puede abrir las puertas y arrancar el automóvil mientras la llave sigue estando en la cartera o en el bolsillo.

En agosto de 2004, el Departamento de Rehabilitación y Corrección de Ohio (ODRH) aprobó un contrato de 415.000 dls, para ensayar la tecnología de seguimiento con Alanco Technologies. Los internos tienen unos transmisores del tamaño de un reloj de muñeca que pueden detectar si los presos han estado intentando quitárselas y enviar una alarma a las computadoras de la prisión.

Este proyecto no es el primero que trabaja en el desarrollo de chips de seguimiento en prisiones estadounidenses. Instalaciones en Michigan, California e Illinois emplean ya esta tecnología.

Los chips RFID implantables como el que se muestra en la figura 2.3, diseñados originalmente para el etiquetado de animales, se está utilizando y contemplando asimismo, para los seres humanos. Applied Digital Solutions propone su chip “unique under-the-skin format” (formato bajo-la-piel único), como solución a la usurpación de la identidad, al acceso seguro a un edificio, al acceso a una computadora, al almacenamiento de expedientes médicos, a iniciativas de anti-secuestro y a una variedad de aplicaciones. Combinado con los sensores para supervisar diversas funciones del cuerpo, el dispositivo Digital Angel podría proporcionar supervisión de los pacientes. El Baja Beach Club en Barcelona (España) utiliza un Verichip implantable para identificar a sus clientes VIP, que lo utilizan para pagar las bebidas. El departamento de policía de Ciudad de México ha implantado el Verichip a unos 170 de sus oficiales de policía, para permitir el acceso a las bases de datos de la policía y para poder seguirlos en caso de ser secuestrados.



Figura 2.3.- .Chip RFID para implante en el humano (antes-después).

Amal Graafstra, un empresario del estado de Washington, en Estados Unidos, tenía un chip RFID implantado en su mano izquierda a principios de

2005. El chip medía 12 mm de largo por 2 milímetros de diámetro y tenía un radio de acción para su lectura de dos pulgadas (50 milímetros). La implantación fue realizada por un cirujano plástico, aunque el nombre del doctor no fue revelado. Cuando le preguntaron qué pretendía hacer con el implante, Graafstra respondió: “estoy escribiendo mi propio software, algo que tengo el tiempo y la inspiración para poder hacerlo. Pienso que el verdadero acceso sin llave requerirá un chip implantable con un sistema muy fuerte de cifrado; ahora tan sólo veo este tipo de cosas en un contexto personal.”¹³

2.3 Aplicaciones Potenciales

Las etiquetas RFID, se ven como una alternativa que reemplazará a los códigos de barras UPC o EAN, puesto que tiene un número de ventajas importantes sobre la arcaica tecnología de código de barras. Quizás no logren sustituir en su totalidad a los códigos de barras, debidos en parte a su costo relativamente más alto. Para algunos artículos con un costo más bajo la capacidad de cada etiqueta de ser única se puede considerar exagerado, aunque tendría algunas ventajas tales como una mayor facilidad para llevar a cabo inventarios.

También se debe reconocer que el almacenamiento de los datos asociados al seguimiento de las mercancías a nivel de artículo ocuparía muchos terabytes. Es más probable que las mercancías, sean seguidas a nivel de países, usando etiquetas RFID y a nivel de artículo con producto único, en lugar de códigos de barras únicos, por artículo.

Los códigos RFID son tan largos, que cada etiqueta RFID puede tener un código único, mientras que los códigos UPC actuales, se limitan a un solo código para todos los casos de un producto particular. La unicidad de las etiquetas RFID, significa que un producto puede ser seguido individualmente mientras se mueve de lugar en lugar, terminando finalmente en manos del consumidor. Esto puede ayudar a las compañías a combatir el hurto y otras formas de pérdida del producto. También se ha propuesto utilizar RFID para comprobación de almacén, desde el punto de venta y sustituir así, al encargado de la caja por un sistema automático que no necesite ninguna captación de códigos de barras. Sin embargo, no es probable que esto sea posible sin una reducción significativa en el costo de las etiquetas actuales. Se está llevando a cabo una investigación sobre la tinta que se puede utilizar como etiqueta RFID, que reduciría costos de forma significativa. Pero, faltan todavía algunos años para que esto rinda sus frutos.

2.3.1 Identificación de Pacientes

En julio de 2004, la Food and Drug Administration (Administración de Comida y Medicamentos), hizo pública la decisión de comenzar un proceso de estudio que determinará si los hospitales pueden utilizar sistemas RFID, para identificar a pacientes o para permitir el acceso por parte del personal

relevante del hospital, a los expedientes médicos. El uso de RFID para prevenir mezclas entre esperma y óvulos, en las clínicas de fecundación in vitro, también se está considerando. Además, la FDA aprobó recientemente, los primeros chips RFID de E.U.A. que se pueden implantar en seres humanos. Los chips RFID de 134,2kHz, de VeriChip Corp., una subsidiaria de Applied Digital Solutions Inc., pueden incorporar información médica personal y podrían salvar vidas y limitar lesiones causadas por errores en tratamientos médicos, según la compañía. La aprobación por parte de la FDA, fue divulgada durante una conferencia telefónica con los inversionistas. También, se ha propuesto su aplicación en el hogar, para permitir, por ejemplo, que un frigorífico pueda conocer las fechas de caducidad de los alimentos que contiene, pero ha habido pocos avances más allá de simples prototipos.

2.3.2 Tráfico y Posicionamiento

Otra aplicación propuesta es el uso de RFID para señales de tráfico inteligentes en la carretera (Road Beacon System o RBS). Se basa en el uso de transpondedores RFID enterrados bajo el pavimento (radiobalizas, figura 2.4), que son leídas por una unidad que lleva el vehículo (OBU, de *onboard unit*), que filtra las diversas señales de tráfico y las traduce a mensajes de voz o da una proyección virtual usando un HUD (*Heads-Up Display*). Su principal ventaja, comparadas con los sistemas basados en satélite, es que las radiobalizas no necesitan de mapeado digital ya que proporcionan el símbolo de la señal de tráfico y la información de su posición por sí mismas. Las radiobalizas RFID también son útiles para complementar sistemas de posicionamiento de satélite en lugares como los túneles o interiores, así como para guiar a personas ciegas.



Figura 2.4.- Radiobalizas con RFID.

2.3.3 Pasaportes

Varios países han propuesto la implantación de dispositivos RFID en los nuevos pasaportes, para aumentar la eficiencia en las máquinas de lectura de datos biométricos. El experto en seguridad Bruce Schneier dijo a raíz de estas propuestas: “Es una amenaza clara tanto para la seguridad personal

como para la privacidad. Simplemente, es una mala idea.” Los pasaportes con RFID integrado únicamente identifican a su portador y en la propuesta que se está considerando, también incluirían otros datos personales. Esto, podría hacer mucho más sencillos algunos de los abusos de la tecnología RFID, que se acaban de comentar y se podría expandir la cantidad de datos para incluir, por ejemplo, abusos basados en la lectura de la nacionalidad de una persona. Por ejemplo, un asalto cerca de un aeropuerto podría tener como objetivo a víctimas que han llegado de países ricos o un terrorista podría diseñar una bomba que funcionara cuando estuviera cerca de personas de un país en particular.

El Departamento de Estado de los Estados Unidos, rechazó en un primer momento estas hipótesis, porque pensaban que los chips sólo podrían ser leídos desde una distancia de 10 cm, sin tener en cuenta más de 2,400 comentarios críticos de profesionales de la seguridad y una demostración clara de que con un equipo especial se pueden leer los pasaportes desde 10 metros. A la fecha, la propuesta está siendo revisada.

La autoridad de los pasaportes de Pakistán, ha comenzado a expedir pasaportes con etiquetas RFID.

2.3.4 Licencia o Carnet de Conducir

El estado estadounidense de Virginia, ha pensado en colocar etiquetas RFID en las identificaciones de conducir, con el objetivo de que los policías y otros oficiales realicen comprobaciones de una forma más rápida. La Asamblea General de Virginia. También espera que, al incluir las etiquetas, sea más difícil obtener documentos de identidad falsos. La propuesta, se presentó por primera vez en el Driver's License Modernization Act de 2002, que no fue promulgada, pero en 2004 el concepto todavía estaba considerándose.

La idea fue promovida por el hecho de que varios de los piratas aéreos de los atentados del 11 de septiembre, tenían carnet de conducir de Virginia, fraudulentos. Sin embargo, la American Civil Liberties Union, dijo que además de ser un riesgo para la privacidad y la libertad, la propuesta del RFID no habría entorpecido a los terroristas, dado que la documentación falsa que portaban era válida, pues eran documentos oficiales obtenidos con otra identificación igualmente falsa. La debilidad del sistema es que no falla, cuando se validan documentos en el momento, sino que falla al verificar la identidad antes de expedirlos.

Bajo la propuesta, no se almacenaría ninguna información en la etiqueta, salvo el número correspondiente a la información del portador en una base de datos; sólo accesible por personal autorizado. Además, para disuadir a las falsificaciones de identidad, sólo sería necesario envolver un carnet de conducir con papel de aluminio.

2.3.5 Logística

Actualmente, la aplicación más importante de RFID es la logística.

El uso de esta tecnología, permitiría tener localizado cualquier producto dentro de la cadena de suministro.

Requisitos sobre RFID para su Uso en Logística

Wal-Mart y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, han publicado los requisitos para los fabricantes para situar las etiquetas RFID en todos sus transportes para mejorar la gestión de la cadena de suministro. Debido al tamaño de estas dos organizaciones, sus mandatos sobre RFID han causado un impacto en miles de compañías de todo el mundo. La fecha límite se ha extendido varias veces porque muchos fabricantes se enfrentan a grandes dificultades para implementar sistemas RFID. En la práctica, las cifras de lecturas exitosas, están actualmente en un 80%, debido a la atenuación de la onda de radio causada por los productos y el empaquetado. Dentro de un tiempo está previsto que incluso las compañías más pequeñas sean capaces de poner etiquetas RFID en sus transportes.

Desde enero de 2005, Wal-Mart ha puesto como requisito a sus 100 principales proveedores que apliquen etiquetas RFID en todos sus envíos. Para poder cumplir el requisito, los fabricantes usan codificadores/impresoras RFID para etiquetar las cajas y palés que requieren etiquetas EPC para Wal-Mart. Estas etiquetas inteligentes son producidas integrando el RFID dentro del material de la etiqueta, e imprimiendo el código de barras y otra información visible en la superficie de la etiqueta.

Blindajes Faraday como una contramedida al RFID

Se puede utilizar una jaula de Faraday para evitar que las señales de radiofrecuencia se escapen o entren en una zona, actuando como un blindaje RF.

Si se rodeara un dispositivo RFID, con un blindaje de Faraday tendría señales entrantes y salientes muy atenuadas, hasta el punto de que no podrían ser utilizables. Un blindaje de Faraday muy sencillo, sería un envoltorio de papel de aluminio. Uno más efectivo, sería un rectángulo de cobre alrededor del objeto; aunque el papel de aluminio serviría para la mayoría de los propósitos. Un RFID implantado sería más difícil de neutralizar con dicho blindaje, pero incluso una cubierta simple de papel de aluminio atenuaría la componente de campo eléctrico de las señales.

Neutralizar permanentemente el RFID, podría necesitar una fuerte corriente eléctrica alterna adyacente al RFID, que sobrecargue la etiqueta y destruya su electrónica. En algunos casos, dependiendo de la composición del RFID, un imán fuerte puede servir para destruir mecánicamente la bobina o la

conexión del chip por la fuerza mecánica ejercida en la bobina. Con el desarrollo de la tecnología RFID, pueden ser necesarios otros métodos.

Las etiquetas de 125 kHz, 134 kHz (baja frecuencia) y en varios casos 13.56 MHz (alta frecuencia), están unidas por un campo magnético en lugar de un campo eléctrico, es lo que se denomina acoplamiento inductivo. Como la jaula de Faraday, blindada solamente la componente eléctrica del campo electromagnético, el blindaje de papel de aluminio es ineficaz. Cualquier blindaje magnético, por ejemplo, una hoja fina de hierro o acero, encapsulando la bobina de la antena de la etiqueta, será eficaz.

Recientemente, se está creando un movimiento anti RFID. La causa es que esta tecnología atenta contra la privacidad. Con la gran difusión de etiquetas RFID, se está haciendo muy fácil seguir los hábitos de una persona. A raíz de los acontecimientos de Septiembre 11 en los Estados Unidos, éste país ha implantado un pasaporte con etiquetas RFID. Esto ha contribuido a aumentar la polémica. Sólo el futuro nos dirá cómo terminará esto.

¿Cómo se sentiría usted si, por ejemplo, un día se diera cuenta de que su ropa interior permite develar su paradero? La senadora del estado de California Debra Bowen, en una audiencia en 2003.

El uso de la tecnología RFID ha causado una considerable polémica e incluso boicots de productos. Las cuatro razones principales por las que RFID resulta preocupante, en lo que a privacidad se refiere son:

- El comprador de un artículo, no tiene por qué saber de la presencia de la etiqueta o ser capaz de eliminarla.
- La etiqueta puede ser leída a cierta distancia, sin conocimiento por parte del individuo.
- Si un artículo etiquetado es pagado mediante tarjeta de crédito o conjuntamente con el uso de una tarjeta acreditada, entonces sería posible enlazar la ID única de ese artículo con la identidad del comprador.
- El sistema de etiquetas EPCGlobal crea, o pretende crear, números de serie globales únicos para todos los productos, aunque esto cree problemas de privacidad y sea totalmente innecesario en gran parte de las aplicaciones.

La mayoría de las preocupaciones, gira alrededor del hecho de que las etiquetas RFID puestas en los productos, siguen siendo funcionales incluso después de que se hayan comprado los productos y se hayan llevado a casa y esto puede utilizarse para vigilancia y otros propósitos sin relación alguna con sus funciones de inventario, en la cadena de suministro. Aunque la intención, es emplear etiquetas RFID de corta distancia, éstas pueden ser interrogadas a mayores distancias por cualquier persona con una antena de

alta ganancia, permitiendo de forma potencial que el contenido de una casa pueda ser explorado desde una cierta distancia. Incluso un escaneado de rango corto es preocupante, si todos los artículos detectados aparecen en una base de datos cada vez que una persona pasa un lector, o si se hace de forma malintencionada (por ejemplo, un robo empleando un escáner de mano portátil, para obtener una evaluación instantánea de la cantidad de víctimas potenciales). Con números de serie RFID permanentes, un artículo proporciona información inesperada sobre una persona, incluso después de su eliminación; por ejemplo, los artículos que se revenden, o se regalan, pueden permitir trazar la red social de una persona.

Otro problema referente a la privacidad, es debido al soporte para un protocolo de anticolidión (singulation). Esta es la razón por la cual un lector puede enumerar todas las etiquetas que responden a él, sin que ellas interfieran entre sí. La estructura de la versión más común de este protocolo es tal, que todos los bits del número de serie de la etiqueta salvo el último, se pueden deducir por detección a distancia (eavesdropping) pasivo, tan sólo en la parte del protocolo que afecta al lector. Por esta razón, si las etiquetas RFID están cerca de algún lector, la distancia en la cual la señal de una etiqueta puede ser escuchada es irrelevante. Lo que importa es la distancia a la que un lector de mucho más alcance puede recibir la señal. Independientemente de que esto dependa de la distancia a la que se encuentre el lector y de qué tipo sea, en un caso extremo algunos lectores tienen una salida de energía máxima (4 W) que se podría recibir a diez kilómetros de distancia.

2.4 Principales fabricantes y proveedores de etiquetas RFID,.

La gama de proveedores de la tecnología RFID es muy amplia, debido al potencial del desarrollo de soluciones en muchos campos de la industria; como equipaje facturado, líneas de suministros y peaje en autopistas, entre otros. En el Apéndice A se detallan a los principales fabricantes y empresas que utilizan la tecnología RFID, así como el tipo de productos que proporciona cada fabricante: chips, tags, antenas, lectoras y software que hacen posible la operatividad de las soluciones basadas en esta tecnología para control vehicular. Además, se menciona el tipo de tecnología que pueden proveer: (activa, semi-pasivo o pasivo) para un sistema RFID orientado a la identificación vehicular.

2.5 Los Tags Gen 2.

Son un tipo de tags pasivos promovidos por EPC Global y cuya principal aplicación son las cadenas de suministros.

La organización EPC, está trabajando en un estándar internacional para el uso de RFID y EPC en la identificación de cualquier artículo en la cadena de suministro para las compañías de todo tipo de industria, en cualquier lugar del mundo, en la figura 2.5 se muestra diferentes usos de tecnología RFID en la cadena de suministros.

El Consejo Superior de la organización incluye representantes de: EAN International, Uniform Code Council, The Gillette Company, Procter & Gamble, Wal-Mart, Hewlett-Packard, Johnson & Johnson, SATO and Auto-ID Labs. Es un organismo soportado por AMECE que habilita y promueve los estándares globales de la red EPC. Asimismo, forma parte de EPC Global.

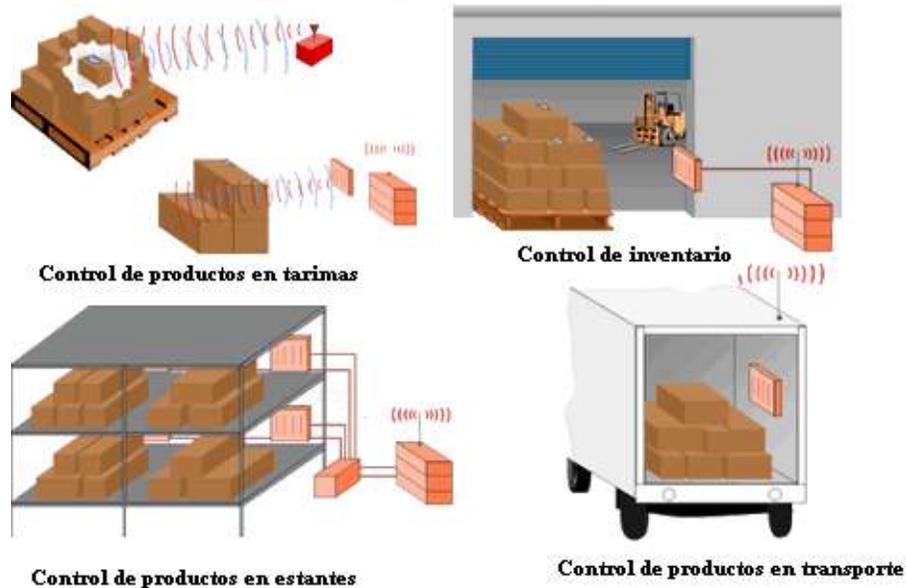


Figura 2.5.- Usos de tecnología RFID en la cadena de suministros.

Se le denomina Red EPCglobal, al conjunto de tecnologías que hacen posible una identificación inmediata y automática de los artículos en la cadena de suministro, además de compartir información acerca de éstos. Por ello, la Red EPC Global permite tener a las empresas una visibilidad real de la información de los artículos que se encuentran en la cadena de suministro. Productos de las empresas que están trabajando en esta iniciativa lleva marcado el logotipo que los identifica, ver figura 2.6.

La red está formada por cinco elementos fundamentales: El Código Electrónico de Producto (EPC), el Sistema de ID (Etiquetas y Lectores de EPC), Servicio de Nombres de Objetos (ONS), Lenguaje de Marcado Físico (PML) y Savant.



Figura 2.6.- Logotipo de la iniciativa EPC global

El EPC (Electronic Product Code ó Código Electrónico de Producto) es un número único que identifica a un artículo específico en la cadena de suministro. Este código es almacenado en un tag RFID, del cual es posible recuperar la información guardada que puede ser asociada con datos

dinámicos, como el lugar en donde se originó un artículo o la fecha de su producción. Ya que es muy similar al Número Global para Artículo Comercial (GTIN, Global Trade Item Number), el EPC es la llave que permite detonar los procesos en los sistemas de información que forman parte de la Red EPC.

Cuando el tag comunica su código EPC al lector, este pasa el número a una computadora o sistema de aplicación local, conocido como el Servicio de Nombres de Objetos (ONS). El ONS dice a los sistemas de cómputo, dónde localizar la información en la red sobre el objeto que lleva el EPC, por ejemplo: cuándo se fabricó el artículo.

El Lenguaje de Mercado Físico (PML), se utiliza como un lenguaje común en la Red EPCglobal, para definir los datos en objetos físicos. Savant, es una tecnología de software que actúa como el sistema nervioso central de la Red EPCglobal. Su función principal, es gestionar y mover la información en una forma que no sobrecarga las redes corporativas y públicas existentes. En la figura 2.7 se describe la arquitectura de Savant.

El estándar Gen 2 de EPCglobal, fue aprobado en diciembre de 2004 y es posible que llegue a convertirse en una parte muy importante de los estándares en etiquetas RFID para aplicaciones de cadena de suministros. Se aprobó, después de una contención de Intermec por la posibilidad de que el estándar pudiera infringir varias patentes suyas relacionadas con RFID. Se decidió que el estándar en sí mismo, no infringía sus patentes, sino que podía ser necesario pagar derechos a Intermec si la etiqueta se leyera de un modo particular. EPC Gen2 es la abreviatura de “EPCglobal UHF Generation 2”.

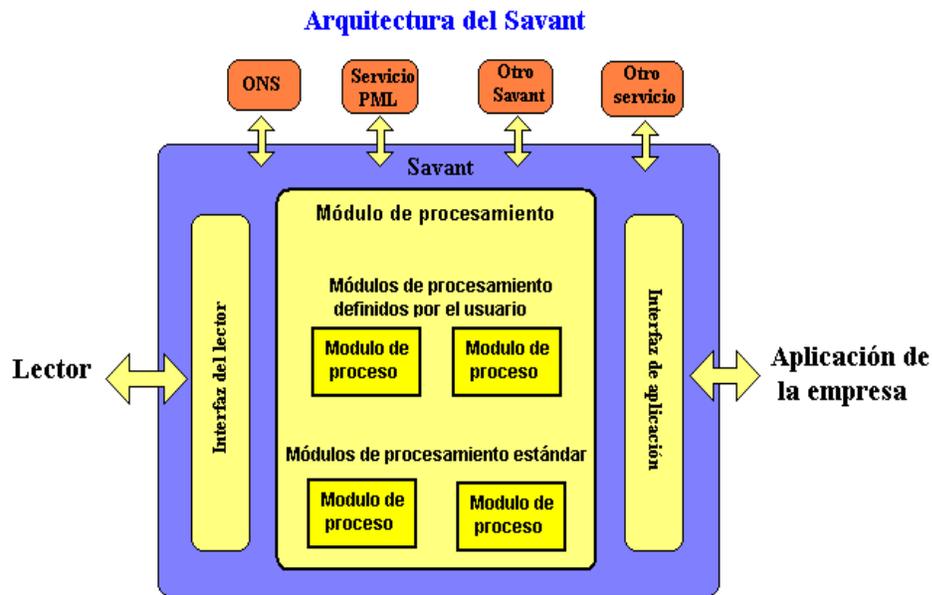


Figura 2.7.- Descripción de la arquitectura Savant.

Gen 2, incorpora numerosas mejoras sobre Gen 1, incluyendo velocidades de transferencia de datos mayores, una seguridad superior en los datos del tag con la encriptación de estos, bloqueo de lectura, características de reciclado, soporte de sensor y memoria de usuario estructurada. Asimismo, una característica llamada “dense-reader mode”, que incrementa la velocidad de lectura cuando más de un lector está funcionando en el mismo sitio.

El funcionamiento de los tags de esta generación es, a grandes rasgos, el siguiente: primero, el reader envía un comando de solicitud o Query con un campo Q para explorar cuáles son los tags que escuchan en su radio de cobertura. Todos los tags que se encuentren dentro de ese radio van a contestar al reader reflejando el paquete Query y añadiendo en el campo Q un valor aleatorio de 16bits. El que genere el menor número aleatorio será el que primero interpretará el reader. Con el número de respuestas, el reader convierte el campo Q en slots, de forma que irá atribuyendo slots a cada tag para identificarse.

A continuación, el reader enviará un comando ACK que contiene, a modo de número de secuencia el valor del campo Q correspondiente al tag que contestó con el menor número aleatorio. Dicho tag interpreta este mensaje como válido y genera a su vez un paquete ACK cuyo adjunto será el identificador EPC del objeto etiquetado. El reader, una vez reciba esta información, envía un comando QueryRep, que disminuye el valor del campo Q para cada tag y duerme al tag que respondió. Al decremento, el tag que será ahora interpretado es el que tenga el menor número aleatorio después de la operación anterior. Así, se identifican uno a uno los tags, todo esto se ilustra en el siguiente diagrama de la figura 2.8.

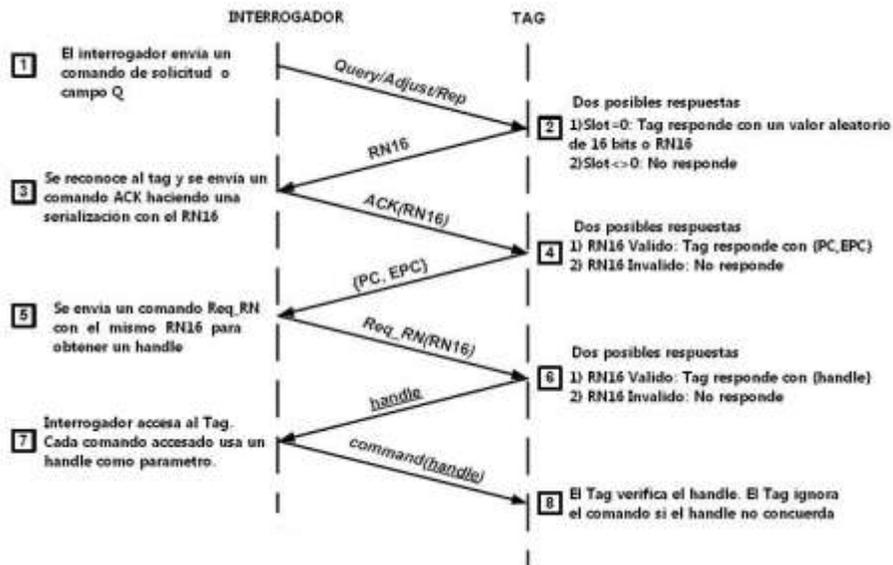


Figura 2.8.- Diagrama del protocolo de enlace entre Interrogador y Tag .

El valor del número de slots que el reader tiene que ajustar es dinámico. En función de las respuestas obtenidas en cada momento, el reader podrá aumentar o reducir el valor de Q, de forma que se adapte a la nueva situación de tags que tenga.

El protocolo de comunicación de los tags de esta generación, es mucho más robusta que los tags de la generación anterior, debido a que cuentan con dos candados: la habilidad de bloquear a un tag para que sólo un interrogador autorizado pueda escribir datos en él y el uso de una máscara de Radio Frecuencia, la cual agrega un número aleatorio al ID del tag que permite el intercambio de información con el lector sólo cuando estos se encuentran de acuerdo y sincronizados.

Otra característica importante, es que se puede matar al tag (kill tag), es decir, se puede inhabilitar para que el lector no pueda acceder a su información. Con esta función se permite incapacitar totalmente a un tag, o por el contrario, bloquearlo para reciclarlo posteriormente.

El estándar EPC Clase 1 Generación 2 (C1G2) se ha publicado como estándar ISO 18000-6C reconocido internacionalmente para gestión y control de cadenas de suministros. Es, por tanto, el punto de unión entre los estándares ISO y EPC. Según el whitepaper de Libera Networks del 1 de septiembre de 2006. En la figura 2.9 se puede ver una etiqueta que corresponde al EPC Clase 1 Gen2.



Figura 2.9.- Tag bajo el estándar EPC Clase 1 Gen 2.

2.6 Normas y parámetros técnicos de RFID.

En el ámbito de la tecnología, una norma se define como una especificación que reglamenta procesos y productos para garantizar la interoperabilidad, estos documentos técnicos cuentan con las siguientes características:

- Están disponibles al público.
- Son elaborados por un acuerdo de las partes interesadas:
 - Fabricantes.
 - Administraciones.
 - Usuarios y Consumidores.
 - Centros de Investigación y Laboratorios.

- Asociaciones y Colegios Profesionales.
- Agentes Sociales, etc.
- Están basados en los resultados de la experiencia y el desarrollo tecnológico.
- Contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria.
- Son aprobados por un organismo nacional, regional o internacional de normalización reconocido.

Dentro de las ventajas que se tienen al establecer normas, es que se logra una interoperabilidad entre las empresas, los administradores y los consumidores. También es posible crear un equilibrio socioeconómico entre las partes interesadas que participan en las transacciones comerciales. Además de que son un patrón de confianza que debe existir entre el cliente y el proveedor.

Un parámetro técnico, es un conjunto de características o cantidades que describen directamente las cualidades físicas de un sistema. Estos parámetros pueden tener todas las clases de dimensiones, dependiendo del sistema que se esté considerando. Asimismo, las empresas, corporaciones, organizaciones e incluso el gobierno, pueden establecer sus propios parámetros técnicos que pueden ser viables para todo el país.

Actualmente, no existe en nuestro país, alguna norma o parámetros técnicos nacionales para la medición de la tecnología RFID, por lo que funcionan con base en normas y parámetros internacionales que son instituidos por los fabricantes de la tecnología.

Las organizaciones internacionales normativas más importantes de tecnología RFID en todo el mundo, son la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés, ver figura 2.10) y EPC global

Las normas RFID que ha creado ISO, satisfacen todos los requisitos alrededor del mundo, de modo que el usuario tiene más seguridad en cuanto a que su sistema puede estar disponible para ser usado casi en el mundo entero.



Figura 2.10.- Logotipo de la organización ISO.

Sin embargo, es posible que los requisitos de cumplimiento de tipo RFID establecidos por algunas compañías, no cumplan con las normas ISO y, por lo tanto, no se pueden usar mundialmente. La serie de normas ISO 18000, está siendo considerada para numerosos sistemas de cadena de suministro e identificación.

Las normas ISO 18000-Parte 6, son aplicables para tecnología RFID en la banda de 860-930 MHz. Existen otras normas RFID de ISO que ya han sido ratificadas, siendo la serie 18000 la más apropiada para las aplicaciones de identificación de artículos. No obstante, aún hay más normas que están por obtener la ratificación final.

En cuanto a las especificaciones EPC se desarrollan bajo los auspicios de EPC global, que es una empresa conformada por EAN y UCC. Tanto EAN, como UCC se han comprometido a generar procesos de desarrollo de normas que toman en cuenta a las necesidades de los usuarios y a administrar en conjunto el sistema EAN.UCC para comercio global, lo que incluye los códigos de barras UPC/EAN, empleados para artículos de consumo a nivel mundial. Como tal, la organización EPC global está posicionada y equipada en forma idónea para comercializar y estandarizar las especificaciones técnicas, estructuras de datos, pautas de uso y el desarrollo constante de la normativa EPC.

Como se ya se ha mencionado, el estándar EPC Clase 1 Generación 2 (C1G2) es el punto de unión entre los estándares ISO y EPC ya que se ha publicado como estándar ISO 18000-6C reconocido internacionalmente para gestión y control de cadenas de suministros, esto se menciona en el whitepaper de Libera Networks del 1 de septiembre de 2006.

El organismo mexicano más importante de estándares en el ámbito del comercio electrónico, es la AMECE (Asociación Mexicana de Estándares para el Comercio Electrónico, ver Figura 2.11) que tiene una experiencia de 18 años de llevar estándares globales a más de 18,000 empresas en todo el país y desarrolla esquemas basados en productividad, eficiencia y mejores prácticas basadas en las necesidades de la industria.



Figura 2.11.- Logotipo de la organización AMECE.

La AMECE empezó a operar con el nombre de AMECOP o Asociación Mexicana de Código de Producto desde al año de 1986, con base en la iniciativa de varias empresas, directores y ejecutivos de compañías reconocidas que tenían la necesidad de contar con herramientas y mecanismos para poner en marcha el negocio electrónico dentro de un ambiente de colaboración y estandarización a nivel mundial. Un ejemplo de la implantación de estándares globales en las empresas de nuestro país

gracias a la AMECE, se dio en el año de 1982, cuando en México entró en uso el estándar global para identificación, mejor conocido como Código de Barras, que hasta la fecha sigue operando y que revolucionó la forma de hacer negocios entre la industria y el comercio en el país. Entre las normas globales a las que se apega la AMECE, se encuentran las establecidas por EPC global para el uso de tecnología RFID en la optimización de las cadenas de suministros.

Entre las industrias que siguen los estándares de la AMECE se encuentran: comercio, bienes de consumo, farmacéutico, textil y sus derivados, departamental, mercancías en general, automotriz, servicios y de convivencia, entre otras.

La mayoría de los sistemas que operan en México, dedicados al control vehicular que hacen uso de la tecnología RFID, lo hacen a través de las bandas de frecuencias libres autorizadas por la COFETEL (Comisión Federal de Telecomunicaciones, ver Figura 2.12), que es el organismo gubernamental a cargo de regular el uso de las bandas de frecuencia para cualquier aplicación relacionada con el espectro de radiofrecuencias electromagnéticas en el país.



Figura 2.12.- Logotipo de la COFETEL

Las bandas consideradas como libres, por parte de la COFETEL, son las siguientes:

- 902 a 928 MHz
- 2,400 a 2,483.5 MHz
- 3,600 a 3.700 MHz
- 5,150 a 5,250 MHz
- 5,250 a 5,350 MHz
- 5,470 a 5,725 MHz
- 5,725 a 5,850 MHz.

En la figura 2.13 se muestra el diagrama del espectro de ondas electromagnético

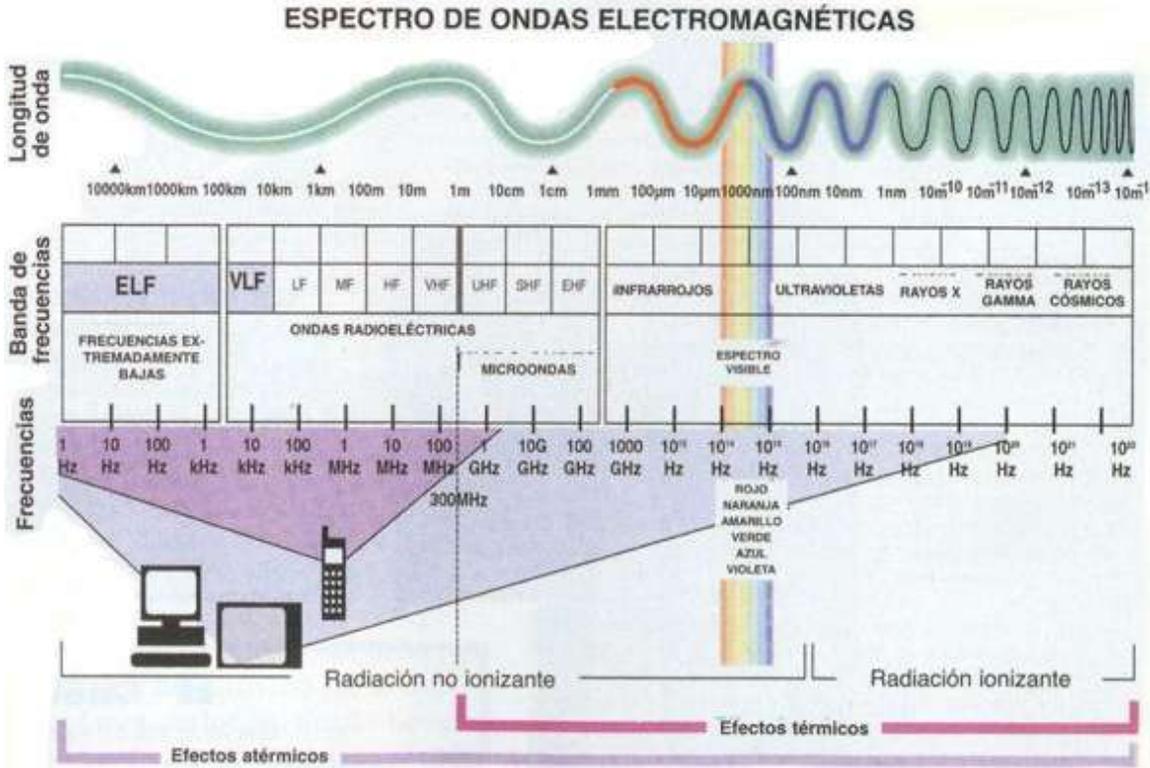


Figura 2.13.- Espectro de ondas electromagnéticas.

2.7 Tecnología Propietaria (RFID)

La definición de Tecnología propietaria hace referencia al conjunto de conocimientos, técnicas y prácticas únicas, desarrolladas por una empresa para dar solución a un problema o necesidad específica, con el fin de contar con ventajas competitivas dentro del entorno de su mercado. Estas técnicas no cumplen con estándares ni normatividades nacionales ni internacionales, sino con las que son establecidas por la misma organización. Cuentan con los derechos exclusivos de patente, uso y comercialización (licencias).

2.7.1 Sistemas con modalidad de Tags Pasivos:

Los Sistemas disponibles en el mercado, para el uso en identificación vehicular con Tags pasivos, cuentan con algún componente de tecnología propietaria, que en la mayoría de los casos, coincide en la forma en la que se realiza la lectura y escritura, entre el transponder o Tag y la lectora o escáner, que pese a cumplir en algunos casos con el estándar ISO 18000-6C, cuentan con un encriptado o máscara en los datos que les permite asegurar que sólo los dispositivos que estén programados con esta, puedan interactuar, evitando de esta forma que estos transponders y lectores no sean fabricados y distribuidos por otras empresas; en otros casos, se realizan diseños exclusivos en el chip del transponder para asegurar la

distribución exclusiva de una sola empresa, como puede ser los componentes que se muestran en la figura 2.14.

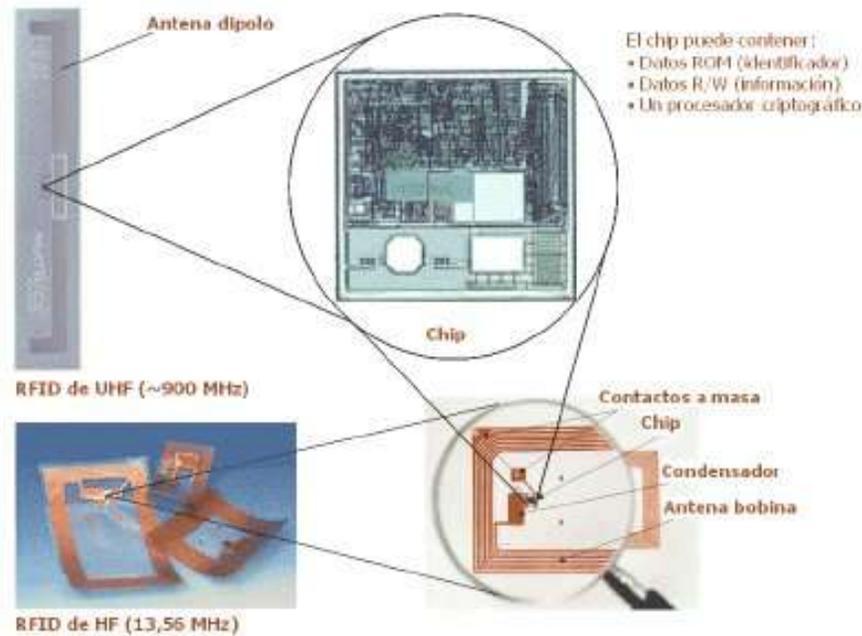


Figura 2.14.- Componentes de un sistema RFID pasivo propietario.

Es importante mencionar que el desarrollo de las aplicaciones de Middleware, Back end y Front end del Sistema, son llevadas a cabo, conforme a los conocimientos, técnicas y métodos de diseño propios de cada empresa, por lo que de alguna manera, también se pueden llegar a convertir en componentes propietarios, por lo que se debe solicitar que los desarrollos del software requeridos en el Sistema, se hagan sobre metodologías de desarrollo estandarizadas.

2.7.2 Sistemas con modalidad de Tags Activos:

Los Sistemas disponibles en el mercado, para el uso en identificación vehicular con Tags activos, disponen de tecnología propietaria en todos sus componentes, el diseño del chip y la electrónica del transponder, es único conforme a la especificación de la empresa, el protocolo de comunicación utilizado para la lectura y escritura entre el transponder o Tag y la lectora o escáner, es determinado por el fabricante y no cumple con estándares nacionales ni mundiales. Asimismo, las aplicaciones de Middleware, Back end y Front end del Sistema, que opera bajo los criterios de desarrollo definido por el proveedor, ver figura 2.15.



Figura 2.15.- Componentes de un sistema RFID activo propietario

2.8 Tecnología abierta (RFID):

Los diseños y protocolos del dominio público, son realizados de acuerdo a normas y parámetros técnicos, emitidos por organizaciones mundiales con el propósito de generalizar los procedimientos técnico-científicos (estándares) para el desarrollo de actividades de intercambio de información.

Los diseños y protocolos de propiedad comercial exclusiva de una empresa fabricante, son los registrados y patentados por las compañías que realizan investigación y desarrollo tecnológico en beneficio de sus productos, con el fin de obtener una ventaja competitiva comercial y tecnológica ante las demás empresas y así dominar su nicho de mercado.

La diferencia entre la Tecnología abierta (RFID): Diseños y protocolos del dominio público vs. Tecnología cerrada (RFID): Diseños y protocolos propiedad comercial exclusiva de una empresa fabricante aunque potencialmente licenciable se vislumbra bajo dos ópticas, desde la empresarial y desde la tecnológica, como se muestra a continuación:

Desde el punto de vista empresarial: La Tecnología Cerrada, atribuye más el sentido comercial al desarrollo tecnológico, es decir, la empresa al manejar protocolos propietarios para la operación de sus equipos y/o productos, se vuelve más rentable, en razón de comercializar la venta exclusiva de sus equipos con licencias de uso y de actualizaciones propias de sus productos, ofrecer el soporte técnico, los mantenimientos preventivos correctivos y las capacitaciones por la misma compañía. Esta estrategia de negocio, busca como objetivo, generar una completa dependencia tecnológica del cliente hacia la empresa que ofrece esta tecnología.

Esta acción de las empresas, es típico durante las primeras etapas de desarrollo de una nueva tecnología y las primeras compañías que le encuentran un uso propietario, toman una ventaja competitiva en este mercado emergente y, conforme esta tecnología madura y se integra en mayor escala en el mercado, tiende a disminuir y a desaparecer.

La Tecnología Abierta, le permite a la empresa entrar a un contexto de mayor participación, de un alto nivel de competitividad, pues lo hace en igualdad de condiciones tecnológicas con las demás compañías dentro de su entorno de mercado, siendo este escenario el más atractivo para el

cliente final, ya que al existir una mayor oferta por diferentes proveedores o fabricantes, el precio de los productos y servicios baja y por ende, el factor crítico que hace la diferencia entre estas empresas, es la calidad que ofrecen en la comercialización de sus productos y servicios, resultando de gran beneficio para el usuario final y en general para el mercado emergente generado por esta tecnología.

Desde el punto de vista tecnológico: La Tecnología Cerrada, favorece la iniciativa, investigación y desarrollo tecnológico de las empresas y/o corporativos transnacionales que buscan mejorar su posicionamiento dentro de su segmento mercantil. Mejor aún, cuando esas tecnologías son exitosas y ampliamente utilizadas, evolucionan al ser aceptadas, desplegándose como un nuevo estándar a seguir, llegando a transformarse en una tecnología abierta.

Una Tecnología, cuando llega ser del dominio público, es porque ha sido exitosa y revolucionaria; permitiendo entonces, aprovechar lo que otros ya han hecho (ver figura 2.16). Facilita el intercambio y la transferencia de conocimientos entre empresas competidoras del mismo mercado y de los usuarios finales. Cuando se llega a este nivel, se dice que esta tecnología ha alcanzado la categoría de Abierta.

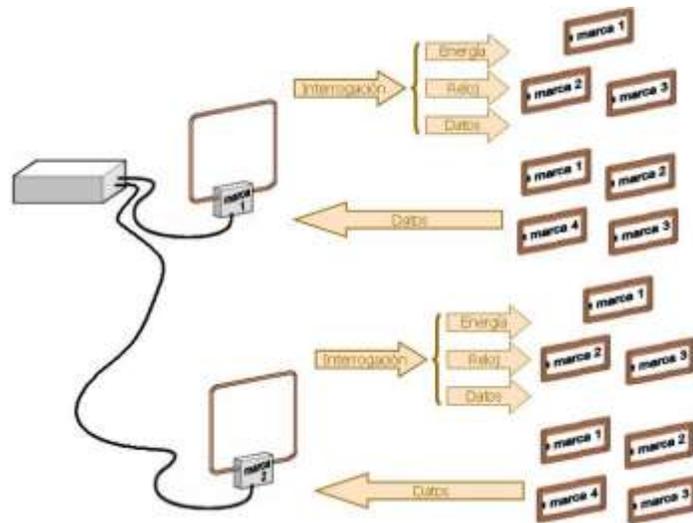


Figura 2.16.- Componentes de un sistema RFID con tecnología abierta.

Una Tecnología Abierta, cuando ha sido completamente aceptada, es apoyada, promovida y desarrollada por institutos y centros de Investigación específicos para esta tecnología. En la mayoría de los casos se cuenta con organizaciones internacionales que continúan mejorando y desarrollando los estándares adoptados para su mejor aprovechamiento y conocimiento por los sectores industriales del mundo.

2.9 Sistemas abiertos vs. sistemas cerrados.

Los Sistemas abiertos, son un conjunto de elementos que se relacionan entre sí, para resolver un problema determinado y en el que todos sus componentes cumplen con estándares y normatividades nacionales e internacionales que les permiten interactuar con su entorno (otros sistemas). Estos sistemas, presentan un intercambio con el medio, son adaptables para seguir existiendo. Su estructura es óptima cuando el conjunto de elementos del sistema se organiza, aproximándose a una operación adaptable. Dicha adaptabilidad, significa un continuo proceso de aprendizaje y de auto-organización que lo mantiene vigente.

Los sistemas cerrados no presentan intercambio con su entorno, son herméticos ante cualquier influencia del medio. No reciben ningún recurso externo y no producen algo que sea enviado hacia el exterior. En estricto sentido, no existen sistemas cerrados. Se da el nombre de sistema cerrado, a aquellos sistemas cuyo comportamiento es predeterminado y programado. Se aplica el término, a los sistemas completamente estructurados, donde los elementos y relaciones se combinan de una manera peculiar y rígida, produciendo una salida invariable.

La comparación de los sistemas abiertos vs. sistemas cerrados, se refiere en este caso a que los sistemas abiertos favorecen a la diversidad de fabricantes y proveedores, así como de un mayor número de desarrolladores de aplicaciones y hardware para estos sistemas. En lo que toca a los sistemas cerrados, cuentan con componentes de tecnología propietaria que no les permiten interactuar con otros sistemas y, por lo tanto, generan una dependencia exclusiva con un solo fabricante o proveedor.

2.10 Propuesta de un sistema cerrado con interoperabilidad.

La posible propuesta para que un sistema cerrado pueda tener interoperabilidad entre varios proveedores, es simplemente que deje de ser cerrado, pues por naturaleza, un sistema cerrado no puede interactuar con otros sistemas por contener componentes propietarios, por lo que para poder hacerlo debe convertirse en un sistema “normalizado”.

Para llevar a cabo esta conversión, es necesario que todos los componentes del sistema cumplan con las normas, estándares y lineamientos que se definan para su operación y por consiguiente, para su interoperabilidad.

2.10.1 Sistemas con modalidad de Tags Pasivos:

Por estrategias de negocio empresariales, estos sistemas se han hecho cerrados, tanto en su tecnología del chip del transponder, como en su protocolo de comunicación y cifrado de datos, por lo que la propuesta, es determinar un estándar aceptado internacionalmente por la industria para el protocolo de comunicaciones en el aire (air protocol) y con las aplicaciones.

Al contar con estos componentes estándar, se puede llevar a cabo el desarrollo y la programación de los transponders y de los lectores/escanners por diferentes fabricantes y/o proveedores, convirtiéndose por lo tanto, en un sistema normalizado.

2.10.2 Sistemas con modalidad de Tags Activos:

Para estos sistemas, es importante mencionar que es más reducida la cantidad de proveedores que puedan realizar un control vehicular con esta tecnología, por lo que el problema se agudiza en este escenario. Además de determinar un estándar para el protocolo de comunicaciones en el aire y hacia las aplicaciones, es importante definir procedimientos de operación del transponder, es decir, determinar adecuadamente sus períodos de lectura, la cantidad de datos a transmitir o recibir, etc., dado que la vida de operación de la batería depende de la adecuada programación que se le dé al transponder, como se puede observar en la figura 2.17, donde un transponder ha sido construido con doble batería con el fin de tener más tiempo en la operación..



Figura 2.17.- Componentes de un sistema Cerrado RFID Activo con interoperabilidad.

2.11 Casos mundiales de control vehicular con base en RFID.

Como tal, no existe un país en el mundo que opere un sistema vigente de control vehicular a nivel nacional, como el que se pretende implantar en México. Los casos más similares, a llevar a cabo un registro vehicular, por medio de radiofrecuencia son los siguientes:

2.11.1 Brasil

En Brasil existen soluciones de control vehicular basadas en tecnología RFID que operan solamente en ciertas ciudades de ese país y algunas están encaminadas a llevar el control vehicular del transporte concesionado de esa región, como es el caso de Río de Janeiro.

Hasta hace poco, se buscaba implementar un sistema basado en tecnología RFID por parte de la DENATRAN (Departamento Nacional de Tránsito), que lleve un control vehicular de todo el país. El nombre del proyecto es SINIAV (Sistema Nacional de Identificación Automática de Vehículos, figura 2.18) y pretende, por medio de un tag instalado en el

vehículo, intercambiar información con equipos situados en las autopistas y carreteras, para saber a quién pertenece el vehículo legalmente. Cada tag es personalizado para un vehículo y contiene un número único e irrepetible.



Figura 2.18.- Brasil, Proyecto para el control vehicular.

El SINIAV deberá ser implantado en todo el país y los estados deberán ser los encargados de implementar y operar el sistema en su territorio. Las antenas lectoras y los tags deberán ser ratificados por la DENETRAN y el proceso de implantación del SINIAV, deberá de iniciarse en todo el suelo brasileño en un plazo de hasta 18 meses, a partir de la publicación de la Resolución 212 (13 de Noviembre de 2006) y ser concluido en un término no mayor de 42 meses, posteriores a su inicio. Por lo que finalizado el plazo ya determinado, ningún vehículo podrá circular sin las condiciones establecidas en la Resolución 212.

Esta determinación, habla a grandes rasgos de las características con las que debe cumplir el sistema de identificación automática vehicular, como son la capacidad de memoria del tag, los datos que este contendrá, el tiempo en que tendrá que ser implementado el sistema, características generales de la antena, etc. Sin especificar algunos aspectos importantes, como son el tipo de tag (activo o pasivo), la frecuencia de operación entre la antena y el tag y el protocolo de comunicación para la lectura del tag, entre otros aspectos.

Actualmente, se está desarrollando una solución técnica por parte de un grupo Inter-ministerial de trabajo (denominado GTI SINIAV), conformado por representantes de los ministerios, la presidencia de la Cámara de Seguridad Institucional de la República, el Departamento de Estado de Tráfico de Río de Janeiro, la Compañía de Ingeniería de Tráfico de Sao Paulo (CET) y el soporte técnico del Centro de Investigaciones Avanzadas Wernher Von Braun. El objetivo de este estudio es determinar en 120 días (comenzando del 1 de marzo de 2007), la tecnología RFID específica que será utilizada, además de la arquitectura, las especificaciones técnicas y el modelo de implementación sustentable que debe cumplir con la Resolución 212.

El estudio, tiene como meta identificar la tecnología que será usada en la solución y las oportunidades de desarrollo industriales que den a Brasil la posibilidad de fomentar la cadena de suministros del proyecto y contar con un soporte para las soluciones tecnológicas que se utilizarán. Este

desarrollo que ha sido identificado y aprobado como fase posterior del proyecto, puede derivar en incentivos legales para la investigación y desarrollo, además de posibles fondos gubernamentales para dicho fin.

Este trabajo contará con representantes de la Industria, Gubernamentales, de servicios públicos y privados, así como de personal de desarrollo tecnológico. Una vez que se determinen las oportunidades de crecimiento, las soluciones tecnológicas del proyecto deberán ser evaluadas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología para la implementación en la industria brasileña y la puesta en marcha en cada estado, tendrá el soporte de las Instituciones de Investigación y Desarrollo Brasileñas.

Entre los principales aspectos que definirá este grupo técnico, se encuentran las frecuencias de operación, el tipo de tecnología del tag (activo o pasivo), protocolos de comunicación y seguridad del tag, los sistemas de redes de datos y la infraestructura de telecomunicaciones, incluyendo la logística para la implementación del sistema.

2.11.2 Pakistán

NADRA (National Database and Registration Authority , figura 2.19), ha implementado el proyecto VITS (Vehicle Identification and Tracking System), mediante el cual han empezado a introducir un sistema basado en tecnología RFID para ayudar el control vehicular, relacionándolo contra el combate de los distintos crímenes que acontecen hoy en día, como es el caso del robo de vehículos.



Figura 2.19.- Pakistán, Proyecto para el control vehicular.

El tag de RFID es fijado en cada vehículo, conociendo el VIN (Vehicle Identification Number) y un número único que es asignado a todos los vehículos del país, también es emitido un documento que avala al aspirante que lo conducirá.

Se pretende que tanto la autoridad, como otras agencias permitidas, puedan tener acceso a la información relacionada del vehículo y de su propietario. El acceso se podrá realizar desde distintas redes de comunicaciones con que se cuente. Los datos del dueño del vehículo pueden ser almacenados, utilizando algoritmos robustos de cifrado para prevenir posibles intromisiones indeseables.

Las tomas de recolección de datos han sido estratégicamente localizadas para que cuando el vehículo pase por estos puntos pueda ser registrado. De igual forma, se podrán obtener los datos del vehículo, se tomará una

fotografía del mismo con cámaras OCR, por lo que si el automóvil no cuenta con su tag, aún pueda ser registrado usando tecnología visual.

El personal de seguridad, dispondrá de sistemas de identificación móvil “handheld” para poder obtener toda la información que requiera del vehículo a través de sus registros y así poder actuar en el momento.

NADRA cuenta con la infraestructura de comunicaciones necesaria para que los usuarios permitidos, puedan tener acceso a una base de datos centralizada, en la cual se almacenará toda la información requerida de los automóviles, como de sus propietarios.

2.11.3 Reino Unido

Se tiene conocimiento de que el Departamento del Transporte del Reino Unido comisionó a la DVLA (Driver and Vehicle Licencing Agency, por su siglas en inglés) la realización de pruebas para incorporar tecnología RFID en los vehículos con el fin de apoyar la implementación de una placa electrónica. En las pruebas participaron elementos de las fuerzas policiales de South Wales, South Yorkshire, Northumbria y Hertfordshire, el Transport Research Laboratory (TRL) y el Centro de RFID del Departamento de Transporte.

Dados los resultados, el Departamento del Transporte, está analizando la factibilidad de introducir un Sistema Electrónico de Identificación Vehicular que considerará hacer obligatoria la introducción de una etiqueta electrónica. Esta etiqueta se colocara en los vehículos nuevos al momento de registrarlos y durante las transacciones de compra y venta que se realicen entre vehículos usados.

2.11.4.- Bermuda

El Departamento de Control de Transporte de Bermuda (TCD), una división del Ministerio de Turismo de la isla, planea automatizar el registro de los vehículos mediante la colocación de etiquetas de RFID. El sistema está compuesto de etiquetas RFID, antenas, lectores y un sistema de base de datos.

Se establecerá un número único de identificación para cada vehículo registrado en la isla. Cada número o código se relacionará con un registro en una base de datos centralizada de los automóviles.

Para evitar cualquier posible preocupación acerca de la privacidad o la seguridad de la información, los responsables del proyecto en Bermuda han encriptado el código en las etiquetas RFID, el cual no guarda ningún tipo de dato personal. Bermuda es un país con una extensión de 54 Km², 63.000 personas y 47.000 automóviles en movimiento. Ocupa la sexta posición en habitantes por Km².

Además, Bermuda cuenta con la mayor densidad de tráfico del mundo en sus calles por Km².

2.11.5.-Sudáfrica

En Sudáfrica existe un registro vehicular basado en el uso de una etiqueta pasiva de RFID para identificar a todos los vehículos que transitan sobre carreteras públicas.

El National Road Traffic es la entidad gubernamental que regula este procedimiento. En este sistema se utiliza un engomado con una etiqueta pasiva colocada en la parte interna del parabrisas que es visible desde el exterior. Ningún dato sobre el dueño del vehículo se graba en la etiqueta, pero sí se graban datos como el modelo, color, placas, clasificación y fecha de expedición

2.12 Casos Nacionales de control vehicular con RFID.

En México se realizaron visitas en dos estados donde existen sistemas RFID para identificación y control vehicular.

2.12.1 Puebla

El gobierno del Estado de Puebla implementó un sistema de identificación vehicular por radiofrecuencia para actualizar la base de datos de vehículos, mejorar la recaudación hacendaría vía multas, operativos de verificación vehicular y la gestión de tráfico. Además el sistema se implementó de tal forma que permitirá consultas a la base de datos del REPUVE para detectar vehículos reportados como robados.

Durante la visita se realizaron pruebas de funcionalidad del sistema y se observaron fallas en la detección de vehículos de prueba. Derivado de estas observaciones, se consideró necesario realizar pruebas bajo condiciones controladas. Es así como surgió la decisión de hacer pruebas de velocidad en el autódromo Hermanos Rodríguez así como pruebas de campo y laboratorio en el IPN e ITESM.

La visita a este estado incluyó una reunión en la planta de Volkswagen para conocer el proceso de ensamblado de vehículos y la forma en que se hará el pegado de la etiqueta de radiofrecuencia en los vehículos producidos por esta planta que circularán en el país.

2.12.2 Hidalgo y Tlaxcala

La agenda de la visita consistió únicamente en una entrevista con el responsable del área operativa del proceso de reemplacamiento que se estaba llevando a cabo en ese momento. También hubo una visita a una de las áreas en donde se realizaba el proceso de reemplacamiento. Es importante mencionar que el uso del engomado con circuito integrado de radiofrecuencia no está indicado como obligatorio.

En general, el enfoque del sistema que se quiere implementar en estos estados es el mismo que el del Estado de Puebla.

3.- Modelado y pruebas.

3.1 Memoria en los Tags RFID.

WORM son las siglas, en inglés correspondiente a Write Once Read Many, o sea, escribe una vez y lee muchas veces. Esta denominación se concede a medios de almacenamiento que tienen esta propiedad: los datos escritos ya no pueden ser borrados o sobre-escritos, posteriormente.

La importancia de los dispositivos con este tipo de memoria es que garantizan la integridad y conservación de la información ahí guardada. Se utiliza en infraestructuras de gestión documental por medios electrónicos.

Existen dos tipos de medios de almacenamiento tipo WORM: Aquellos que físicamente pueden ser escritos solamente una vez (por ejemplo: los discos compactos del tipo CD-R, DVD-R o algunos circuitos electrónicos, tales como las memorias PROM) y los dispositivos de almacenamiento que habilitan la capacidad de ser tipo WORM, gracias al uso de llaves electrónicas u otras medidas que previenen la reescritura de datos en la memoria, ver figura 3.1.

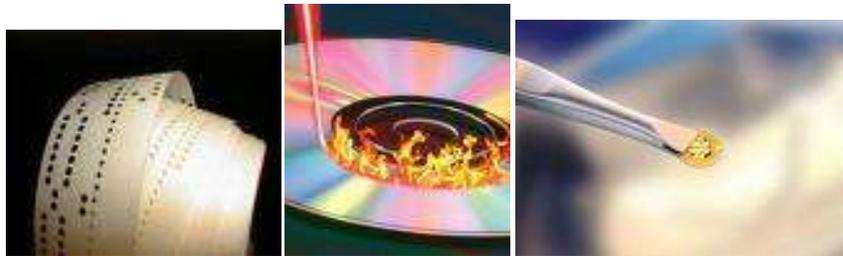


Figura 3.1.- Tipo de medios que operan como WORM.

Enfocado a la memoria que manejan los Tags de tecnología RFID, estos pueden contener memorias tipo WORM en la que se almacenan los datos una sola vez desde que son fabricados y la información que contiene no se puede modificar posteriormente.

Para lograr esto, el tipo de memoria que se emplea es la PROM que es el acrónimo de Programmable Read-Only Memory (ROM programable). Es una memoria digital donde el valor de cada bit depende del estado de un fusible (o antifusible), que puede ser quemado una sola vez. Por esto, la memoria puede ser programada (pueden ser escritos los datos) por única ocasión, a través de un dispositivo especial, un programador PROM.

La mayoría de los tags que se manejan en el mercado, tienen una memoria del tipo EEPROM, la cual mediante llaves de software pueden habilitarse como memorias de tipo WORM.

En cuanto a las memorias EEPROM (figura 3.2), son las siglas de Electrically-erasable programmable read-only memory (ROM programable y borrarse eléctricamente), es un tipo de memoria ROM que puede ser

programada, borrada y reprogramada eléctricamente, a diferencia de la EPROM que ha de borrarse mediante rayos ultravioletas. Tiene la ventaja de que puede ser leída un número ilimitado de veces, pero con el problema de que únicamente puede ser borrada y reprogramada entre 100,000 y 1,000,000 de veces. En otras ocasiones, se integra dentro de chips como microcontroladores y DSPs para obtener una mayor rapidez.

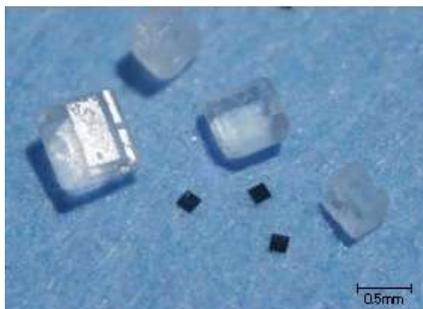


Figura 3.2.- Tags con memorias EEPROM habilitados como WORM.

En el caso de este proyecto, se puede implementar una memoria del tipo EEPROM, en donde una parte de la memoria del chip debe ser de tipo WORM ya que debe haber datos en el tag que no cambian, por ejemplo: el id del tag, el número de REPUVE y el VIN del automóvil. Otra parte de la memoria puede ser de tipo EEPROM y usarse para aplicaciones de algún estado o de la iniciativa privada que requieran guardar información en el tag.

3.2 Relación entre interoperabilidad y seguridad.

Para mantener una “Interoperabilidad” del Sistema, es necesario, la determinación de un estándar para el protocolo de comunicaciones en el aire y con las aplicaciones, es decir, contar con un Sistema “normalizado”. Para mantener una “Seguridad” del Sistema se requiere la creación de un mecanismo de validación electrónica del Transponder y de la información contenida en el mismo, esto es, la elaboración de un algoritmo de cifrado interno que sea registrado en la base de datos, que permita validar la autenticidad del transponder y por lo tanto, integrar una dualidad entre el identificador del mismo (ID Tag), el número del REPUVE (VIN) y algún registro de control en la base de datos (p.e. ID Field, counter, etc.) del que resulte un producto único, que sólo sea posible identificar y/o validar por este algoritmo de cifrado inscrito en el Sistema.

Bajo este mismo tenor, existen otros mecanismos de seguridad que deben de considerarse para el Transponder, los cuales son del tipo visual y de los materiales utilizados para su elaboración. Por ejemplo: debe de evaluarse el uso de hologramas, grabados con tintas de seguridad, marcas de agua, etc., para su diseño exterior, así como contar con claves de identificación visual cuando se requiera su validación sin el uso de lectoras portátiles,

esto es, estar relacionado el Transponder con los demás documentos del vehículo (Tarjeta de Circulación, Certificado documental del REPUVE, etc.). Ver figura 3.3.



Figura 3.3.- Interoperabilidad y seguridad del sistema.

La relación de los componentes de interoperabilidad y seguridad expresados anteriormente darán la fórmula adecuada para asegurar la adquisición del Sistema de Identificación y Control Vehicular con Tecnología RFID, por cada uno de los Estados de la República, promoviendo la participación libre y abierta, en igualdad de condiciones, para las diferentes empresas nacionales e internacionales interesadas en concursar y por otra parte, la seguridad de contar con un mecanismo de certificación y validación electrónico que permita legitimar físicamente al Transponder y la veracidad de la información contenida en el mismo.

3.3 Durabilidad de los componentes del sistema.

3.3.1 Transponder

Para los tags activos como el que se muestra en la figura 3.4, según información de proveedores de tecnología RFID activa en nuestro país, se estima un tiempo de entre 4 y 5 años transmitiendo a intervalos de 1.5 segundos, con mensajes clase 1-9 y 5 años a intervalos de 0.8 segundos, con clase 10.



Figura 3.4.- Transponder RFID con Tecnología Activa.

Para los tags pasivos, como se muestra en la figura 3.5, varía por fabricante, pero se estima según información de los proveedores de tecnología RFID en México, un tiempo de vida útil que va de 5 a 10 años, con un estimado de 100,000 ciclos de lectura y retención de datos superior a 10 años.

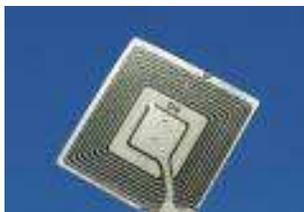


Figura 3.5.- Transponder RFID con Tecnología Pasiva.

3.3.2 Lector

El tiempo de vida en operación, depende de las características ambientales en que se encuentre expuesto, como la temperatura y la humedad relativa del lugar geográfico en que se decidió colocar, además de las políticas de mantenimiento que se le proporcione, como el período de supervisión, reemplazo de piezas y de la calidad de los servicios con que se cuente, así como una alimentación correctamente regulada.

La degradación de los componentes que lo integran, varía con la infinidad de modelos que existen actualmente en el mercado, ya que se puede tener el mismo sistema (operativamente hablando) con sus componentes (antena, lector cableado, etc.) conectados individualmente o un solo sistema que contiene todas las partes en un único bloque.

En la figura 3.6 se puede observar un conjunto de lectores para tecnología RFID.



Figura 3.6.- Ejemplo de lectores para RFID.

3.3.3 Back end (Base de datos)

El tiempo de vida de una base de datos, depende de la frecuencia con la que se estén haciendo operaciones de lectura y escritura en el sistema y de la cantidad de datos que estén almacenados en la base, ya que esto trae consigo un deterioro en la ocupación y en la fragmentación de todos los bloques que la componen; trayendo como consecuencia que el sistema sea más lento al realizar una consulta e incrementa el tiempo de respuesta en las transacciones realizadas.

En la figura 3.7, se puede ver los componentes de un Sistema RFID para control Vehicular y las interacciones con diversos dispositivos en donde las bases de datos de este sistema deben estar recibiendo mantenimiento.



Figura 3.7.- Componentes de un Sistema RFID para control vehicular.

Por todo lo mencionado anteriormente, es necesario dar mantenimiento constante a la base de datos para asegurar la integridad de la información contenida en ella, al mismo tiempo para garantizar un óptimo lapso de respuesta del sistema, al realizar consultas y grabado de información en la base; procurando respaldar la información de forma periódica para asegurar que no se tenga pérdida de la misma.

3.3.4 Front end (Aplicativo del sistema)

Los factores por los que podría variar la durabilidad de un sistema en marcha, serían el mantenimiento que se le preste a este, proceso mediante el cual le permite mejorar el aplicativo (si así lo consiente), como la solución de los posibles problemas o defectos que se pudiese presentar durante su operación. En la figura 3.8 se muestra la pantalla de unos de los aplicativos utilizados en la fase de prueba.

Las características con las que un sistema debe cumplir, para que su ciclo de vida sea largo son:

Robustez con que fue desarrollado, ya que si el sistema se comporta razonablemente bien en situaciones en las que no fueron especificadas por los requerimientos, pocas veces puede fallar.

Eficiencia, ya que un sistema se considera eficiente si no demanda demasiados recursos físicos de operación para ejecutar sus tareas. Dentro de las herramientas de medición de eficiencia se encuentran, el análisis de complejidad algorítmica, medición análisis y simulación.

Poca vulnerabilidad, ya que el sistema debe ser resistente a posibles ataques hacia el que afecten su estabilidad, debido a que todo sistema debe cumplir con tener mucha cohesión y poca dependencia de los módulos que lo componen para evitar posible pérdida de información del sistema, así como el funcionamiento en mayor porcentaje del mismo en caso de un ataque.

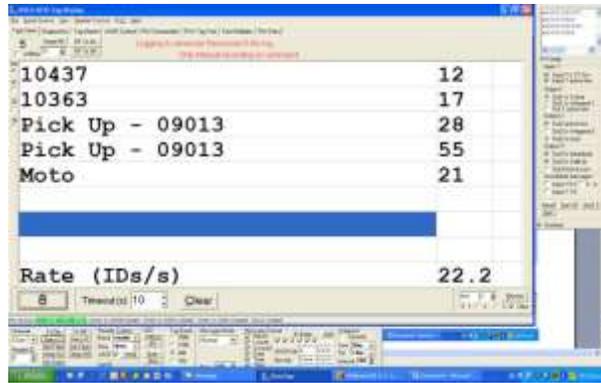


Figura 3.8.- Pantalla de visualización utilizada en las pruebas.

3.3.5 Middleware (Software entre el lector y el aplicativo)

El middleware es un componente importante para las aplicaciones de identificación RFID ya que es el encargado de filtrar, gestionar y consolidar los datos obtenidos por el lector hacia las aplicaciones que requieran de esta información. El tiempo de vida durante la operación del sistema depende mucho de la actualización que del proveedor de este software para corregir posibles fallas que se pudieran presentar durante el funcionamiento del mismo.

En la figura 3.9 se puede ver algunas funciones que un middleware puede realizar.

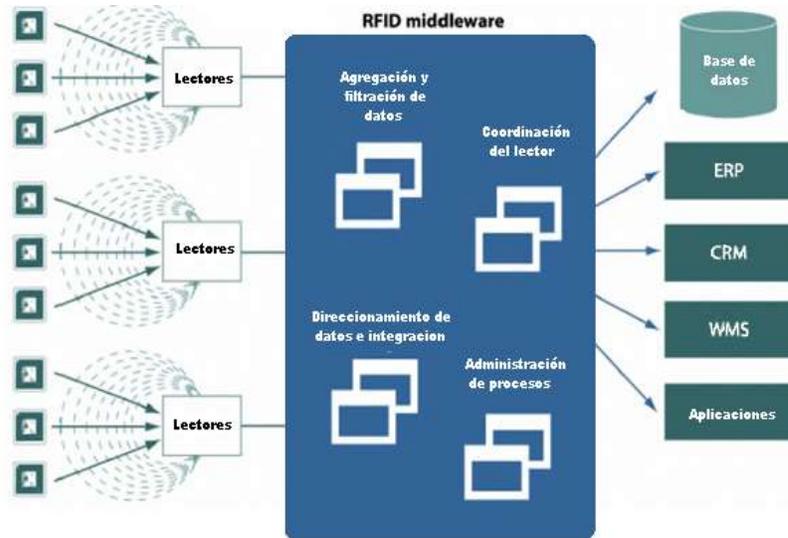


Figura 3.9.- Algunas funciones del Middleware.

3.4 Proceso de Evaluación de Tecnologías (pruebas)

Para poder recomendar la mejor solución tecnológica de un sistema que cumpliera con el Registro Publico Vehicular por medio de tecnología de radiofrecuencia, se realizaron una serie de actividades que ayudaron a definir la mejor tecnología para el proyecto.

Se realizaron pruebas y verificaciones en campo y en laboratorio a las opciones tecnológicas con el fin de evaluar el desempeño de la tecnología en aspectos de:

- Lecturas del tag a diversas velocidades.
- Lecturas del tag en condiciones estaticas.
- Lecturas del tag diversas distancias (tag-lector).
- Lectura de múltiples tags.
- Lectura con presencia de elementos de interferencia.
- Verificación Cumplimiento a regulaciones nacionales.
- Opciones de normalización.
- Arquitecturas de soluciones.
- Opciones de crecimiento.
- Análisis del desempeño esperado en la comunicación por radiofrecuencia.

3.4.1 Pruebas de lectura a velocidades superiores a 80km/h.

Las pruebas realizadas en un sitio abierto para verificar la identificación de autos circulando a velocidades constantes en el intervalo de 80km/h – 160km/h, éstas se llevaron a cabo en el Autódromo Hermanos Rodríguez ubicado en la Delegación Venustiano Carranza de la Ciudad Deportiva en la colonia Magdalena Mixhiuca.

3.4.1.1 Pruebas a la tecnología RFID pasiva

El protocolo de pruebas que se aplicó, es de acuerdo a los componentes que forman el sistema básico de la tecnología de RFID, que son lector, antena y etiqueta. Un diagrama a bloques que esquematiza dicho sistema se muestra en la figura 3.10.

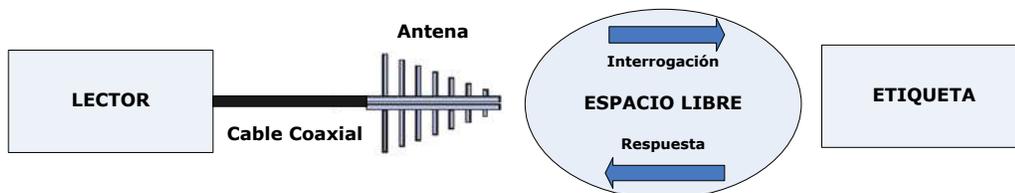


Figura 3.10.- Sistema básico de la tecnología RFID.

Los datos medidos para el control y caracterización de los componentes se presentan en las tablas 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 en donde se muestran las mediciones el tipo de parámetro a ser medido.

Tabla 3.1.- Parámetros para las lectoras.

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

Tabla 3.2.- Medición de parámetros para cable coaxial

Parámetro	Valor Nominal	Medida
Impedancia	50 Ohms	50 Ohms ± 2 Ohms
Pérdidas	0.1 dB/m	0.12 dB/m ± 0.02 dB/m

Tabla 3.3.- Medición de parámetros para antenas tipo parche.

Parámetro	Nominales	Medidos
Impedancia	50 Ohms	50 Ohms ± 2 Ohms
ROE, Relación de onda estacionaria	1.1	1.3 ± 0.3
Ganancia	12 dBi	12 dBi ± 2 dB

Tabla 3.4.- Medición de parámetros para antena tipo Yagi

Parámetro	Nominales	Medidos
Impedancia	50 Ohms	50 Ohms
ROE, Relación de onda estacionaria	1.1	1.3 ± 2
Ganancia	6 dBi	6 dBi ± 1 dB

La distribución de señal radioeléctrica en el área de detección es aleatoria por las reflexiones que generan múltiples trayectorias, esta distribución se muestra en las figuras 3.11 y 3.12:

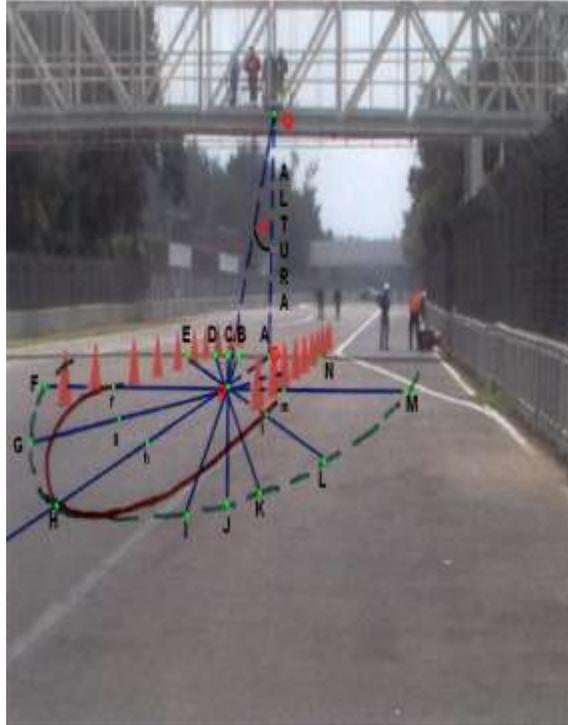


Figura 3.11.- Diagrama del área de detección de señal

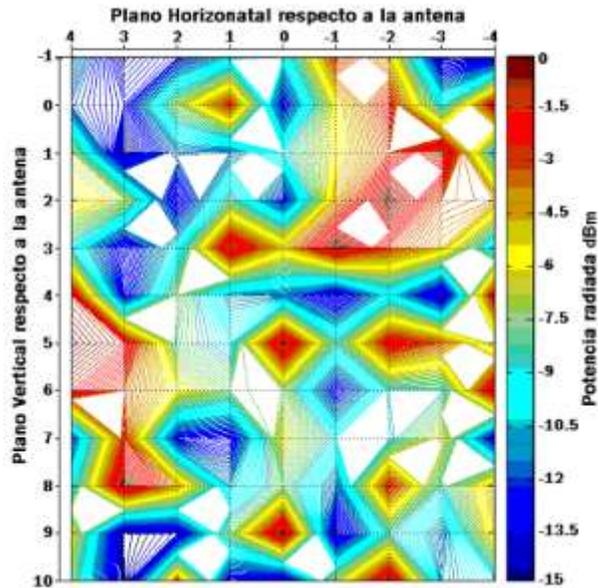


Figura 3.12.- Distribución de señal radioeléctrica en el área de detección.

Los resultados de respuesta a las velocidades se resumen en las tablas 3.5, 3.6, 3.7 y 3.8 que contienen las tablas correspondientes. Es importante observar que los porcentajes de éxito de lecturas se obtuvieron tomando en cuenta a todas las soluciones presentadas por todos los proveedores.

Tabla 3.5.- Resultados medidos a 120km/h de velocidad

VEHICULO	% de lecturas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHARGER 10362	100%	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10366	100%	√	√	√	√	x	√	√	√	√	√
PICK UP 09071	90%	√	√	√	√	√	√	√	x	√	√

Tabla 3.6.- Resultados medidos a 140km/h de velocidad

VEHICULO	% de lecturas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHARGER 10362	80%	√	√	√	√	¿	√	√	√	√	¿
CHARGER 10366	80%	√	√	√	√	¿	√	√	√	¿	√
PICK UP 09071	80%	√	√	√	√	√	√	¿	√	¿	√

Tabla 3.7.- Resultados medidos a 160 y 180km/h de velocidad.

VELOCIDAD		160km/h	180km/h
VEHICULO	% de lecturas	1	2
CHARGER 10362	70%	*√	*√
CHARGER 10366	70%	*√	*√
PICK UP 09071		NO SE REALIZO	NO SE REALIZO

Tabla 3.8.- Resultados medidos a 80km/h de velocidad.

VELOCIDAD 80km/h											
VEHICULO	TAG	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MOTO 3101D	100%	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
VELOCIDAD 120km/h											
MOTO 3101D	80%	√	√	√	√	√	√	√	√	¿	¿

3.4.1.2 Pruebas a la tecnología RFID activa

La tecnología RFID activa está formada por un lector y etiquetas que tienen una antena integrada. Por esta razón no se midieron las impedancias ni las potencias de salida de los transmisores/receptores. En este caso la etiqueta está alimentada por una batería conectada todo el tiempo, por lo que emite constantemente señal de radiofrecuencia y el lector es básicamente un receptor. Las mediciones del espectro de potencia emitido por las etiquetas activas a 433 MHz y 915 MHz se muestran en las figuras 3.13 y 3.14.

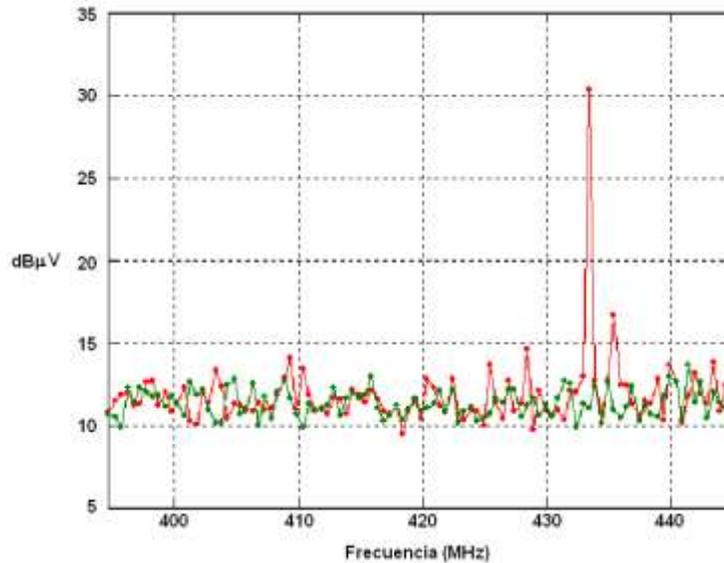


Figura 3.13- Medición del espectro para tag activo a 433 Mhz.

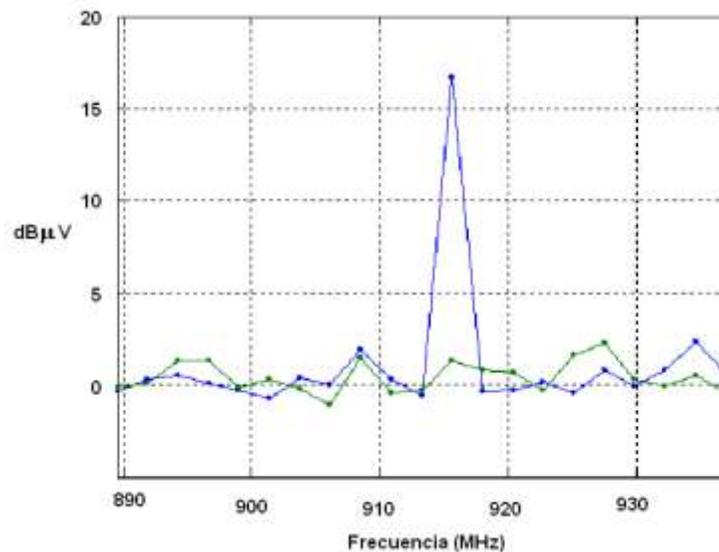


Figura 3.14.- Medición del espectro para tag activo a 915 Mhz.

En las tablas 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12 se muestran los resultados que se obtienen a diversas velocidades.

Tabla 3.9.- Resultados obtenidos a 80km/h de velocidad

VEHÍCULO	% de lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHARGER 10362	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10366	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10411	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tabla 3.10.- Resultados medidos a 120km/h de velocidad

VEHÍCULO	% de lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHARGER 10362	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10366	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10411	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tabla 3.11.- Resultados medidos a 140km/h de velocidad

VEHÍCULO	% de lectura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CHARGER 10362	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10366	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
CHARGER 10411	100	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

Tabla 3.12.- Resultados medidos a 160km/h de velocidad

VELOCIDAD		160km/h
VEHÍCULO	% de lectura	1
CHARGER 10428	100	√
CHARGER 10411	100	√

3.4.2 Pruebas de Lectura sin movimiento

A continuación se presenta un resumen de los resultados de las pruebas de funcionalidad de tecnologías RFID realizadas del 28 al 31 de mayo de 2007, en el Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México (ITESM-CCM).

El objetivo de las pruebas realizadas fue verificar el funcionamiento y factibilidad de uso de las tecnologías RFID en un registro vehicular. Para este fin se analizaron cuatro distintas soluciones, todas pasivas, recomendadas por cuatro distintos proveedores. Estos tuvieron a su cargo la instalación, el manejo y control de los equipos de identificación por radiofrecuencia.

- Solución A:
 - Lector: Infinity 510 SIRIT
 - Tag: IN33 The spyder RSI ID Technologies
- Solución B:
 - Lector: iPico IP-X UHF High Performance Integrated Reader
 - Tag: iPico IP-X Read/Write UHF RFID ENP Tag. Transparent, adhesive strip for windscreen.
- Solución C:
 - Lector: Encompass 6 Multi-Protocol
 - Tag: Super eGo Plus Sticker
- Solución D:
 - Lector: Neology RFID U514 Read System
 - Tag: Neology UHF RFID

Para cada solución se realizaron mediciones de las características de transmisión del sistema (potencia de transmisión, ganancia de la antena, etc.), así como medidas de desempeño (en términos de número de lecturas por segundo) con respecto a posición, distancia, y ángulo de rotación (vertical, horizontal, azimutal) del tag. Se hicieron mediciones de desempeño en presencia de interferencias de radiofrecuencia en la banda de operación del sistema y resultados obtenidos en escenarios en donde se quieren leer tres tags pegados en un parabrisas (agrupados vertical y horizontalmente).

Finalmente, se analizaron los efectos negativos que pueden tener en el desempeño del sistema diversos tipos de acciones llevadas a cabo por algún individuo como magnetizar, obstruir o arrancar un tag.

Los valores de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) utilizados por cada proveedor fueron los siguientes:

- Solución A: PIRE=39.15 dBm (3.15 dB por encima de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz).
- Solución B: PIRE= 35 dBm (dentro de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz).
- Solución C: PIRE= 42 dBm (6 dB por encima de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz).
- Solución D: PIRE= 44 dBm (8 dB por encima de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz).

La distancia de lectura del tag varía dependiendo de la potencia transmitida y de la inclinación de la antena. Sin embargo, en todas las mediciones se observaron distancias menores a las que típicamente reportan los fabricantes.

Aunque no se puede hacer comparaciones justas debido a que cada solución operó con potencias e inclinaciones de antena distintas, a continuación en la tabla 3.13 se presenta un cuadro con las distancias de lectura observadas en las pruebas de cada solución:

Tabla 3.13.- Distancias observadas en la lectura

Solución	Rango de distancias de lectura
A	1.8 – 8.5 metros *
B	0.75 – 4.25 metros
C	0.25 – 4.25 metros **
D	0.25 – 6.25 metros ***

Comentarios:

*PIRE 3.15 dB por encima de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz. Se debe esperar que la distancia máxima sea menor cuando el sistema opere bajo la norma.

**PIRE 6 dB por encima de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz. Se debe esperar que la distancia máxima sea menor cuando el sistema opere bajo la norma.

***PIRE 8 dB por encima de la norma establecida por COFETEL para la banda ISM de 902-928 MHz. Se debe esperar que la distancia máxima sea menor cuando el sistema opere bajo la norma.

Se muestra también en la tabla 3.14 el cuadro con los ángulos de rotación que ocasionan cero lecturas por segundo:

Tabla 3.14.- Ángulos de rotación que ocasionan lectura cero.

Solución	Ángulo de rotación horizontal	Ángulo de rotación vertical	Ángulo de rotación azimutal
A	60 grados	60 grados	90 grados
B	25 grados	Ninguno	90 grados
C	70 grados	Ninguno	90 grados
D	40 grados	90 grados	45 grados

En la tabla 3.15 se muestran los porcentajes de reducción del número promedio de lecturas por segundo. Este porcentaje de reducción (aproximado) del número promedio de lecturas por segundo es ocasionado a las distintas interferencias de RF (porcentaje con respecto al número de lecturas promedio obtenido en ambiente sin interferencia):

Tabla 3.15.- Porcentajes de reducción en las lecturas.

Solución	Tono	Barrido de tonos	FM	Barrido FM
A	60%, SIR=-3 50%, SIR=0 30%, SIR=3	60%, SIR=-3 50%, SIR=0 30%, SIR=3	60%, SIR=-3 50%, SIR=0 30%, SIR=3	60%, SIR=-3 50%, SIR=0 30%, SIR=3
B	99%, SIR=-3 96%, SIR=0 89%, SIR=3	88%, SIR=-3 80%, SIR=0 70%, SIR=3	99%, SIR=-3 96%, SIR=0 89%, SIR=3	88%, SIR=-3 80%, SIR=0 70%, SIR=3
C	1%, SIR=-3 2.5%, SIR=0 2.5%, SIR=3	1%, SIR=-3 3%, SIR=0 8.8%, SIR=3	1%, SIR=-3 1.5%, SIR=0 1.5%, SIR=3	9%, SIR=-3 9%, SIR=0 9%, SIR=3
D	30%, SIR=-3 30%, SIR=0 30%, SIR=3	44%, SIR=-3 43%, SIR=0 11%, SIR=3	75%, SIR=-3 75%, SIR=0 75%, SIR=3	63%, SIR=-3 63%, SIR=0 63%, SIR=3

Las lecturas con múltiples tags pegados en el parabrisas, se muestran en la tabla 3.16, se considera para cada uno de los tags alineados en forma horizontal o vertical, el porcentaje de reducción del número promedio de lecturas por segundo con respecto a los valores de lecturas que se obtienen cuando hay un solo tag pegado en el parabrisas en ambientes sin interferencias.

Tabla 3.16.- Lecturas con múltiples tags pegados en el parabrisas.

Solución	Tags alineados verticalmente	Tags alineados horizontalmente
A	59%, tag superior 0%, tag central 89.6%, tag inferior	0%, tag izquierdo 56%, tag central 0%, tag derecho
B	36%, tag superior 33%, tag central 100%, tag inferior	20.5%, tag izquierdo 20.5%, tag central 23%, tag derecho
C	7%, tag superior 0%, tag central 0%, tag inferior	0%, tag izquierdo 0%, tag central 0%, tag derecho
D	99%, tag superior 100%, tag central 91%, tag inferior	70%, tag izquierdo 92%, tag central 44.5%, tag derecho

Todas las soluciones probadas fallaron cuando se colocó un imán o una lata de aluminio detrás o frente a la etiqueta.

Las mediciones realizadas en este protocolo de pruebas son estáticas, es decir, la distancia entre la lectora y el tag es constante y por lo tanto los resultados consideran casos ideales.

Un auto permanece en la huella de transmisión de una lectora un intervalo de tiempo mucho menor a 1 segundo por lo que, si en escenarios estáticos el sistema genera valores de lecturas por segundo marginales (cerca de cero), seguramente este sistema fallará cuando el tag esté montado en un auto en movimiento.

3.4.3 Pruebas a velocidades menores a 80 km/h

En el Instituto Politécnico Nacional se llevaron a cabo pruebas de campo a seis sistemas de la tecnología RFID para analizar su aplicación al registro y control vehicular. Cuatro de dichos sistemas fueron de tecnología pasiva y dos de tecnología activa.

Pruebas de campo:

Las pruebas de campo consistieron en:

Tecnología RFID pasiva

- Identificación de vehículos a velocidades de 40 km/h y 60 km/h.
- Distribución de la señal radioeléctrica en la zona de iluminación de antena transmisora (lector o etiqueta).
- Funcionalidad de las etiquetas pasivas de acuerdo al ángulo de inclinación en el parabrisas.

- Funcionalidad frente a condiciones destructivas.

Tecnología RFID activa

- Identificación de vehículos a velocidades de 40 km/h y 60 km/h.
- Cobertura.

Pruebas de campo de la tecnología RFID se realizaron en un estacionamiento de la Unidad Adolfo López Mateos del Instituto Politécnico Nacional. El estacionamiento que se ubica en el CIDETEC, tiene una vía libre de aproximadamente 110 m de longitud, donde se alcanzaron las velocidades de 40 km/h y 60km/h. Una fotografía del sitio se muestra en la figura 3.15.



Figura 3.15.- Sitio de pruebas de campo de la tecnología RFID en el IPN.

3.4.3.1 Resultados de las pruebas de la tecnología pasiva.

Identificación de vehículos: Los vehículos se hicieron pasar diez veces dentro de la zona iluminada por la antena del lector de la tecnología RFID. Los cuatro sistemas que se instalaron leyeron las etiquetas tanto a 40km/h como a 60 km/h. En el primer caso se tuvieron repeticiones de lecturas de la etiqueta máximas de 104 y mínimas de 32; en el segundo caso las repeticiones de lecturas máximas fueron de 82 y mínimas de 20. Esto permite concluir que el número de lecturas disminuye conforme aumenta la velocidad.

Distribución de la señal radioeléctrica: La zona iluminada por la antena de las lectoras de la tecnología de RFID se midió con un radiorreceptor y un analizador de espectros, los resultados promedio así como el esquema de medición se muestran en la figura 3.16.

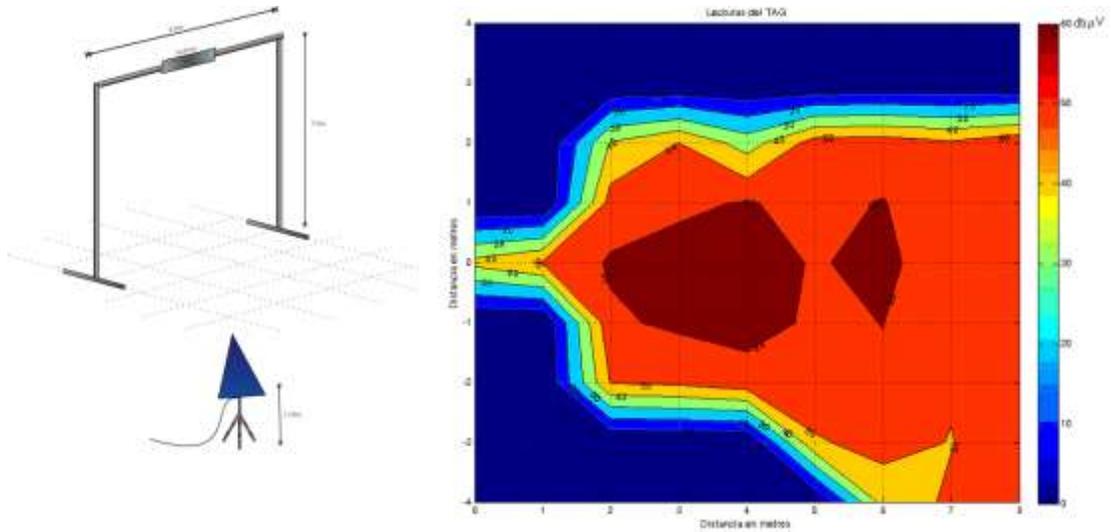
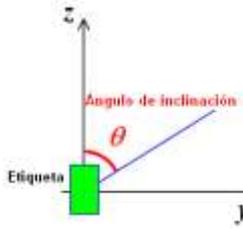


Figura 3.16.- Distribución de la señal radioeléctrica y su esquema de medición.

Funcionalidad de las etiquetas pasivas de acuerdo al ángulo de inclinación: Para esta prueba se giro la etiqueta hacia la derecha y hacia la izquierda tomado como referencia la posición horizontal. Los resultados se dan para los ángulos a partir de los cuales se pueden asegurar lecturas, ver tabla 3.17.

Tabla 3.17.- Lecturas en diferentes ángulos de inclinación.



Sistema	Grados
1	15°
2	75°
3	45°
4	60°

Funcionalidad a pruebas destructivas: Las etiquetas se despegaron del parabrisas y se volvieron a pegar, en general los cuatro sistemas no presentaron falla. Una de las pruebas destructivas que se realizó, solo a un sistema, fue la de seccionar la etiqueta (antena) con una navaja haciendo una ranura de aproximadamente un milímetro, esta etiqueta se podía leer si se cambiaba de posición.

3.4.3.2 Pruebas con la tecnología RFID activa

Identificación de vehículos a velocidades de 40 km/h y 60 km/h: Esta prueba se realizó haciendo circular un vehículo diez veces una trayectoria

aproximadamente 100 metros, la antena se fijo a dos metros del carril de circulación y en todos los casos se tuvo éxito de lectura. Los proveedores no proporcionaron el número de lecturas.

Cobertura: Esta prueba se realizó retirando el lector, en línea recta respecto a la antena receptora teniendo una altura de 3.5 metros, la distancia máxima a la cual se obtuvieron lecturas fue de 60 metros.

3.4.4 Pruebas de laboratorio

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Instrumentación Electrónica de la Sección de Estudios de Posgrado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica del IPN.

Las pruebas de laboratorio consistieron en:

Tecnología RFID pasiva

- Potencia radiada dentro de una cámara anecóica.
- Funcionalidad de la etiqueta pasiva respecto al ángulo del azimut
- Funcionalidad respecto a una señal interferente.

Tecnología RFID activa

- Potencia radiada por la etiqueta.
- Funcionalidad respecto a señal interferente.

3.4.4.1 Resultados de las pruebas de la tecnología pasiva.

Potencia radiada dentro de una cámara anecóica: Se midió con una analizador de señales R&S FSIQ3 dentro de una cámara anecóica, en la cual no se tiene reflexiones. Los resultados de la potencia radiada se muestran en la tabla 3.18.

Tabla 3.18.- Potencia radiada dentro de una cámara anecóica

Sistema	Potencia Radiada
1	4.2 Watts
2	4 Watts
3	8.3 Watts
4	3.85 Watts

Funcionalidad de las etiquetas pasivas de acuerdo al ángulo del azimut: Para esta prueba se giró la etiqueta hacia la derecha y hacia la izquierda tomado como referencia la posición vertical (90°). Los resultados se dan para los ángulos a partir de los cuales se pueden asegurar lecturas, los resultados se muestran en la tabla 3.19.

Tabla 3.19.- Diferentes ángulos de Azimut



Sistema	Grados
1	45°
2	65°
3	45°
4	75°

Funcionalidad respecto a una señal interferente:

En esta prueba se emitió una señal dirigida hacia la etiqueta con frecuencia igual a la de las portadoras de sistema de RFID (915 MHz), la separación entre fuente interferente y etiqueta fue de 2.5 metros. Para esto se utilizó un generador de radiofrecuencia con opción de modulación en AM y FM; una antena semi-logarítmica con ganancia de 5 dBi, factor de antena de 27 dB/m. El cable coaxial usado presentó una pérdida de 3dB. Los niveles de campo eléctrico que mostraron un bloqueo a la respuesta de identificación de la etiqueta (número de lecturas) se muestran en la tabla 3.20.

Tabla 3.20.- Señal interferente

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

3.4.4.2 Tecnología RFID activa

Para la tecnología RFID activa se probaron dos sistemas uno a 915 MHz y otro a 433 MHz, los cuales se sometieron a pruebas de alcance, potencia isotrópica radiada emitida por la etiqueta y nivel de campo eléctrico al cual pueden ser interferidos. Los resultados se muestran en las tablas 3.21 y 3.22

Tabla 3.21.- Potencia isotrópica radiada para cada sistema.

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

Tabla 3.22.- Señal interferente

Sistema	Campo Eléctrico
1	$83.8dB\mu V/m$
2	$83.5dB\mu V/m$

3.5 Sistema de Soporte a Toma de decisiones

El análisis de las distintas tecnologías para el registro público vehicular se ha circunscrito a los tags pasivos y activos. Se abordó una primera etapa consistente en la descripción de las terminologías, destacando las características de cada una de ellas; ahora bien, contando con esta de información ¿Cuál de estas tecnologías es la más conveniente? La respuesta a esta interrogante está fuertemente vinculada con lo que se espera de ella y con la valoración de las variables tecnológicas en función de los resultados esperados y obtenidos.

Se han establecido cinco características deseables en la solución:

- Que sea una tecnología robusta.- Esto es, que no falle, que dure y que no sea vulnerable a condiciones ambientales y a daño o influencias externas.
- Que sea segura.- Que minimice la posibilidad de clonar los dispositivos, de copiar la información, de modificarla y de intervenir o bloquear su operación.
- Que se base en estándares.- Esto es, que permita la participación abierta del mercado en proveer los elementos y medios tecnológicos para su establecimiento y permita asimismo, la integración de las soluciones que cada entidad desarrolle para potenciar su uso.
- Que sea económica.- Esto es, que dentro de las distintas alternativas se considere la mejor relación beneficio-costos.
- Que cumpla con la funcionalidad requerida.- Esto es, que sea útil para los objetivos de la Ley del Registro Vehicular y contribuya a la seguridad de las personas y su patrimonio.

La selección de una solución tecnológica particular, como la mejor solución al problema del registro, depende de los objetivos de este y de sus bondades, así como las restricciones de la tecnología.

Una solución que pueda satisfacer tanto los propósitos como las condiciones o restricciones del problema podría recibir el nombre de una solución óptima. Esto es claro en problemas determinísticos y cuantitativos, no así cuando se trata de preferencias o calificaciones subjetivas dadas a los distintos factores que entran en juego a juicio de los involucrados en la solución, como es el caso.

Desde el siglo XVI con Newton y Leibnitz las matemáticas han contribuido a la solución de problemas donde existen una serie de combinaciones posibles para seleccionar de ellas la mejor. El cálculo diferencial e integral resolvió muchos de estos problemas de “optimización” pero al mismo tiempo eran herramientas limitadas para resolver problemas que involucran un número significativo de variables, que tienen que considerar en forma simultánea restricciones y por la dificultad de disponer de “funciones”

operadas con el cálculo diferencial e integral que modelaran o representaran adecuadamente el comportamiento de la realidad.

Durante la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron diversas técnicas de “optimización” para la toma de decisiones ante muchas posibles combinaciones, todas estas técnicas se agruparon dentro de lo se denominó la “investigación de operaciones”, campo de las matemáticas aplicadas que establecían procedimientos para modelar y converger rápidamente a las soluciones óptimas.

Con el desarrollo de las computadoras se impulsó más rápidamente el álgebra lineal con la que fue posible representar más fácilmente diferentes fenómenos por complejos que éstos fueran, perdiendo terreno el cálculo diferencial e integral para la solución de problemas de optimización; en un cierto sentido podría decirse que lo digital sustituyo a lo analógico. La evolución del cómputo electrónico ha permitido el desarrollo de herramientas que conjuntan distintas técnicas matemáticas y de decisiones facilitando con ello la selección de soluciones óptimas, acompañadas del análisis de sensibilidad; impacto que se tiene en los resultados al cambiar valores o comportamientos en las variables involucradas.

Estos sistemas de apoyo para la toma de decisiones se les ha llamado de diferente manera: “análisis en las decisiones multi-criterios”, “Decisión Multiobjetivo” y otros.

3.5.1 Criterios

Para la evaluación de las tecnologías el Sistema Nacional de Seguridad Pública estableció que:

“LA UNAM deberá proveer de elementos para soportar la toma de decisiones por el Ejecutivo Federal en materia de características del sistema de identificación vehicular basado en tecnología RFID, que deberá poner en marcha en todo el país. Para hacerlo, desarrollará un esquema basado en análisis de criterio múltiple con las variaciones de tecnología como alternativas de elección y una serie de criterios como determinantes de la evaluación.”

Se considerarán al menos cada uno de los siguientes criterios:

- Casos de éxito de la tecnología en la operación de sistemas de identificación y control de parques vehiculares en gran escala;
- Confiabilidad y desempeño de los sistemas de control vehicular con tecnología RFID (verificada a través de pruebas de laboratorio, de campo y simulaciones);
- Resistencia a condiciones de operación extremas (verificada a través de pruebas de laboratorio, de campo y simulaciones) incluyendo resistencia al calor, al frío, a la lluvia, a la humedad y a otros factores, así como a factores externos como vibración y sustancias químicas;
- Interferencias con los elementos del sistema RFID provenientes del

entorno resultantes de la naturaleza y las generadas por el hombre (verificada a través de pruebas de laboratorio, de campo y simulaciones);

- Problemas de compatibilidad operativa con los sistemas de los vehículos existentes en el país o que se conozca se comercializarán en el futuro;
- Grados de seguridad de la información;
- Riesgos de falsificación de las etiquetas de identificación vehicular RFID;
- Mecanismos tamper-proof;
- Posibilidad de que pueda ser anulado uno o más elementos del sistema de identificación vehicular RFID;
- Investigación de mercado a nivel internacional;
- Costo de una unidad de engomado autoadherible con tag RFID, en sus distintas modalidades;
- Costo de una unidad escritora de tags RFID, en sus distintas modalidades;
- Costo de una unidad lectora de tags RFID portátil, en sus distintas modalidades;
- Costo de una unidad lectora de tags RFID montable en vehículo;
- Costo de una unidad lectora de tags RFID de antena;
- Costo integral (incluyendo red de comunicación adicional a la ya existente en la Red Nacional de Telecomunicaciones del SNSP y a la que resultará de la puesta en marcha de la Plataforma México) del sistema de identificación vehicular RFID del REPUVE, incluyendo adquisición, implantación, mantenimiento y en su obra civil, así como aquellos relativos a la reposición de las tags RFID, por agotamiento de la batería (en el caso de las tags activos por ejemplo);
- Capacidad de que los componentes sean producidos en masa en periodos de tiempo apropiados (ver parámetros de evaluación);
- Relación costo/beneficio;
- Interoperabilidad entre etiquetas, escritoras, lectoras, antenas y procesadores de información, fabricados por diferentes marcas;
- Posibilidad de ser “secuestrado” por una compañía o proveedor en el proceso;
- Viabilidad de generar un sistema abierto de proveedores;
- Eficacia en la instrumentación y operación a nivel nacional de un sistema de identificación vehicular RFID en sus distintas modalidades, considerando los factores que pueden incidir en la misma;
- Capacidad para correlacionarse con e integrarse a los sistemas existentes al seno del Sistema Nacional de Seguridad Pública;
- Impacto sobre objetivos de seguridad pública;
- Vida futura de la tecnología; y
- Escalabilidad de la tecnología.

3.5.2 Pesos relativos de criterios

Preparación a través de un esquema de proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), preferentemente en Expert Choice 2000, programa compatible o alguna otra opción de software “freeware”.

La recomposición del problema en la estructura jerárquica será discutida con el personal del Sistema Nacional de Seguridad Pública.

Cada una de las alternativas de sistema de identificación vehicular basado en las distintas modalidades de tecnología RFID serán evaluadas conforme a los criterios utilizados en el proceso en una escala numérica (no nominal) estandarizada (de 0 a 1, 0 a 10 ó 0 a 100) documentando claramente la razón por la cual en cada caso recibe el valor correspondiente.

3.5.3 Identificación del Problema

Es la situación que se desea resolver mediante la selección de una de las alternativas de las que se dispone o la priorización (ranking) de ellas.

Dichas alternativas serán comparadas unas con otras mediante la evaluación de criterios establecidos que permitan conocer los pros y los contras incorporados en cada una de ellas.

Normalmente se requiere invertir varias horas para identificar el problema real y principal, lo cual puede darse después de una serie de discusiones en las que se han listado muchos problemas y es necesario priorizarlos y decidir cuál se seleccionará para su análisis.

Ejemplo:

La decisión a la que se enfrenta el Secretario Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública para seleccionar la mejor tecnología para el registro público vehicular.

Definición del Objetivo

Un objetivo es una dirección identificada para mejorar una situación existente. El objetivo está en un nivel independiente y los otros elementos de la jerarquía que serán los sub-objetivos o criterios, sub-criterios y alternativas apuntan en conjunto a la consecución del mismo.

Hay objetivos de largo, mediano y corto plazo y esta diferenciación influirá directamente en la construcción del modelo jerárquico.

El objetivo u objetivos serán establecidos por el grupo decisor involucrado. Vale la pena tener en cuenta que la definición de objetivos puede de ser una tarea difícil porque algunas veces serán contrapuestos entre las personas. No obstante, los objetivos determinados finalmente deben representar las necesidades e intereses generales.

Ejemplo:

Se desea contar con un medio o dispositivo seguro de RFID que permita registrar y automatizar la identificación de vehículos. Luego entonces, el objetivo es evaluar y seleccionar la mejor tecnología para este propósito.

3.5.4 Identificación de Criterios

Son las dimensiones relevantes que afectan significativamente a los objetivos y deben expresar las preferencias de los implicados en la toma de decisión.

Se deben incluir aspectos vitales cuantitativos y cualitativos a tener en cuenta en la toma de decisión. Normalmente hay aspectos cualitativos que pueden incidir fuertemente en la decisión, pero que no son incorporados debido a su complejidad para definirles algún esquema de medición que revele su grado de aporte en el proceso de toma de decisión.

Ejemplo: los criterios a calificar que corresponden a los atributos deseables para la solución tecnológica del registro vehicular así como los sub-criterios que le dan concreción son:

3.5.5 Variables que determinan las Características.

Para el Registro Público Federal las variables que determinan las características de la tecnología RFID son las siguientes:

3.5.5.1 Efectividad.

“Que sea una tecnología robusta, probadamente buena, no susceptible a fallas, inafectable, con el soporte y capacidad del fabricante necesarios para las exigencias del proyecto.”

- Tag estático
 - Antena lectora –Intensidad del campo radiado: especificación vs medida.
- Antena lectora – Cobertura: especificación vs. Medida.
 - Tag –Intensidad del campo electromagnético radiado: especificación vs medida.
- Tag – Cobertura: especificación vs. Medida.
 - Interferencias en el dispositivo (inmunidad a campos electromagnéticos radiados).
- Bloqueo o interferencias en la lectura del tag.
- Interferencias del sistema de RFID a sistemas de los vehículos.
- Lecturas en condiciones de humedad.
- Distancia máxima de identificación de la señal por la antena lectora; medición de sensibilidad.

- Capacidad de lectura y escritura.
- Capacidad de encriptación.
- Colisiones; interferencia por la presencia de múltiples Tags.
- Tag en movimiento.
- Lectura efectiva en el carril a varias velocidades con Tag en el parabrisas.
- Lectura en varios ángulos del plano del tag con el plano de la antena Lectora.
- Colisiones; interferencia por la presencia de múltiples Tags.
- Casos de éxito internacional (experiencia en el uso de la tecnología)
- Evaluación de proveedores (capacidad de producción, oportunidad, soporte)

3.5.5.2 Seguridad

“Que la tecnología minimice la posibilidad de tener acceso a la información, a la reproducción de dispositivos y a la inhibición de su operación con fines ilícitos.”

Seguridad física.

- Susceptibilidad del Tag a ser afectado físicamente por uso
- Susceptibilidad del Tag a ser afectado físicamente por vandalismo
- Susceptibilidad a fallas por instalación inadecuada del Tag.

Seguridad lógica.

- Susceptibilidad del Tag a ser leído.
- Susceptibilidad del Tag a ser clonable.
- Susceptibilidad del Tag a ser simulado (Para reproducir su información con otro dispositivo y usarla en otro vehículo).
- Susceptibilidad de intervención en las radiocomunicaciones Tag – Antena.
- Potencialidad a una reversión del uso del Tag a favor de la delincuencia.

3.5.5.3 Normalización

“Que la tecnología cumpla con estándares que permitan abrir el mercado a diferentes proveedores en diferentes componentes, facilite la interoperabilidad entre sistemas y su integración a otras aplicaciones.”

- Cumplimiento de las normas internacionales (EPC Gen2 e ISO 18000-6C).
- Cumplimiento de normas de calidad.

- Frecuencia de operación acorde con normas de COFETEL.
- Interoperabilidad.

3.5.5.4 Costo

“Que el costo sea el menor posible para que en combinación con los beneficios la tecnología se obtenga la mejor relación beneficio costo.”

- Costo
- Infraestructura.
- Antenas lectoras.
- Tags.
- Aplicaciones.
- Costo de oportunidad (tiempos de fabricación y entrega).
- Asimilación comercial de la solución para la expansión de infraestructura.

3.5.5.5 Funcionalidad

“Que la tecnología sirva para asegurar la operación del registro público vehicular y otorgue seguridad pública y jurídica en los actos que se realicen con vehículos.”

- Capacidad para cumplir con el Registro.
- Capacidad para aplicaciones de seguridad.
- Portabilidad de lectoras por policías.
- Portabilidad de lectoras en patrullas.
- Camuflaje
- Capacidad para aplicaciones de gobiernos locales.
- Control de infracciones.
- Control de pago de tenencias.
- Control de verificación de emisiones.
- Control de rutas concesionadas o de servicios: (Recolección de basura, vigilancia, rutas de autobuses)
- Presencia futura y estabilidad de la tecnología.
- Escalabilidad de la tecnología (aprovechamiento de infraestructura e información en actualizaciones tecnológicas).

3.6 Identificación de Alternativas.

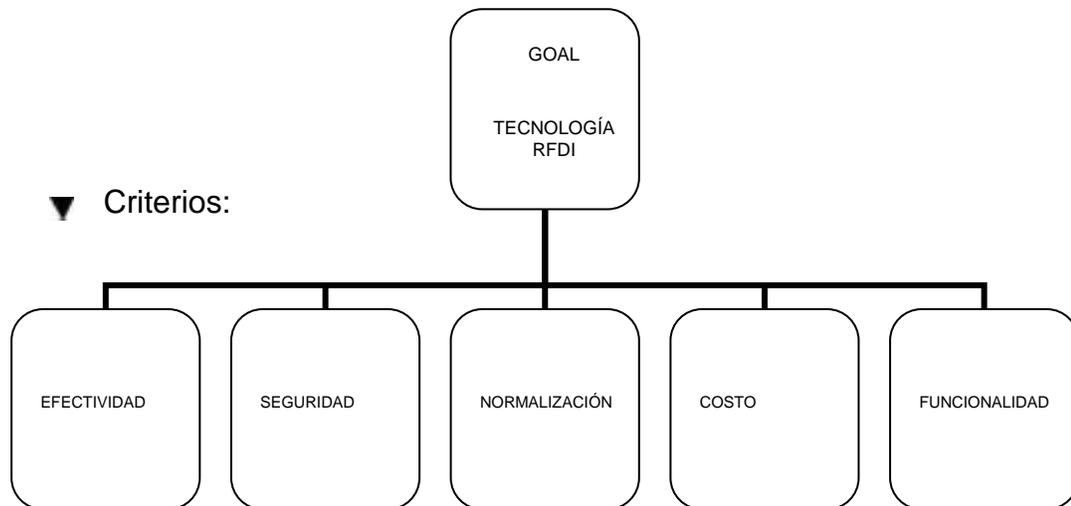
Corresponden a propuestas factibles mediante las cuales se podrá alcanzar el objetivo general. Cada una de las alternativas presenta características con pro y contras.

Ejemplo:

En este caso, las alternativas tecnológicas de RFID que se han considerado corresponden a Tags pasivos y activos; dentro de estos, existen características que son relevantes para efectos de dar satisfacción a la solución necesaria, como es el caso del cumplimiento de normas internacionales que permitan inducir la participación de proveedores en el mercado nacional e internacional; las distintas frecuencias en que operan nuestros sistemas y sus relación con las normas de radiocomunicaciones emitidas por la Cofetel, el costo, las medidas de seguridad y sobre todo que den solución a las distintas funcionalidad deseadas (ver figura 3.17).

Cuando se construye la Jerarquía, se puede hacer de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba.

La construcción de arriba hacia abajo se inicia con la identificación de los criterios globales, es decir desde lo más general hasta lo más particular. De esta manera, todos los aspectos generales recopilados en la definición del problema están presentes en ese primer nivel a manera de criterios.



Alternativas:

Tags pasivos.

Tags activos.

Figura 3.17.- Modelo Jerárquico para seleccionar mejor tecnología RFID.

Cada criterio identificado debe ir acompañado de una descripción de lo que significa. Si se requiere, de los criterios pueden desprenderse sub-criterios. Estos últimos deben guardar una relación jerárquica con el criterio del que se desprenden.

En la construcción de abajo hacia arriba el proceso se desarrolla a la inversa. Primero se generan todas las características que permiten diferenciar entre las alternativas y posteriormente se construye el modelo jerárquico agrupando aquellas características que mantienen un factor común a manera de criterios o sub-criterios, según sea el caso, hasta llegar al objetivo general.

El sentido en que se comienza a construir va a depender de los datos disponibles e inclusive del grupo decisor. Si en la elaboración están definidas las alternativas y se conocen sus pros y contras, se puede iniciar el modelo de abajo hacia arriba. En caso contrario, se recomienda iniciar desde arriba hacia abajo, puesto que es un enfoque para situaciones de planeación estratégica en donde los objetivos están más claros que las alternativas.

3.7 Selección de la Medida.

Antes de continuar con el tema de la evaluación del modelo, vale la pena precisar sobre un concepto relevante del Método AHP: La Medida.

Los seres humanos utilizan en su vida diaria una serie de escalas de medición con unidades como: kilómetros, litros, horas, grados, kilos, etc. Además por la percepción se pueden reconocer otras características de las cosas que están alrededor: Olor, Textura, etc.

El AHP permite justamente incorporar factores cualitativos y cuantitativos a tener en cuenta para dar solución a un problema, para que luego las personas determinen sus preferencias por medio de juicios. El AHP representa esos juicios por medio de números, generando una escala de medida.

A través de una secuencia matemática, el AHP sintetiza los juicios y entrega un resultado.

Las dos clases de medida que se pueden utilizar en el AHP son medida relativa y medida absoluta. Inclusive se puede hacer una combinación de ambas.

La medida relativa

- Esta se utiliza cuando el número de alternativas es hasta de 7.
- En esta medida, el modelo se evalúa por medio de comparaciones entre criterios, subcriterios y las alternativas. Estas últimas se comparan frente a un tercer elemento común para ambas.
- Una vez evaluado todo el modelo, la medida relativa entrega las alternativas priorizadas de la mejor a la peor.

La medida absoluta.

- Con la medida absoluta se pueden manejar decenas y/o cientos de alternativas (porque las alternativas no se comparan unas con otras como sí sucede en la medida relativa).
- Consiste en comparar alternativas contra un estándar. Esta escala suele usarse cuando se están resolviendo problemas de selección de personal, priorización de proyectos, evaluación de proyectos de investigación, entre otros.

Cuando se utiliza el módulo Ratings, el modelo se construye igual que en la medida relativa: meta, criterios, sub-criterios. La diferencia consiste en que no se incluyen las alternativas en el modelo. En lugar de alternativas, se generan escalas (cuantitativas o cualitativas) para cada uno de los criterios. Por ejemplo, si existe un criterio: aptitud, la escala para ese criterio puede corresponder a: apto, moderadamente apto, no apto. Y así se deben generar escalas para todos los criterios.

Estas escalas, dependiendo de los criterios, deben ser construidas por los expertos y/o conocedores del área en cuestión (aspectos financieros, económicos, de mercadeo, biofísicos, infraestructura, sociales, culturales, entre otros).

Seguidamente se inician las comparaciones de a pares para conocer las preferencias (los pesos) entre los criterios, sub-criterios y las escalas. De esa forma se obtiene un estándar, contra el cual se evaluará en forma independiente cada una de las alternativas (nótese que las alternativas se evalúan una a una y no de 'a pares' como en medida relativa).

A cada alternativa le corresponderá un puntaje, lo cual generará al final un ranking para el total de ellas, mostrando una lista de la mejor hasta la peor.

Vale la pena aclarar que no debe escogerse obligatoriamente el uso de este enfoque solamente porque el problema incluya una gran cantidad de alternativas.

3.8 Evaluación del modelo

En la evaluación se examinan los elementos del problema aisladamente por medio de comparaciones de a pares. Las evaluaciones o juicios son emitidos por cada analista o grupo de interés.

De esta forma, el éxito en esta etapa dependerá de la inclusión de los grupos de interés o decisores (en el documento se hace referencia a actores) que se verán representados en el modelo construido y podrán evaluar el modelo consensuado de acuerdo con sus intereses y necesidades propios.

Los pasos a seguir para la evaluación de los componentes del modelo jerárquico son:

- Establecimiento de las Prioridades
- Emisión de Juicios y Evaluaciones

Establecimiento de las Prioridades

Una vez se defina el Modelo Jerárquico se determina la importancia relativa de sus partes. Para facilitar el proceso de asignación de juicios y evaluaciones se recomienda priorizar previamente los elementos del modelo.

Ejemplo:

En el caso de las variables o criterios relevantes para calificar soluciones RFID de del registro vehicular se establecieron:

- Efectividad
- Seguridad
- Normalización
- Costo
- Funcionalidad

Emisión de juicios y las evaluaciones

Los juicios son la base del proceso llevado a cabo por AHP. Los juicios pueden estar guiados por información científica, técnica y la dada por la experiencia y conocimientos del grupo decisor útiles para evaluar los diferentes componentes del Modelo. Es esta situación lo que hace al AHP diferente a otros métodos, puesto que dentro de la evaluación del modelo se toman en cuenta los juicios, que en este caso son las opiniones de cada uno de los individuos y/o grupos de interés involucrados en la toma de decisión.

Esta evaluación se realiza por medio de comparaciones binarias (de a pares) frente a un tercer elemento; permite conocer y medir las preferencias de los individuos o grupos de interés (actores) respecto a los diferentes componentes del modelo (criterios, sub-criterios, alternativas).

Cada persona expresa su preferencia haciendo la pregunta apropiada mediante los términos Importancia, Preferencia o probabilidad, asignando un valor numérico, el cual se mide la intensidad de su preferencia.

El AHP dispone de una escala creada por el propio Saaty que mide los juicios emitidos por el grupo decisor (Ver tabla 3.23).

Este paso de la emisión de juicios consiste en que:

- Para cada elemento “e” de un nivel de la jerarquía, se comparan de ‘a pares’ de elementos del nivel inmediatamente inferior, con respecto de su influencia en “e”. Luego se debe encontrar el vector propio asociado al mayor valor propio de la matriz de comparación ‘a pares’:

En Vector propio: Ranking u orden de prioridad Valor Propio: Medida de la consistencia del juicio.

Tabla 3.23.- Escala de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1.0	Ambos elementos son de igual importancia.	Ambos elementos contribuyen en igual forma.
3.0	Moderada importancia de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio favorece a un elemento por sobre el otro.
5.0	Fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7.0	Muy fuerte importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy fuertemente dominante.
9.0	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido, por lo menos con un orden de magnitud de diferencia.
2.0,4.0,6.0,8.0	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Usados como valores de consenso entre dos juicios.
Incrementos de 0.1	Valores intermedios en la graduación más fina de 0.1 (Por ejemplo 5.2 es una entrada válida).	Usados para graduaciones más finas de los juicios.

En la matriz presentada arriba se encuentra la tabla de preferencias para el nivel del Modelo referente a criterios. Se muestra el total de comparaciones que deben realizarse de acuerdo con la tabla 3.24 (con el supuesto de que el modelo tiene 4 criterios C1, C2, C3 y C4).

Tabla 3.24.-Preferencias para el nivel del modelo

Criterios	C1	C2	C3	C4
C1	C1/C1	C1/C2	C1/C3	C1/C4
C2	C2/C1	C2/C2	C2/C3	C2/C4
C3	C3/C1	C3/C2	C3/C3	C3/C4
C4	C4/C1	C4/C2	C4/C3	C4/C4

Por lo tanto a cada posición (celda) de la matriz le corresponderá uno de los valores de la escala de Saaty.

Nótese que:

La comparación del elemento consigo mismo da un valor de 1. (C1/C1, C2/C2, C3/C3, C4/C4).

Las comparaciones ubicadas al lado izquierdo de las sombreadas, tienen una intensidad de preferencia inversa a las ubicadas al lado derecho de las sombreadas. (Axioma No. 1 del AHP referente a reciprocidad).

El proceso se repite hasta agotar todas las comparaciones de los componentes del Modelo (criterios, subcriterios y alternativas).

Las prioridades se ubican en la parte derecha de la matriz y son calculadas por el software para el usuario. Inclusive cuando se digita el valor numérico de un juicio, él automáticamente incorpora el recíproco en la posición (celda) de la matriz que corresponda.

“Las prioridades son rangos numéricos medidos en una escala de razón. Una escala de razón es un conjunto de números positivos cuyas relaciones se mantienen igual si se multiplica todos los números por un número arbitrario positivo. El objeto de la evaluación es emitir juicios concernientes a la importancia relativa de los elementos de la jerarquía para crear escalas de prioridad de influencia” (Thomas Saaty, 1998).

Adicionalmente el AHP muestra las inconsistencias resultantes de los juicios y el valor máximo que las mejoraría. Puede darse por ejemplo, por falta de información de alguno de los actores frente a la evaluación en cuestión y/o por error al tabular el dato de la evaluación. Se considera que un índice de inconsistencia es alto cuando supera el 0.10.

No obstante, si se revisa el juicio y no hay error, no se debe cambiar el juicio para lograr mayor consistencia, puesto que esto no significará mayor precisión.

Esta razón de consistencia la obtiene el programa al comparar la inconsistencia del total de opiniones en esa matriz, con la que se obtendría si los juicios fueran dados de forma aleatoria desde la escala.

La calidad del resultado final dependerá de la fidelidad y rigurosidad con la cual el modelo representa la complejidad del problema en cuestión.

Si la información de apoyo, que se tiene en cuenta para hacer la evaluación no es fidedigna o no se cuenta con expertos o conocedores de los diferentes aspectos de la situación, que por medio de sus conocimientos o experiencias conozcan el problema o no hubo representatividad de los actores afectados o interesados, los resultados no van a ser los mejores.

3.10 Resultados

A continuación se presenta el ejercicio desarrollado con la herramienta de Expert Choice considerando lo siguiente:

- En el ejercicio participó el equipo técnico asigando de la FI de la UNAM.
- Se ponderó la participación de cada miembro del grupo.
- Se incorporaron y calificaron los criterios y subcriterios, mismos que fueron definidos bajo la consideración axiomática del método.
- El resultado final y los resultados parciales se presentan a continuación:

En la figura 3.18, la grafica nos va indicando los resultados parciales de cada subcriterio. En el primer nivel de la jerarquía se muestran los criterios al lado izquierdo y conforman el objetivo. Los valores que resultaron se observan entre paréntesis y representan el 'peso' de cada criterio; arriba a la derecha se muestra el resultado final obtenido

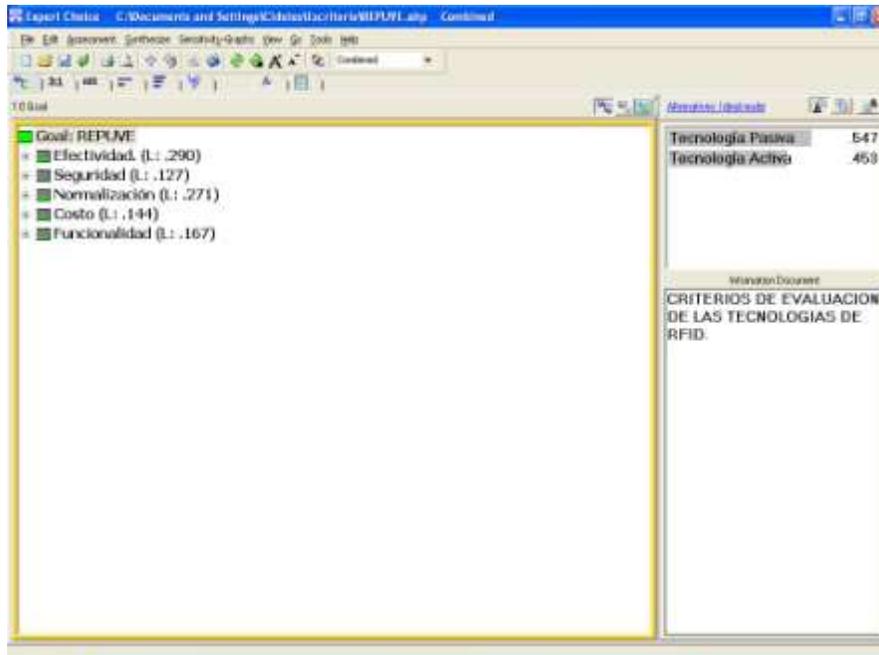


Figura 3.18.- Grafica de criterios y resultados parciales

En la figura 3.19, se nos muestra la ponderación de los criterios y el resultado parcial por criterios.

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular

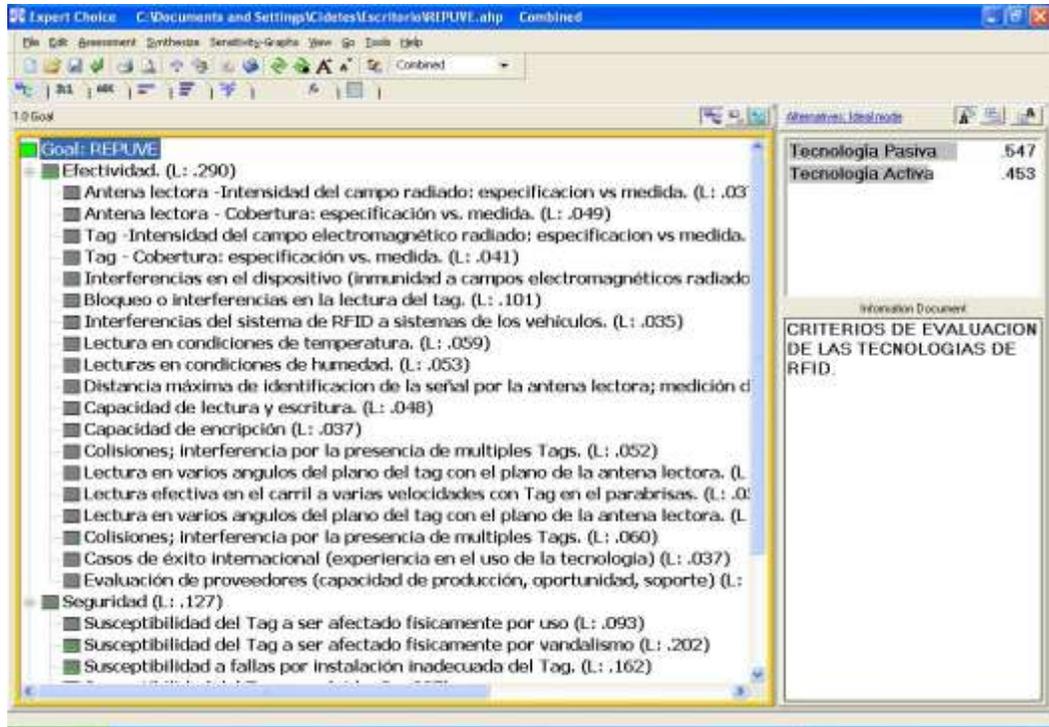


Figura 3.19.- Resultado parcial por criterio.

Al hacer la combinación, el software calcula una tabla de comparaciones que exprese una opinión general de los participantes, en la gráfica 3.20 se muestra la comparación de las alternativas respecto a cada uno de los criterios.

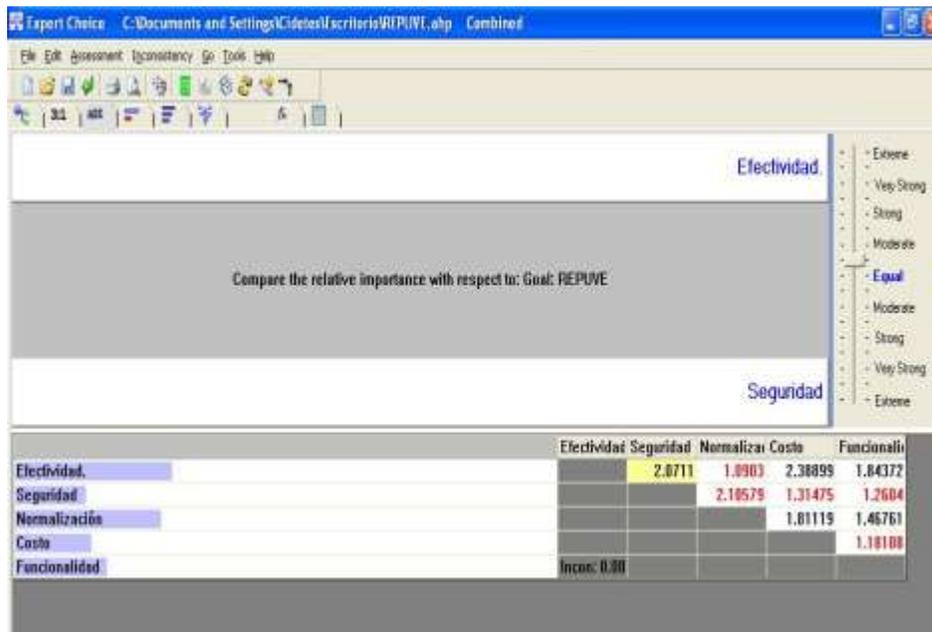


Figura 3.20.- Comparación de criterios.

En la figura 3.21 se muestran cuatro gráficas de sensibilidad. Nos permiten conocer como cambiaría la tendencia de nuestra decisión si cambiáramos nuestra ponderación. Se puede modificar algunos valores y ver en las 4 gráficas como repercute el cambio.

Gráfica superior izquierda. Esta gráfica nos va indicando los resultados parciales de cada subcriterio.

Gráfica superior derecha. Esta gráfica nos muestra la ponderación de los criterios y el resultado final.

Gráfica inferior izquierda. Esta gráfica nos muestra una comparación de las alternativas respecto a cada uno de los criterios.

Gráfica inferior derecha. Esta gráfica nos muestra cara a cara las alternativas con las que trabajamos y nos indica a cuál de ellas favorece cada criterio así como en qué medida lo hace.

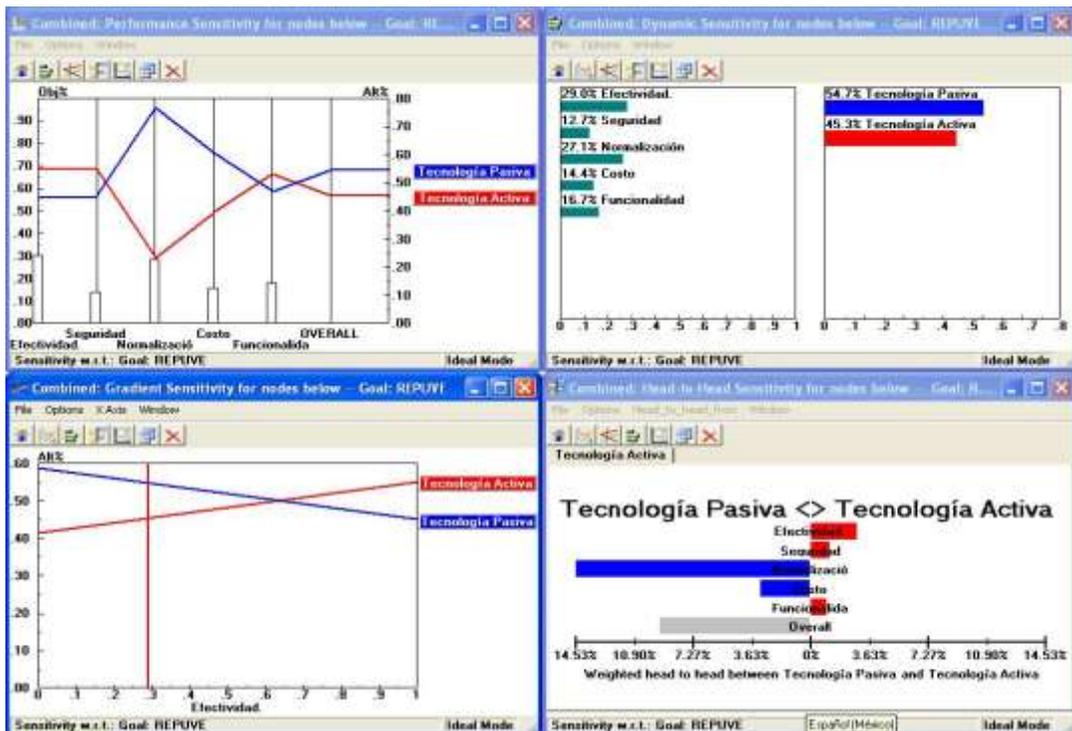


Figura 3.21.- Gráficas de sensibilidad

Una vez realizada la totalidad de comparaciones se obtiene el resultado final consensuado: ordenamiento de las alternativas. Este resultado está basado entonces, en las prioridades, en la emisión de juicios y evaluación hecha a través de las comparaciones de los componentes del modelo jerárquico, llevada a cabo por los actores.

El resultado final del ejemplo, basado en un análisis completo de las distintas alternativas para seleccionar el mejor local disponible fue el siguiente:

ALTERNATIVA A: TECNOLOGÍA PASIVA: 0.547

ALTERNATIVA B: TECNOLOGÍA ACTIVA: 0.453

El índice de inconsistencia estuvo por debajo del 0.10, que lo hace aceptable.

Síntesis

El AHP logra combinar todos los juicios u opiniones en un todo en el cual las alternativas quedan organizadas desde la mejor hasta la peor.

El AHP permite entonces, deducir los pesos que reflejan las percepciones y valores propuestos con mucha precisión. Las prioridades deducidas para cada faceta del complejo problema que está en estudio serán sintetizadas para obtener prioridades generales y una ordenación de las alternativas.

Análisis de Sensibilidad

Este análisis permite visualizar y analizar la sensibilidad del resultado (ordenación de las alternativas) respecto de posibles cambios en la importancia de los criterios (supuestos).

Por ejemplo: ¿qué pasaría si, al criterio 1 le doy más/menos importancia que la dada en la evaluación? ¿Esta situación modifica el ordenamiento de las alternativas obtenido en el resultado final?

Habrán procesos de toma de decisión en los que se requiere volver a aplicar el AHP en un corto o mediano plazo porque son procesos dinámicos que requieren ser revisados y ajustados en el tiempo porque su entorno está en continuo cambio.

3.11 Hojas de trabajo del ejercicio desarrollado.

Se realizó el ejercicio de evaluación entre los principales participantes del proyecto, cada participante tuvo un peso en esta decisión de acuerdo al grado en que haya estado involucrado en las pruebas y en el proyecto.

En la realización de este ejercicio participaron:

- Alberto Lepe
- Raúl Jara
- Luis Vera
- Ramón Garza
- Jaime Plancarte
- Abundio Rodríguez
- Omar Soto
- Pedro Pérez

En las figuras 3.22, 3.23, 3.24, 3.25, 3.26, 3.27, 3.28, 3.29, 3.30 y 3.31 se muestran las pantallas con los resultados de la evaluación realizada por parte de los principales participantes y el resultado Final combinando las evaluaciones individuales.

ID	PersonName	Combined	Email	Participating	Eval	Location	Weight	Keysaid	Wave	Password	ProjectStatus	EvalCluster	Organization	LastChange
0	CIDETES	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			15							31/07/2007 07:07:42 p.m.
1	Combined	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>										31/07/2007 07:09:50 p.m.
4	alope	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			30	4	1	11PL:1P1w				31/07/2007 07:03:29 p.m.
5	raul	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			40	5	1	11PL:508H				19/07/2007 02:37:37 p.m.
6	luis	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			30	6	1	11PL:024H				26/07/2007 05:26:29 p.m.
7	ramon	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			10	7	1	11P2:080v				20/07/2007 12:50:18 p.m.
8	jara	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			20	8	1	11P1P				19/07/2007 09:01:05 p.m.
9	abundio	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			20	9	1	11P2:FBH				19/07/2007 06:28:42 p.m.
10	osae	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			15	10	1	11P1P				26/07/2007 06:29:59 p.m.

Figura 3.22.- Pantalla con los resultados de cada uno de los participantes.

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular

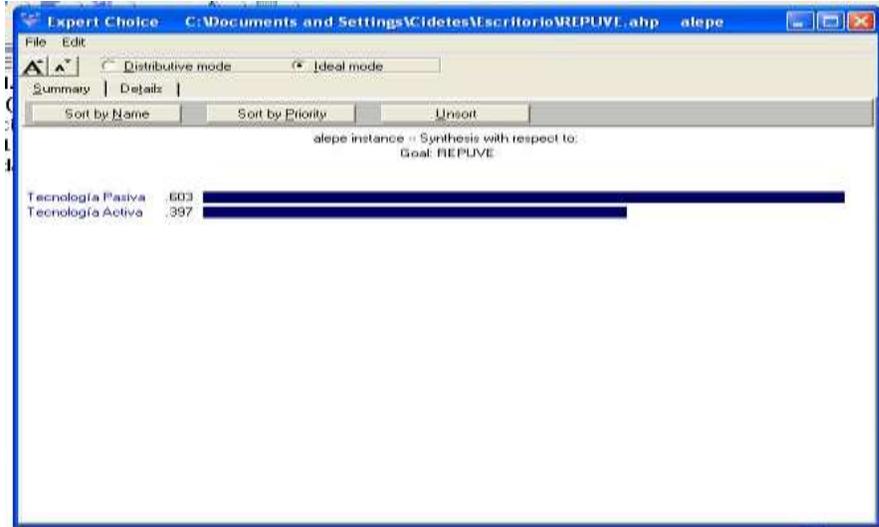


Figura 3.23.- Pantalla con los resultados de Alberto Lepe.



Figura 3.24.- Pantalla con los resultados de Raúl Jara.

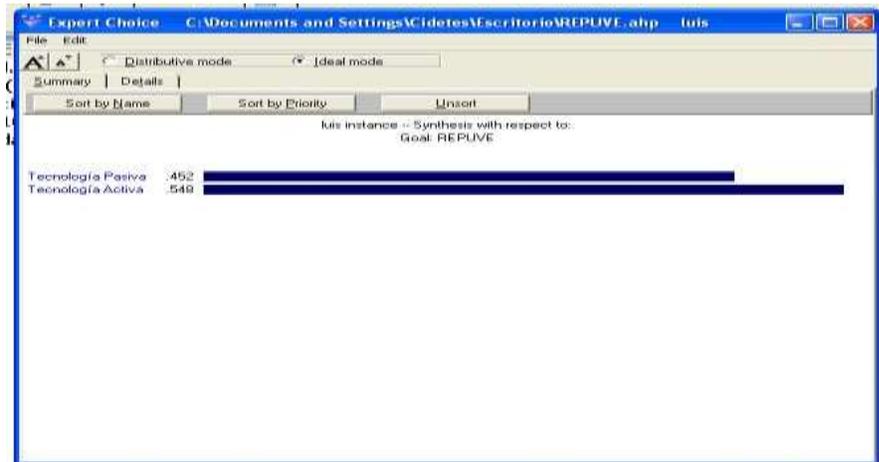


Figura 3.25.- Pantalla con los resultados de Luis Vera.

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular



Figura 3.26.- Pantalla con los resultados de Ramón Garza.

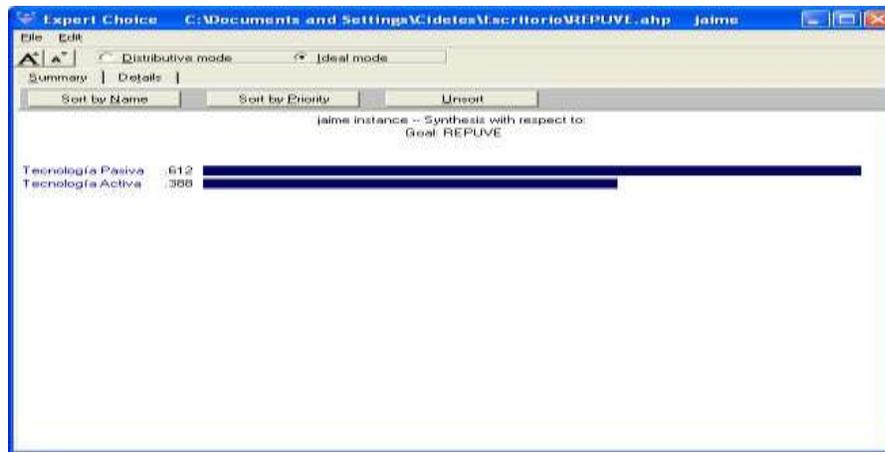


Figura 3.27.- Pantalla con los resultados de Jaime Plancarte.



Figura 3.28- Pantalla con los resultados de Abundio Rodríguez.

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular



Figura 3.29.- Pantalla con los resultados de Omar Soto.

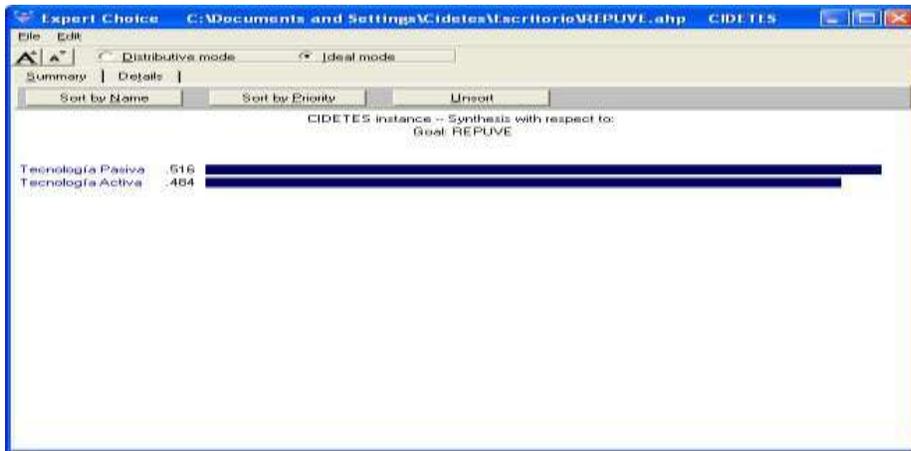


Figura 3.30.- Pantalla con los resultados de Pedro Pérez.

RESULTADO FINAL COMBINADO:



Figura 3.31.- Pantalla con los resultados combinados de los evaluadores.

4.- Conclusiones.

4.1 Del Objetivo.

De acuerdo a las pruebas realizadas se pudo observar que la tecnología RFID para la identificación vehicular es factible a velocidades de 80Km/h - 160Km/h.

Para la tecnología pasiva se especificó que su alcance típico es entre cuatro y siete metros con una cobertura acorde con las dimensiones normalizadas de un carril de carretera. Los resultados indican que es factible implementar tecnología RFID pasiva en el sistema de registro y control vehicular.

Durante las pruebas se obtuvieron distancias de lectura iguales o mayores a las especificadas por los proveedores. Esto se debió a que los sistemas utilizados presentaban potencias mayores a las que se especifican en las normas internacionales para las bandas de frecuencia no licenciadas de 860MHz - 960MHz (>4W PIRE).

La propagación de las ondas electromagnéticas emitidas por la lectora en el ambiente del sitio de pruebas donde se realizaron las mediciones presenta reflexiones generando multitrayectorias de forma aleatoria. Este fenómeno limita el alcance entre etiqueta y lector.

Un análisis de propagación considerando la aleatoriedad de las trayectorias es el que se muestra en la Figura 3.16, el cual da la idea de la distribución de señales emitidas por el lector, por lo que la probabilidad de lecturas hasta una distancia de 10m entre el lector y la etiqueta es alta, esto puede asegurarse si la sensibilidad del circuito integrado de la etiqueta es de -15dBm o la potencia del lector se aumenta como lo permite la FCC-90 en EE.UU.

Un problema crítico que se observó en las mediciones fue la colocación de la etiqueta en el parabrisas de los vehículos, por lo que para hacer un despliegue de esta tecnología en el registro vehicular se debe elaborar un procedimiento de instalación que se aplique de forma rigurosa.

De acuerdo a los resultados de las pruebas, la tecnología RFID activa es factible para el registro vehicular. El alcance de esta tecnología es mayor a 50 m y no requiere de línea de vista. Esto se debe a que los receptores de esta tecnología son de alta sensibilidad (>-75 dBm). Una desventaja de esta alta sensibilidad es que hace a los receptores altamente susceptibles a las interferencias electromagnéticas, sobre todo en un ambiente tan hostil de alto tránsito vehicular.

Como cualquier sistema de radiocomunicación, uno de sus problemas básicos que les afecta es la interferencia electromagnética, en este caso las

etiquetas de tecnología activa son más sensibles a interferencias que los de la tecnología pasiva en un promedio de 10dB, lo que implica que pueden ser bloqueadas para no identificar la etiqueta y además no requieren de fuentes interferentes direccionales.

4.2 Sobre la Tecnología RFID.

Como conclusión general, la Tecnología RFID pasiva, para los requerimientos de identificación vehicular es adecuada, sobre todo con la estructura de instalación que se utilizó para las pruebas. Es robusta a interferencias y tiene una cobertura que cumple con las expectativas de la Secretaría de Seguridad Pública. La tecnología RFID activas tiene muchas ventajas respecto a la pasiva pero su costo es mayor un promedio de diez veces, sin embargo, para solo la aplicación de identificación vehicular se desaprovecharían muchas funciones, utilizando aproximadamente un 2% de toda su potencialidad.

4.3 Personales.

La experiencia adquirida durante la ejecución de este proyecto permite un mejor entendimiento sobre la Tecnología RFID y los potenciales problemas que se pueden encontrar desde la fabricación de una etiqueta de RFID y hasta la implantación de un Sistema, esta situación hace que se tenga cuidado con la definición de varias características y especificaciones técnicas, por lo que se genera un conjunto de recomendaciones para los componentes de la etiqueta.

El diseño de un sistema público basado en RFID siempre debe atender las normas internacionales, para asegurar la integración, interoperabilidad y compatibilidad de los componentes del sistema y así evitar una decisión de carácter nacional que podría crear una solución monopólica.

En aspectos de seguridad, para cualquier sistema que maneje información es indispensable conocer los puntos vulnerables ante ataques accidentales o deliberados, se debe mantener una estrategia de prevención y anticipación contra éstos ataques.

La implantación de un sistema de identificación y control para vehículos basado en RFID es factible, en aspectos de costos es recomendable realizarlo a través de etiquetas RFID pasivas, el éxito de este proyecto recae en la construcción de determinadas aplicaciones que ayuden a masificar su uso y en la decisión de una estrategia adecuada de difusión.

Existe un gran nicho de oportunidad para que las universidades puedan orientar los alumnos sobre proyectos de investigación y desarrollo tecnológico basados en RFID y en lo particular a soluciones de identificación vehicular como: Control de acceso, peaje electrónico, control de estacionamientos, parquímetros, infracciones, parques vehicular, control de emisiones, entre otros.

5.- Recomendaciones.

5.1 En materia de identificación por radiofrecuencia.

De acuerdo al estudio, análisis e investigación así como pruebas realizadas en laboratorios y campo, se recomienda para el sistema del Registro Público Vehicular integrar una solución de identificación por radiofrecuencia pasiva que opere conforme a estándares nacionales e internacionales.

Los componentes básicos que se integrarán al sistema son la etiqueta de identificación por radio frecuencia y unidades lectoras conectadas a la red de bases de datos del REPUVE.

5.1.1 La etiqueta de identificación

La etiqueta de identificación por radiofrecuencia consta de un circuito integrado, una antena y el engomado o calcomanía. Estos componentes deberán tener las siguientes características:

5.1.2 El circuito integrado (CI)

- Conformidad certificada con el estándar ISO/IEC 18000-6C.
- Frecuencia de operación optimizada en banda de 902 a 928 MHz.
- Protocolo anticolidión: Random Slotted.
- Detección de errores CRC de 16 bits.
- Organización de la memoria en cuatro bancos distintos:
 - Banco 00 Reserved
 - Banco 01 UII
 - Banco 10 TID
 - Banco 11 User
- Capacidad mínima de memoria de 456 bits, con la siguiente distribución:
 - Kill password 32 bits
 - Access password 32 bits
 - CRC-16 16 bits
 - PC 16 bits
 - UII 96 bits
 - TID 64 bits
 - User 200 bits
 - Mecanismo de bloqueo permanente de escritura en memoria.
- Sensibilidad mínima de -15dBm.
- Retención de datos de 10 años como mínimo.
- Temperatura de operación de -20 a +85° C.
- Temperatura de almacenamiento de -20 a +85° C.
- Operación hasta con el 85% de humedad no condensada.
- Robustez contra descargas electrostáticas mínima de 2.5 kV.

- Protección contra rayos UV.

El fabricante del CI acreditará las características del circuito integrado y recomendará las prácticas de manejo en el proceso de fabricación de la etiqueta.

5.1.3 La antena

- Optimizada para aprovechar las características dieléctricas del parabrisas de un automóvil.
- Optimizada para reducir la sensibilidad de las características de la antena a la proximidad de objetos situados en el campo cercano de ésta.
- El diseño de la antena será de uso exclusivo y tendrá características que distingan fácilmente la etiqueta REPUVE.
- Optimizada para la operación en la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz.
- Desarrollada con materiales de propiedades físicas y eléctricas estables que eviten se degrade su desempeño con el tiempo.
- El fabricante acreditará que el proceso de fabricación de la antena garantiza la uniformidad del espesor y características eléctricas de la antena.
- Su impedancia debe acoplarse a la impedancia de salida del CI.
- Diseñada con una polarización optimizada para asegurar lecturas a una distancia igual o mayor a 5.5 mts. con una potencia de emisión del lector a 4w PIRE.
- El patrón de radiación de la antena debe presentar un mínimo de nulos.
- El fabricante de la antena debe recomendar materiales de la etiqueta que no afecten el desempeño de la antena.
- El fabricante de la antena debe recomendar el encapsulado y los materiales para su uso en motocicletas y remolques.
- El sustrato deberá satisfacer las siguientes recomendaciones:
 - Los materiales del sustrato deben evitar el opacamiento, amarillamiento, resquebrajamiento o deformaciones bajo la exposición continua y prolongada a rayos UV y cambios de temperaturas.
 - El material debe ser flexible para su fácil instalación.
 - Pueda recibir tintas y adhesivos.
 - La dilatación del sustrato debe ser acorde con la antena, con el fin de garantizar el desempeño durante la vida esperada de la etiqueta de identificación por radiofrecuencia.
 - No debe disminuir las propiedades óptimas de funcionalidades del CI aún bajo condiciones hostiles de temperatura y humedad.

- Vida estimada de al menos 10 años.
- Resistente a humedad y temperatura en los mismos rangos del CI.

5.1.4 Calcomanía REPUVE.

La calcomanía REPUVE será un diseño estándar a nivel nacional y deberá ajustarse a las dimensiones y características del diseño de la etiqueta de identificación por radiofrecuencia.

Además deberá de cumplir con las siguientes características:

- Se destruya al intentar ser removido, inutilizando el funcionamiento del CI.
- Debe tener elementos que permitan una autenticación visual de la etiqueta como impresión a varias tintas, en todos los casos la observación debe ser simple y no debe ser afectada por los diferentes grosores, ni curvaturas del parabrisas.
- Base holográfica intransferible con sello de violación.
- Montado en un documento de forma continua cuidando no dañar a la etiqueta de identificación por radiofrecuencia.
- Con folio de control.
- Las tintas y diseño deben seleccionarse para evitar el descoloramiento, opacamiento, resquebrajamiento bajo exposición continua a la luz solar.
- Resistente a golpes, humedad y temperatura en los mismos rangos que el CI.
- Diseñado para evitar deformaciones con los cambios de temperatura.
- No deben disminuir las propiedades óptimas de funcionalidades del CI aún bajo condiciones hostiles de temperatura y humedad.
- Vida estimada de al menos 10 años.
- Los adhesivos deberán satisfacer las recomendaciones del fabricante de la etiqueta de identificación por radiofrecuencia.
- El fabricante deberá acreditar el tiempo de caducidad de los adhesivos en la etiqueta una vez que hayan sido instalados, o bien mientras se encuentren almacenados.

5.1.5 Para las lectoras de radiofrecuencia.

- Las etiquetas podrán ser identificadas por unidades de lectura fija, portátil, móvil y de escritorio.
- En todos los casos las unidades lectoras soportarán el protocolo definido en la norma ISO/IEC 18000-6C.
- La banda de frecuencia de operación será de 902 a 928 MHz

- Con fundamento en el Acuerdo de la SCT del 13 de Marzo del 2006 sobre los Servicios de Banda Ancha, la combinación de transceptor/antena tendrá como máximo 4 Watts de potencia isotrópica radiada equivalente.
- La ganancia de la antena no deberá sobrepasar los 6 dBi.
- Deberá contar con conexiones de red (Ethernet, WiFi, GPRS, etc.). El tipo de conexión dependerá de las aplicaciones.

5.1.6 Lectoras fijas

Son transmisores/receptores que procesan la información de la etiqueta, estas pueden ser instaladas en estructuras urbanas como postes, arcos, puentes, o semáforos y leer la etiqueta de identificación de un vehículo a distancias moderadas.

Estas podrán ser utilizadas para identificar autos que transiten a velocidades reglamentarias sin necesidad de instalar retenes o reductores de velocidad.

Capaces de usar distintos tipos de antenas de acuerdo a la aplicación.

Configurables local y remotamente.

Robustas, capaces de operar a la intemperie y con baja supervisión.

Deberán tener facilidades para supervisión y diagnóstico.

Los sistemas fijos del transmisor de la lectora deberán tener capacidad de control de potencia. Esto es importante para poder contrarrestar cualquier tipo de pérdida de potencia ocasionada por cables, conectores y desacoplamiento con la antena para garantizar los 4 Watts PIRE.

El proveedor deberá especificar condiciones de instalación y protección de los equipos.

El cable coaxial requerido para la conexión antena-lectora fija deberá contar con las siguientes características:

- Doble blindaje.
- Impedancia característica de 50 Ohms.
- Conectores tipo "N" macho.
- Pérdida igual o menor que 0.1 dB/m.

Para las antenas de este tipo de lectoras se debe de atender lo siguiente:

- Banda de frecuencia de operación optimizada para 902 a 928 MHz.
- Impedancia nominal para la banda de frecuencia de operación 50 Ohms
- Ganancia máxima de 6 dBi
- Relación de voltaje de onda estacionaria (VSWR) menor o igual a 1.5:1 en el intervalo de la frecuencia de operación

- Conector hembra de RF tipo “N”.
- Robustez a condiciones ambientales capaces de operar a la intemperie y con mínimo requerimientos de mantenimiento.
- Potencia máxima de entrada de 50 Watts.

5.1.7 Lectora/grabadora de escritorio

Esta unidad tiene como funcionalidad principal escribir y verificar los datos que contendrán las etiquetas. Son de corto alcance (menor a un metro) que se utilizarán en oficinas autorizadas para emitir etiquetas del registro vehicular.

Deberán tener facilidades para supervisión y diagnóstico.

El proveedor deberá especificar condiciones de instalación y protección de los equipos.

5.1.8 Lectoras portátiles

Son transmisores/receptores que procesan la información de la etiqueta y que permitirán a los elementos autorizados leer la información de las etiquetas a corta distancia, Son de tamaño pequeño y operan con baterías.

Las lectoras portátiles deberán ser robustas capaces de operar a la intemperie y con bajo mantenimiento.

Deberán tener facilidades para supervisión y diagnóstico.

El proveedor deberá especificar condiciones de operación y protección de los equipos.

5.2 Recomendaciones Generales.

Es recomendación que además de las especificaciones antes mencionadas, se tome en cuenta lo siguiente:

- Se recomienda que la adquisición de la etiqueta de identificación por radiofrecuencia se realice de manera integrada (circuito integrado y antena) a fin de asegurar un buen desempeño.
- La adquisición de lectoras para cada Estado se realizaran de acuerdo a los lineamientos de cada Entidad Federativa, cumpliendo siempre con las especificaciones señaladas.
- Se recomienda el diseño de una antena exclusiva para el REPUBE que, sin comprometer el desempeño, facilite la identificación visual de la etiqueta.

- El integrador de la etiqueta acreditará su proceso de fabricación de manera que las fluctuaciones y tolerancias en la integración de la antena al circuito integrado garantice el desempeño solicitado.
- El TID debe ser grabado en fábrica.
- El dato que contenga el número de folio REPUVE estará encriptado en un mínimo de 96 bits para garantizar la privacidad de los datos contenidos.
- El fabricante del circuito integrado acreditará la robustez para operar bajo radiación solar.
- Es necesario que se establezca un procedimiento detallado para la colocación de la calcomanía por los sujetos obligados.
- Las condiciones de instalación y montaje del sistema serán de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones del proveedor.
- Se deberán de desarrollar procedimientos generales de la instalación y operación de los sistemas de la tecnología RFID para el control vehicular.
- El TID debe ser grabado de fabrica y deberá tener una estructura única para el sistema REPUVE.

En aspectos de un Sistema Institucional, actualmente, la tecnología RFID resulta costosa cuando se emplea en aplicaciones que se requieren en la identificación de bienes, cuyo valor relativo respecto al Tag es bajo. No obstante, en la medida en que la demanda aumenta, el costo disminuye. Este es un fenómeno que sucede en la realidad.

De igual manera, los dispositivos empleados para realizar acciones de lectura/escritura, sobre los sistemas RFID disminuirán sus costos, debido a la creciente demanda de esta tecnología.

Al igual que sucede con la tecnología de códigos de barras, los RFID tienen limitaciones; pese a ello, sus ventajas están por sustituir a los hoy utilizados códigos de barras, que tienen en su haber veinte años funcionando.

Como ya se comentó la tecnología RFID, seguirá operando en el futuro e incorporándose a muy diversos usos y aplicaciones; este crecimiento vendrá aparejado con la disminución de costos debido a la gran difusión del uso de esta tecnología principalmente en el control y comercialización de bienes, sustituyendo gradualmente al código de barras.

Se presenta en la figura 5.1 un modelo conceptual de un Sistema Institucional para el Registro Vehicular, en donde se destaca que los elementos de RFID solo pertenecen a los componentes iniciales, es importante considerar que existen otros componentes con mayor o menor presencia en el modelo, por lo cual él SE-SNSP debe de estar resolviendo adecuadamente.

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular

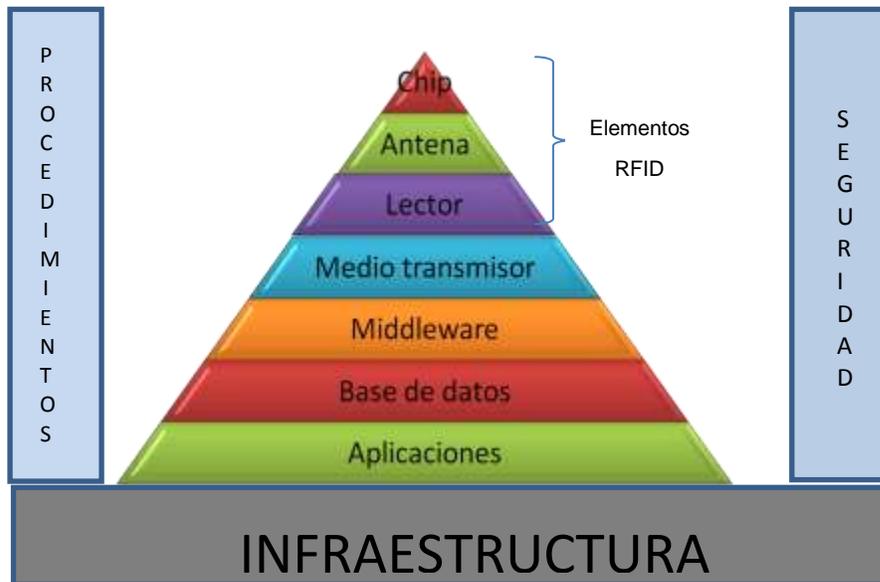


Figura 5.1.- Modelo Conceptual del Sistema con elementos de RFID.

Glosario de Términos

A

Antena: elemento conductivo con capacidad para radiar. Dispositivo que emite y recibe energía electromagnética. Es utilizada en conjunto con un chip para la fabricación de tags RFID y también, es parte integrante de los lectores.

Alineamiento: orientación del tag respecto al lector/grabador.

Anticolisión (anti-collision): Característica del protocolo de interface RF, que permite al lector RFID identificar simultáneamente múltiples tags en su campo de lectura. Esta característica también impide que lectores muy próximos causen interferencia de uno a otro. Es un componente clave del protocolo EPC Gen2.

ANSI (American National Standards Institute): Institución de estandarización.

Atenuación (attenuation): reducción de la energía.

Autenticación (authentication): verificación de la identidad de la persona, objeto o proceso. En RFID, mediante el EPC se refiere a la posibilidad de autenticar todos los productos para impedir la falsificación.

Auto-ID Labs: laboratorio de investigación sin ánimo de lucro, con sede en el Instituto de Tecnología e Massachussets (MIT). Investiga el desarrollo del EPC y las tecnologías relacionadas.

B

Backscattering: Proceso donde el transponder responde a la señal del lector modulando y retransmitiendo una señal con la misma frecuencia portadora.

Batería (battery): elemento que proporciona la alimentación a los tags activos o semiactivos.

Banda ISM (Industrial, Scientific, and Medical bands): banda de frecuencia libre (no licenciada), para usos industriales, médicos o de investigación.

Bidireccional: capacidad de operar en los dos sentidos. Por ejemplo un tag que se puede leer pero también grabar.

Bloque de memoria (Memory block): normalmente la memoria de un chip esta dividida en diferentes secciones, que pueden ser leídas o escritas independientemente. Algunas se pueden bloquear o permitir sobrescribir.

C

Campo de datos (data field): área de la memoria del chip asignado a un tipo de información.

Capacidad: número de bits que pueden ser programados en el tag.

Capture Window/Field (Ventana/Área de Captura o Lectura) Región del campo magnético en que un Tag operará.

Ciclo cerrado: procesos donde la utilización del tag se puede reutilizar una vez finalizado. Normalmente, se utilizan tags lectura/escritura para poder variar su contenido.

Ciclo de vida: período de duración de tag sin mantenimientos, reparaciones u otra acción.

Clase 0: Protocolo de interface RF propietario para tags UHF pasivos. El protocolo Clase 0 es solamente de lectura, por ende, el protocolo subsecuente, Clase 0 Plus, posee capacidad de lectura y escritura. Este protocolo se tornó obsoleto con la llegada de Gen2.

Clase 1: Protocolo de interface RF propietario para tags UHF pasivos. El protocolo Clase 1 tiene capacidad de lectura y escritura.

Closed Systems (Sistemas Cerrados): Un sistema en que los datos relevantes son almacenados en un banco de datos común, accesible vía vínculo de datos entre un número de TAGs y el objeto o personas identificados.

Comando Kill: Código perteniente a un tag RFID que, cuando es activado, deshabilita permanentemente este tag. Destinado a limitar la rastreabilidad del consumidor a posteriori de realizada la compra de productos, garantizando su privacidad.

Compatibilidad (Compatibility): capacidad de que varios dispositivos de diferentes orígenes que utilicen los mismos protocolos, frecuencias, etc. Puedan trabajar en el mismo sistema.

Cyclic Redundancy Check (CRC): Algoritmo de detección de errores que explota las ventajas del módulo-2 aritmético para generarlo.

D

Direccionamiento (Addressability): La habilidad de direccionar bits, campos, archivos en un Tag.

Dual Dipolo: Tag que esencialmente posee dos antenas, de manera de aumentar su capacidad de transmisión y reducir la necesidad de lecturas orientadas.

E

EAN (European Article Number): sistema para identificar productos desarrollado por el EAN International.

EAS (electronic article surveillance): es la etiqueta electrónica antirrobo.

EDI (Electronic Data Interchange): método para transmitir documentos comerciales en un formato estandarizado.

EEPROM (Electrically Erasable Programmable read-only memory): Memoria más usada en los sistemas con acoplamiento inductivo. Tiene unos ciclos de escritura limitados y un consumo alto de batería.

Effective Isotropic Radiated Power (EIRP): El producto de la potencia de entrada de la antena y la ganancia relativa a una fuente isotrópica.

Electromagnetic Coupling (Acoplamiento Electromagnético): Sistemas que usan un campo magnético como medio de transferir datos o energía.

Electronic Label (Etiqueta Electrónica): Es un Tag en formato de etiqueta.

Electrostatic Coupling (Acoplamiento Electrostático): Sistemas que usan la inducción de una tensión en una bobina como un medio de transferir datos o energía.

Encoder: Dispositivo que transmite y graba datos en un tag RFID. Básicamente, son módulos lectores RFID desarrollados para utilización en impresoras y etiquetadoras para el transporte de materiales.

Encriptación (encryption): método para enmascarar el contenido de la información, para evitar que se pueda interceptar y visualizar la información que viaja del tag al lector. Sólo es posible leerlo si se conoce el método.

EPC (Electronic Product Code): código electrónico de producto, que permite identificar todos los artículos de manera única e inequívoca en la cadena de suministro. Una serie de bits que identifican la empresa fabricante, categoría del producto y número de producto único.

EPC Generación 2: estándar ratificado por EPC Global para el protocolo de interfaz aérea.

EPC Global: organización sin ánimo formada originalmente como un joint-venture entre el Uniform Code Council (UCC) y la Electronic Article Numbering Association (EAN), EPCglobal es la organización responsable de la creación de las normas para RFID y de promover el desarrollo de soluciones para esta tecnología.

EPC Network: Desarrollado por el Auto-ID Center, este sistema basado en el protocolo de Internet permite que las empresas del sector de abastecimiento tengan acceso a información asociada a una etiqueta EPC, a través de la red.

Error (Error): Cualquier operación o dato que no está de acuerdo con el proyecto o entrada del sistema.

Error Correcting Code (Código de Corrección de Error): Es un sistema en que son enviados bits adicionales en la transferencia de datos; esos bits adicionales sirven para realizar un control de error con a ayuda de un algoritmo polinomial.

Error Correcting Mode (Modo de Corrección de Error): Modo de comunicación de datos en que los bits errados o perdidos son corregidos automáticamente.

Error Correcting Protocol (Protocolo de Corrección de Error): Son las reglas utilizadas para la corrección de los erros en el Modo de Corrección de Error.

Error Management (Control de Errores): Técnica utilizada para asegurar que solamente la información correcta es presentada para los usuarios del sistema.

Error Rate (Tasa de Error): Es el número de errores por número de transacciones.

Expansion Port (Puerta de expansión): Puerta para aumentar la capacidad de un computador o accesorio.

F

Falsa/fantasma lectura (false/phantom read): cuando el lector reporta la presencia de una tag que no existe realmente.

Factores Ambientales: Típicamente discutidos en aplicaciones que utilizan productos en la faja UHF, los cuales pueden ser afectados por diversos factores como la presencia de metales y líquidos. El estudio de estos factores es importante para el posicionamiento y ajuste de los lectores y tags RFID.

Field Protection (Protección de Campos): Capacidad de limitar las operaciones que puedan ser ejecutadas en porciones o campos de datos almacenados en un Tag.

Flat Panel Antenna (Antena Plana de Panel): Antena de hoja conductiva, plana, normalmente hecha de metal.

FRAM (Ferromagnetic Random Acces Memory): Memoria usada en sistemas de RFID más complejos que posee mejor tiempo de escritura y mejor consumo que la memoria EEPROM.

Frecuencia (frequency): Número de veces que la señal realiza un ciclo completo, es decir de ir del máximo al mínimo y volver al mismo estado, en un segundo.

Furrow: En la huella dactilar, se denomina así a una línea en forma de valle (hacia abajo).

G

GCI (Global Commerce Initiative): Iniciativa formada por fabricantes, distribuidores y asociaciones de la industria para mejorar la cadena de suministro de los productos de consumo.

Gen2 (Generation2): Protocolo de interface RF para aplicaciones en la cadena de suministro que utiliza UHF. El patrón Gen2 fue aprobado en Diciembre de 2004 por EPCglobal y desde entonces recibió la aprobación ISO, a través de la norma ISO 18000-6C. EPCglobal está trabajando para establecer un patrón similar para Alta Frecuencia (HF).

GTIN (Global Trade Item Number): sistema estándar de identificación de productos creado por EAN y UCC.

I

Identificación automática (automatic identification): capacidad de identificar sin proceso humano. Normalmente asociado al código de barras, RFID, biométrica, etc.

Identificación por radiofrecuencia (radio frequency identification): método para identificar elementos mediante radio.

Inlay/Inlet: chip adjunto a una antena que se monta en un sustrato. Normalmente no son etiquetas RFID acabadas.

Inductive Coupling (Acoplamiento Inductivo): Son sistemas que usan la inducción de corriente en un enrollamiento como un medio de transferir datos o energía.

Interface RF: Protocolo de comunicación entre el tag y el lector RFID. Los Tags pasivos que trabajan en la faja de UHF están normalizados en base al patrón Gen2. Se está procurando establecer un patrón semejante para la faja HF. Algunos tags activos realizan comunicaciones a través de redes Wi-Fi patronizadas (IEEE 802.11x), mas, la mayoría aún utiliza protocolos propietarios.

Interoperabilidad (Interoperability): capacidad de entenderse mediante los protocolos estándares indiferentemente de la marca o tipo de producto/sistema.

ISO (International Organization for Standardization): Institución de estandarización a nivel mundial. Red de institutos de normalización de 148 países, con una Secretaría General en Ginebra, en Suiza que coordina el sistema. EPCglobal es un miembro de ISO y posee la aprobación para el protocolo Gen2.

ISO 18000: conjunto de estándares internacionales que definen el protocolo de interfaz aérea usada en los sistemas RFID para etiquetar productos dentro de la cadena de suministro.

L

Lector inteligente (Intelligent reader): término utilizado para describir a un lector que tiene capacidad para realizar alguna función adicional como filtrar datos, ejecutar comandos, etc.

Lenguaje de Marcado Físico: ver lenguaje PML.

License plate: término utilizado para describir un tag que solo contiene el número de serie en su campo de información. Tag mucho más simple, que proporcionar menores costes.

M

Memoria (memory): capacidad de almacenamiento del chip de la etiqueta RFID.

Memoria de usuario: Bits adicionales disponibles en la memoria de tags RFID, que pueden ser utilizados por el usuario para atender mejor la aplicación desarrollada.

Memoria no volátil (non-volatile memory): término para nombrar a las memorias que mantienen la información una vez se ha terminado la fuente de alimentación. EPROM, EEPROM y FLASH son ejemplos de este tipo de memoria.

Middleware: en RFID se usa este término para referirse al software que reside en un servidor entre el lector y las aplicaciones empresariales. Filtra datos y permite pasar solo la información útil hacia dichas aplicaciones. Algunos, también puede gestionar la red de lectores. Savant es el nombre del que creo Auto-ID Labs.

Minucias: En huellas dactilares, son los puntos donde los ridges o furrows terminan o se bifurcan.

MIPS (Million instructions per second): millones de instrucciones por segundo.

Modulación (Modulation): Los métodos de modular o alterar la portadora a fin de llevar información codificada. Ellos incluyen modulación de amplitud (AM), modulación de fase (PM), modulación de frecuencia (FM), (FSK), posición de pulso (PPM), duración de pulso (PDM) y onda continua (CW).

Modulación Backscatter: Proceso donde el transponder responde a la señal del lector, modulando y retransmitiendo una señal con la misma frecuencia portadora.

Multimodo (multimode): transpondedores o tags que pueden ser programados para trabajar con diferentes estándares.

Multiplexor (multiplexer): elemento electrónico que permite que un lector tenga conectadas más de una antena. Reduce el número de lectores para cubrir un área y previene que las antenas se interfieran entre ellas.

N

Niveles de Potencia (Power Levels): Niveles de potencia radiados de un lector o Tag, normalmente medido en volts/metro.

NIV: Número de identificación Vehicular

Nominal (Nominal): El valor en que un sistema proyectado asegura operación óptima.

Nominal Range (Rango Nominal): El rango en que un sistema puede asegurar operación confiable, considerando la variabilidad normal del ambiente en que es usado.

O

Omnidireccional: capacidad de radiar igual en todas las direcciones.

Orientación (Orientation): Orientación del Tag con el lector.

P

Physical Markup Language (PML): lenguaje de programación basado en el aceptado XML. Creado para que las empresas puedan usar un lenguaje para describir los productos.

Portal: Punto estratégico en que son instalados lectores RFID, de manera de identificar y acompañar el flujo de los productos a lo largo de un proceso.

Programabilidad (Programmability): A fin de ser identificador de objetos específicos, los Tags deben tener su identidad y otros datos grabados en ellos en un cierto punto. Esta capacidad es llamada programabilidad.

Programable una sola vez (One-time programmable tag): etiqueta que solo puede grabarse una única vez, pero se puede leer la veces que se quiera.

Programación de fábrica (Factory Programming): La programación de información en un Tag en el proceso de producción resultando en un Tag con capacidad de solo lectura.

Programación en el campo (Field Programming): La programación de campo normalmente acontece antes de que el Tag sea instalado en el objeto a ser identificado. En algunos casos es posible cambios o

duplicaciones de todos los datos en la etiqueta. En otros casos, alguna porción es reservada para programación de fábrica, por ejemplo para incluir un número único de serie de etiqueta.

Programador (Programmer): Es el componente que es capaz de grabar el Tag, también conocido como grabador.

Protocolo (protocol): conjunto de reglas que gobiernan los sistemas de comunicación.

Protocolo de Interfaz aérea (Air Interface Protocol): conjunto de reglas que definen como los lectores y los tags deben comunicarse.

Proyecto Piloto: Prueba inicial desarrollado por empresas que desean implementar la tecnología RFID en sus aplicaciones. Esta prueba está orientado a analizar y adecuar tags y lectores RFID a las necesidades de la empresa, antes de su instalación definitiva.

R

Radiación intencionada (Intentional radiator): cuando un elemento produce una radiación (señal RF) con el proposito de comunicar u obtener datos. Por ejemplo los lectores RFID, los transmisores para abrir puertas, etc.

Rango/ Alcance (Range): La distancia en que puede ser realizada exitosamente lectura y/o escritura.

Rango nominal (nominal range): la distancia en que el lector puede detectar un tag de manera fiable.

Ratio de transferencia de datos (data transfer rate): cantidad de datos que puede transferir un tag o un lector. Esta característica nos dice la capacidad de lectura, es decir, cuantos tags puede leer por unidad de tiempo.

Read (Lectura): La decodificación, extracción y presentación de datos de un Tag.

Read Only (Solamente Lectura): Característica de un Tag que viene pre-grabado de fábrica y solo puede ser leído.

Read Rate (Tasa de Lectura): La taa máxima en que datos de un Tag pueden ser leídos expresada en bits o bytes por segundo.

Read/Write (Lectura/Escritura): Muchas aplicaciones exigen datos nuevos o revisiones para los datos del Tag. Los Tags con esta capacidad son reprogramables y son llamados Tag de lectura/escritura.

Reader (Lector): El dispositivo conteniendo la electrónica digital que extrae información del Tag. La electrónica digital ejecuta la función de lectura real. Los lectores puede tener también interfaces para una exhibición integral (Tela) y/o proveer una interface de comunicaciones paralela o serial para un computador anfitrión (host) o controlador industrial.

Reader/Writer (Lector/Grabador): El conjunto de electrónica que puede cambiar el contenido de Tags . (Vea también lector).

Red EPC (EPC Network): tecnologías basadas en Internet y servicios que permiten a las empresas operar con los EPCs. Incluye ONS (Object Name Service), middleware (a veces llamado SAVANT), los servicios de información EPC y el lenguaje PML.

Reprogrammable (Reprogramable): Tag con la capacidad de ser regrabado varias veces.

Ridge: En la huella dactilar, se denomina así a una línea en forma de colina o cresta (hacia arriba).

RF/DC (RF/DC): Sistemas de comunicación a través de radio entre un computador y un colector de datos.

RFID (RFID): RFID es una Poderosa Tecnología para Identificar, Rastrear y Gerenciar una Enorme Gama de Productos, Documentos, Animales e Individuos, sin Contacto y sin la Necesidad de un Campo Visual.

RF/AIS (RF/AIS): Sistemas Automáticos de Identificación por Radio Frecuencia.

RFID HF (Alta Frecuencia): Productos que trabajan en la banda de 13,56 MHz. Esta frecuencia generalmente permite distancias de lectura entre 1 y 2 m y no es afectada por factores ambientales como líquidos. La norma ISO 15693 es diferente del protocolo Gen2. Productos en HF generalmente son usados como moneda electrónica y en aplicaciones para seguimiento de items.

RFID LF (Baja Frecuencia): Productos que trabajan en la banda de 125 kHz. Generalmente, presentan dimensiones y costos inferiores, como también una distancia de lectura limitada (menos de 30 cm). Aplicaciones de control de acceso y seguridad son las más comunes para este tipo de tecnología.

RFID UHF (Ultra Alta Frecuencia): Son productos que trabajan en la banda de 868MHz a 950MHz. Esta frecuencia permite distancias de lectura entre 2 e 8 m, pero es fuertemente afectada por factores ambientales, incluyendo líquidos y metales.

ROM (Read Only Memory): Se trata de memoria de sólo lectura.

S

Savant: término usado para describir el “middleware” diseñado por Auto-ID Center, para filtrar los datos EPC que provienen de los lectores. Muchas de las funciones del Savant se han incorporado en “middleware” comerciales.

Sensor: elemento que responde a estímulos físicos y produce una señal eléctrica. Incrementan las capacidades y funcionalidades de las etiquetas RFID cuando se combinan.

Separación (Separation): Distancia mínima entre dos etiquetas, para que una no interfiera con la otra.

Servicio de Información EPC (EPC information service): parte de la red EPC. Es la infraestructura de red que permite a las empresas almacenar de manera segura toda la información asociada al EPC. Se permite diferentes tipos de acceso a diferentes tipos de información. El servicio incluye aplicaciones como EPC discovery service.

Servicio de Nominación de Objetos (object name service): Red automatizada que convierte el EPC en UL, usado para indicar los equipos locales donde los usuarios autorizados acceden a la información asociada al EPC.

Servicio Discovery EPC (EPC discovery service): conjunto de servicios que permite a los usuarios encontrar datos relacionados a un EPC específico y solicitar acceso a los mismos.

Servidor PML (PML Server): servidor que responde a las consultas de los archivos relacionados con los códigos EPC. Su nombre real en la red EPC es "EPC Information Service".

Sincronización (synchronization): término referido al período de tiempo de los lectores próximos, para evitar que se interfieran entre ellos.

Sincronización Global de datos (Global data synchronization): término referido a asegurar que los datos maestros de los fabricantes estén sincronizados y disponibles para los distribuidores. Es un importante prerequisite para el EPC, ya que las empresas necesitan asegurar el conocimiento del número de serie.

Sistema en Hosting (host system): computadora en red, que proporciona servicios a otros usuarios de la red.

Slap and ship: término que se refiere al proceso de poner la etiqueta RFID en la caja o palet justo antes de salir hacia el distribuidor, sólo para cumplir sus requerimientos sin obtener beneficios internos.

SRAM (Static Random Acces Memory): Memoria más utilizada en los sistemas RFID de microondas. Mejor ciclo de escritura a cambio de un suministro de energía continuo por una batería auxiliable.

SVM (Support Vector Machine): Máquina de Vectores de Soporte, es un conjunto de algoritmos de aprendizaje supervisado.

T

Tag: El transmisor/receptor mas el mecanismo de almacenamiento de información (Chip + Antena. Transceptor adjunto a un objeto con capacidad de almacenamiento de información, mediante etiquetas electrónicas u otros mecanismos. Aunque su nombre técnico es transpondedor, su nombre más común es tag.

Tags activos (Active Tags): etiquetas que utilizan total o parcialmente baterías como fuente de alimentación. Su ciclo de vida viene determinado por el de la batería.

Tags muertos (dead tag): tags que no se pueden leer mediante un lector.

Tags pasivos: etiquetas que no contienen fuente de alimentación. Utilizan como fuente un elemento externo, normalmente de la señal radiada de un lector/grabador.

Tags semi-pasivos (semi-passive tag): similar a los tags activos, pero su batería solo alimenta el chip en momentos puntuales, el resto se encuentra en estado dormido (sleep). Normalmente son tags con sensores que complementan sus funcionalidades.

Transpondedor (transponder): transmisor/receptor radio que se activa cuando recibe una predeterminada señal. A veces a las etiquetas RFID se les llama transpondedores.

Transceptor (transceiver): elemento con capacidad para transmitir y recibir ondas de radio.

Transponder (Transponder): Vea Tag, TRANSPONDER (TRANSMITTER-resPONDER): Elemento de los sistemas RFID capaz de recibir la información del lector y de transmitir su información aprovechando la energía del propio lector o con ayuda de una alimentación externa.

Trazabilidad: Concepto de seguimiento de datos sobre un producto, desde su fabricación hasta su venta.

U

Ultra High Frequency (UHF): frecuencias desde 300 MHz hasta 3 GHz. A estas frecuencias la velocidad de transmisión es mayor pero no atraviesa ciertos elementos como un alto contenido de agua, frutas, etc.

UPC (Universal Product Code): Principal estándar de código de barras en EEUU.

V

Vida Estimada (Projected Life): Vida estimada de un Tag, definida en términos de número de ciclos de lectura y/o escritura.

VIN (Vehicule identificación Number): Ver NIV

W

Write (Escritura): La transferencia de datos a un Tag.

Write Rate (Velocidad de escritura): La tasa en que la información es transferida a una etiqueta, escrita en la memoria del Tag y verificada como siendo correcta. Es cuantificada como el número medio de bits o bytes por segundos en que la transacción completa puede ser ejecutada.

Apéndice A.- Principales Fabricantes

Principales fabricantes de tecnología RFID de acuerdo con el tipo de productos que proporciona cada fabricante: chips, tags, antenas, lectoras y software que hacen posible la operatividad de las soluciones basadas en esta tecnología para control vehicular.

	<p>Philips</p> <p>NXP es una compañía joven e independiente (fundada por Philips). Con cincuenta años de historia como proveedor de semiconductores y software a los ingenieros y diseñadores en las áreas de comunicaciones móviles, electrónica, aplicaciones de seguridad, pago usando tarjetas de tecnología RFID, contactless, además del área automotriz y sistemas móviles.</p> <p>Ofrecen: Chips, tags, software.</p> <p>Tipo de Tecnología: Activo y pasivo.</p>
	<p>Texas Instruments</p> <p>Industria en tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID). TI-RFid se utiliza en una amplia gama de los usos de RFID por todo el mundo como son: Área automotriz, contactless, servicios de lavandería, biblioteca, ganado, farmacéutico, etc.</p> <p>Ofrecen: Tags (activos y pasivos), antenas, lectoras, chips,.</p>
	<p>Tagsys</p> <p>Diseña, fabrica e integra la infraestructura de principio a fin para sistemas RFID. TAGSYS provee a sus clientes un “tracking” completo de sus artículos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Automatizar procesos dependientes de trabajo. Autenticar y salvaguardar los productos. Permitir el inventario en tiempo real. <p>Ofrecen: Chips, tags, antenas, lectoras y software.</p> <p>Tipo de Tecnología: Pasivo, Activo.</p>

	<p>Alien Technology</p> <p>Provee identificación por radiofrecuencia (RFID) en UHF. Productos y servicios a consumidores en “retail” bienes de consumo, fabricación, defensa, transporte y logística; a productos farmacéuticos y otras industrias.</p> <p>Tags, lectoras, impresoras.</p> <p>Tipo de tecnología: Pasivo, Activo.</p>
	<p>Intermec</p> <p>Desarrolla, fabrica e integra la colección de datos automatizada vía alambica e inalámbrica, Intellitag® RFID (identificación por radiofrecuencia) y sistemas de cálculo móviles.</p> <p>Ofrecen Impresoras, tags pasivos, lectoras, antenas, software.</p>
	<p>IPICO</p> <p>Su misión, es hacer un promedio de las ventajas tecnológicas decisivas para convertirse en el abastecedor global de productos y servicios de RFID. Son dueños de su propio protocolo de interferencia de área llamado IPX-XTM. Este protocolo permite al chip desempeñarse en una amplia gama de ambientes adversos de uso, donde fallan las tecnologías convencionales.</p> <p>Ofrecen Tags, lectoras fijas y de mano. Tecnología: Pasivo, activo.</p>
	<p>Symbol-Motorola</p> <p>Empresa con treinta años de experiencia en la Obtención de Datos de Identificación Automatizada (conocida en inglés como AIDC “Automated Identification Data Collection”), siendo líder mundial en la tecnología RFID. Cuenta con una gran variedad de productos y soluciones, entre las que destacan: lectores fijos y móviles, tags GEN 2, así como la apertura de estándares y cursos relacionados con la tecnología de segunda generación de EPC.</p> <p>Ofrecen: Antenas, lectores fijos y móviles, portales detectores de tags RFID y Tags. Tecnología: Pasiva.</p>

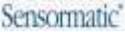
	<p>Wavetrend</p> <p>Empresa líder en el despliegue de soluciones de tipo RFID activo. El núcleo de la tecnología es una arquitectura de plataforma abierta, la cual es altamente escalable y fácil de integrar en sistemas existentes en las empresas. Cuenta con la segunda fábrica más grande en el mundo de tags activos RFID y su tecnología ha tenido éxito en el despliegue, a través de múltiples mercados verticales.</p> <p>Ofrecen: Tags, Antenas, Lectores e Interfases, Tecnología: Activa.</p>
	<p>Hitachi</p> <p>Con sus socios, provee a sus clientes, soluciones completas, con etiquetas modificadas que cumplan con los requisitos particulares, además de lectores, sistemas back-end y servicios.</p> <p>Ofrecen Chips, tags, lectoras, software.</p> <p>Tecnología: Pasivo.</p>
	<p>Power Paper</p> <p>Las etiquetas de PowerID (solución), son apoyadas por una amplia gama de los vendedores de hardware de RFID.</p> <p>Sus etiquetas, además, de apoyar el protocolo del aire del IPX-XTM usado actualmente, añaden protocolos de EPC C1 G2 y de la ISO de B, entre otros. Ofrecen Tags semi-pasivo.</p>
	<p>Siemens</p> <p>Siemens ofrece un listado completo de productos y sistemas de la tecnología RFID. Además de consultoría técnica y operacional en el área de diseño de mejora y automatización de procesos industriales y en la integración de tecnología de información. Con más de 25 años de experiencia en fabricación de dispositivos RFID, más de 250,000 lectores RFID instalados en el mundo, Siemens brinda tecnología de punta y asegura una buena implementación en las soluciones que provee.</p> <p>Ofrecen Tags, lectoras, antenas, pasivos y activos.</p>

	<p>Avery Dennison</p> <p>Se asegura de que las soluciones que proporciona, se realizarán apropiadamente, en las condiciones del mundo real. Es una industria con aplicativos de etiquetas de EPC que entregan un funcionamiento superior, superando los problemas ambientales de interferencia como líquidos y metales, de igual forma, los desafíos de la orientación de la etiqueta, etc. Ofrecen Tags pasivos y antenas.</p>
	<p>RFSAW</p> <p>RFSAW produce tecnología RFID que opera en la banda de frecuencia de 2.45 GHz. RFSAW está explotando un nuevo tipo de sistemas RFID, basados en la tecnología llamada onda de superficie acústica (conocida en inglés como SAW o Surface Acoustic Wave), una tecnología de radio frecuencia fiable y de bajo costo. La compañía ha inventado, patentado y exitosamente, desarrollado estos nuevos sistemas cuyo núcleo es el “tag global SAW”. Sus soluciones están enfocadas en cadenas de suministros, cuidado médico, seguridad en el transporte, así como en aplicaciones militares y gubernamentales.</p> <p>Ofrecen Chips y tags pasivos, lectores, antenas, software.</p>
	<p>Savi</p> <p>Con más de 17 años de experiencia, Savi provee tecnología líder en soluciones de FID, Savi ha desarrollado la “SMARTChain” (una plataforma de software). Sus aplicaciones se pueden integrar con otras tecnologías automáticas, como el código de barras y pasivas de RFID. La tecnología activa de EchoPoint™ RFID, se reconoce en su liderazgo en soluciones en la cadena de suministros. El ofrecimiento único del hardware de Savi, incluye una gran variedad de las etiquetas activas de RFID y lectoras, que han sido puestos a prueba en los ambientes más adversos del planeta.</p> <p>Ofrecen: Software, lectoras, tags activos.</p>

	<p>UPM Raflatac</p> <p>UPM Raflatac es uno de los proveedores de complejos autoadhesivos y de la fabricación de etiquetas e inlays RFID (Identificadores por Radiofrecuencia), líder en el mundo. Los autoadhesivos de UPM Raflatac y la nueva generación de productos Rafsec RFID cumplen con las exigentes demandas de las diversas aplicaciones de productos en una amplia gama de usos finales.</p> <p>Ofrecen Tags pasivos y lectoras.</p>
	<p>OMRON</p> <p>OMRON RFID es un líder global en tecnología de RFID. Ofrecemos una amplia gama de los productos y de los sistemas de RFID adaptados al negocio y a las necesidades de cada cliente. Nuestra red internacional proporciona la ayuda y puede responder rápidamente a los requisitos operacionales y de mantenimiento que siguen la puesta en práctica del sistema. OMRON RFID. Empresa con más de 20 años de experiencia.</p> <p>Ofrecen Lectoras, antenas, tags pasivos, software.</p>
	<p>Flint Ink</p> <p>Es el fabricante privado de tintas más grande del mundo. Crea tintas conductivas que sirven como antenas que reciben el flujo inalámbrico de información desde una antena lectora de RFID.</p> <p>Ofrecen Antenas(tintas conductivas) para tags indistintos.</p>
	<p>Identec</p> <p>Identec es especialista en sistemas que permiten la identificación automática por radiofrecuencia RFID.</p> <p>Tales sistemas se utilizan en la identificación de personas, artículos, animales y vehículos, así como supervisar sus movimientos. También se utilizan en deportes en los que se requiere medir los tiempos. La compañía ha sido constantemente productiva e invierte puntual, en la investigación y en el desarrollo de su tecnología.</p> <p>Ofrecen: Lectoras y tags activos.</p>

	<p>Tyco</p> <p>Pioneros en la identificación por radiofrecuencia.</p> <p>Con más de 20 años de experiencia en RFID, cuenta con su línea Sensormatic RFID. Son líderes en desarrollar y desplegar las soluciones más innovadoras con tecnología RFIDs. Como tal, desean hacerlo fácil para que otras compañías trabajen con ellos y para que sus soluciones componentes de RFID sean compatibles con los suyos.</p> <p>Ofrecen Lectoras y tags pasivos.</p>
	<p>IBM</p> <p>Sus soluciones permiten la transformación de cualquier negocio, propiciando nuevas penetraciones operacionales con la tecnología de RFID .</p> <p>IBM soporta las estructuras de los estándares y a una comunidad cada vez mayor del clientes en los que se desarrollan y despliegan soluciones innovadoras del negocio de RFID.</p> <p>Ofrecen Chips, software para tags pasivos o activos.</p>
	<p>EMS</p> <p>Escort Memory Systems es una industria líder en manufactura del hardware de RFID. Tiene más de 20 años en experiencia fabricando tags, antenas, controladores y redes/PLC.</p> <p>Escort Memory Systems se encuentra orgulloso de contar con más de 55,000 instalaciones.</p> <p>Antenas-lectoras, tags Activo, pasivo.</p>
	<p>Checkpoint</p> <p>Con una gran variedad de productos y servicios para la seguridad tecnológica en el mundo real basándose en sistemas RFID, generamos soluciones en base a las necesidades de nuestros consumidores ayudándolos en tener control de sus recursos, impulsar la eficiencia e incrementar sus ventas.</p> <p>Ofrecen: Lectoras, software y Tags Pasivos.</p>

	<p>FEIG</p> <p>Empresa con más de 35 años en la fabricación de productos de alta calidad tecnológica, manteniendo una ayuda excelente de servicios al cliente.</p> <p>OBID® es un línea de lectores que son compatibles con todos los tags que siguen los estándares (ISO,EN,DIN), o tags que estén disponibles en el mercado.</p> <p>Ofrecen Lectoras, anten y tags Pasivos.</p>
	<p>Impinj®</p> <p>Proporciona productos EPCglobal-certificados de la GEN 2 a la frecuencia UHF. Estos incluyen lectoras montadas en carreteras, las familias de etiquetas Monza™ y Mónaco™, que, en conjunto abarcan una solución de “Impinj GrandPrix”.</p> <p>Ofrecen Tags pasivos, lectoras, software.</p>
	<p>Accenture</p> <p>El comercio actual, requiere el etiquetado y seguimiento de su mercancía, por lo que la tecnología como identificación por radiofrecuencia RFID, permite hacer objetos de uso diario, inteligentes e interactivos. Cuando esta tecnología se combina con conectividad continua del Internet y una nueva infraestructura para recoger los datos y entregar servicios, sin la interacción humana, permite un mayor rendimiento en el negocio así como el crecimiento del mismo Software (middleware), Ofrecen Soluciones Indiferente.</p>
	<p>OATSystems</p> <p>OATSystems es el líder reconocido en el marco de RFID, proporcionando el software que la empresa requiere para alcanzar ventajas competitivas de identificación por radiofrecuencia (RFID). OAT es una solución completa en el marco de RFID para las compañías en todas las etapas de la adopción. OAT es una plataforma industrial, probada, capaz de manejar RFID en un ambiente de producción. Ofrecen Software (middleware).</p>

	<p>SAP</p> <p>La identificación por Radiofrecuencia (RFID) posee la energía de transformar los procesos de los negocios aumentando la eficiencia en el almacenaje y distribución de la mercancía. SAP trabaja con más de 200 consumidores en 16 países y 18 diferentes industrias. SAP ha desarrollado una plataforma robusta y entrega muchos escenarios pre-configurados para apresurar la implementación de la tecnología RFID en las áreas que se requieran.</p> <p>Ofrece Software(middleware).</p>
	<p>Sensormatic RFID</p> <p>Provee tags, lectoras, antenas y sistemas de software que se requieran para leer, coleccionar, filtrar y transmitir la información para las fuentes de suministros y asegurar la total implementación y una eficiente puesta en punto de la misma. Asimismo, ofrece una gran variedad de sistemas RFID que se requieran para el diseño de la solución</p> <p>Ofrece Lectoras antenas, software para tags Pasivos.</p>
	<p>Neology</p> <p>Es una empresa de alta tecnología que integra chips de Radio-Frecuencia con dispositivos de lectura y escritura a larga distancia. Estos chips se hacen a un bajo costo y tienen diversas aplicaciones en el control de documentos de seguridad y en las cadenas de suministro. Ejemplos de estos usos son: control del cruce de fronteras, control de equipaje en aeropuertos y control de inventarios, entre otros. Es la única compañía mexicana que exporta tecnología a Japón y tiene ya entre sus clientes a seis aeropuertos y a la Marina de los Estados Unidos de América.</p> <p>Ofrecen: Tags, lectoras antenas, software, Pasiva.</p>

	<p>Sun</p> <p>Es una empresa creada en 1982 que se dedica principalmente a la resolución de problemas tecnológicos en el mundo y el campo de RFID. Son líderes en el desarrollo de soluciones de software enfocadas a las necesidades a corto y largo plazo de los clientes que requieren mejorar la productividad en su industria. Esta empresa integra componentes de los principales vendedores del mercado, con sus productos para crear una solución que resuelve en la mejor medida las necesidades del cliente, incluyendo el gravamen, planeamiento, hardware, software, integración y configuración, además de la capacitación de usuarios en la solución. Sun apoya a EPC global y sus estándares, formando parte de esta organización.</p> <p>Ofrece: Software para tags de cualquier tipo.</p>
	<p>Genesta</p> <p>Construye las herramientas que atan las tecnologías de la recolección de datos a la empresa. Sus soluciones hacen un análisis a las tecnologías de los principales proveedores de tecnología de recolección de datos, para que se realice de manera rápida e eficiente la integración de sus aplicaciones.</p> <p>Ofrece: Software.</p>
	<p>Microsoft</p> <p>Empresa de software y soluciones técnicas. Entre la amplia gama de productos que ofrece, se encuentra software de aplicación, venta de servicio técnico, capacitación e impartición de cursos acreditados de sus productos y soluciones. Además de hardware, por ejemplo: consolas y periféricos. En el mundo de RFID, se destaca como líder en el desarrollo de software dirigido a la resolución de problemas con la tecnología RFID, basado en los productos de Microsoft, como es el caso de Microsoft Server, BizTalk Server, así como Visual Studio para la creación de aplicaciones que optimizan la cadena de suministros en pequeñas y medianas empresas. También es miembro de EPC global y realiza investigaciones para que esta tecnología sea disponible, usando estándares abiertos.</p> <p>Ofrece: Software y soluciones técnicas.</p>

	<p>Transcore</p> <p>TransCore ofrece una gama de soluciones en RFID, diseñadas especialmente para el mercado de transporte. Diseña, fabrica y distribuye tags de RFID, lectores y antenas específicamente para un uso de alto rendimiento.</p> <p>Tags, lectoras, antenas.</p> <p>Tecnología: Pasivo, activo.</p>
	<p>SOCOM</p> <p>Es una empresa dedicada a dotar de soluciones informáticas de seguridad y de comunicaciones al gobierno en sus tres niveles: policías preventivas, procuradurías, impartición de justicia, readaptación social, sistemas de emergencia y participación ciudadana. Sus aplicaciones cubren todas las instancias que persiguen y combaten el delito, como la atención y participación ciudadana: Policías Preventivas, Policía Judicial, Jueces, Cárceles, la denuncia ciudadana informal, Telecomunicaciones, Video Vigilancia, 066 y C4, Protección Civil.</p> <p>Tags, lectoras, antenas, software para tecnología Activa.</p>
	<p>Latin ID</p> <p>Ofrece soluciones llave en mano, para identificación y automatización, a través de aplicaciones de software y hardware, integrando diferentes tecnologías de acuerdo a los requerimientos de cada cliente.</p> <p>Ofrece: Lectores, antenas, tags, Activa, pasiva.</p>
	<p>Intelogik</p> <p>Líder en el desarrollo, fabricación e integración de productos y servicios de identificación positiva y seguridad. Cuenta con una suite de software nTree.NET que incluye soluciones de identificación, manejo de fuerza laboral, video digital, monedero electrónico y seguridad física y lógica.</p> <p>Lectoras, antenas, tags, software, Activa, pasiva.</p>

	<p>STMicroelectronics</p> <p>Esta compañía Italo-francesa, fue creada hace 40 años para producir semiconductores. Desde entonces ST ha tenido un rápido crecimiento y siempre ha estado entre las 5 empresas proveedoras de semiconductores más importantes del mundo.</p> <p>Ofrece: Chips, tecnología pasiva y activa.</p>
	<p>Cosmocolor(Americas Resources)</p> <p>AR es pionera en la aplicación práctica de tecnología RFID, (Identificación por radiofrecuencia). Particularmente, en los campos de seguridad, autenticación y control. Hemos combinado RFID con otras tecnologías de identificación y autenticación, así como sistemas de comunicación e información para lograr soluciones.</p> <p>Ofrecen: Tags, lectoras, antenas, software de clase mundial. Para tecnología: Pasiva o activa.</p>
	<p>IDZ</p> <p>Es una empresa dedicada a brindar servicios profesionales de consultoría e integración de sistemas de mejora y optimización de procesos basados en tecnologías de identificación.</p> <p>Su Diferenciador Estratégico:</p> <p>Fuerte enfoque en optimización de procesos versus el enfoque tradicional basado en TI.</p> <p>Equipos de trabajo y consultoría multidisciplinarios para optimizar los procesos mediante implementación de RFID.</p> <p>Alianzas estratégicas con empresas líderes a nivel mundial en la optimización de procesos y desarrollo de proyectos RFID.</p> <p>Ofrecen: Lectoras, antenas, tags, Pasivos, activos.</p>

	<p>Integra</p> <p>Compañía líder en soluciones tecnológicas especialmente orientadas a la identificación y registro electrónico vehicular que brindan movilidad y seguridad al autotransporte en México. La radiofrecuencia aunada a su experiencia nos ha permitido crear soluciones inteligentes como:</p> <p>Sistema de pago electrónico de peaje.</p> <p>Administración y supervisión del suministro de combustible.</p> <p>Control de flotillas en patios de maniobra.</p> <p>Accesos restringidos en fraccionamientos y estacionamientos logística multimodal de autotransporte y carga.</p> <p>Revisión de accesos peatonales.</p> <p>Registro electrónico vehicular.</p> <p>Ofrecen: Tags, lectoras, antenas, software.</p> <p>Para tecnología Activa y pasiva.</p>
	<p>Werner Pegasus</p> <p>Empresa estadounidense que utiliza la tecnología de los principales proveedores de tecnología RFID, instalando poderosos sistemas de seguridad, designados para una implementación gubernamental de gran escala.</p> <p>Aplicaciones completas para permitir una segura emisión y verificación de licencias de manejo para conductores además de los documentos del registro vehicular, seguimiento y recuperación del mismo, así como un rápido despliegue de sistemas de control de acceso.</p> <p>Ofrecen: Tags, lectoras antenas, software para tecnología activa y pasiva.</p>

Apéndice B.- Análisis de Métodos para toma de Decisión Multicriterio

Software Semejantes

Debido a la importancia de tomar una buena decisión utilizamos métodos especiales y semejantes que nos den soporte a la hora de elegir una alternativa. Existen diversos algoritmos que han sido diseñados para ayudarnos en esta labor. Dada la complejidad de nuestra decisión utilizamos herramientas de software que nos permitan manejar de una manera más sencilla y más clara los métodos de decisión.

Evaluamos las alternativas de software disponibles para seleccionar la que sea más conveniente.

Las tres principales alternativas con las que contamos son:

- A. Expert Choice,
- B. Decisión Lab y
- C. WIN-PRE

A.- Expert Choice

El programa utilizado por el Proyecto para la aplicación del AHP es el Expert Choice. Este programa comercial trabaja en ambiente Windows y DOS, es de fácil uso y sirve como mecanismo de derivación de consensos participativos. El desarrollo del Expert Choice ha sido supervisado por el propio Saaty.

Los lectores interesados en ampliar información respecto del uso del Expert Choice u otra herramienta computacional de apoyo para aplicar el AHP, pueden consultar en internet, inclusive bajar versiones gratuitas para realizar ejercicios básicos.

De esta forma cada interesado podrá definir cuál es el programa de su preferencia que se adecúa a sus necesidades, intereses y recursos disponibles.

No obstante lo anterior, se enumeran a continuación los componentes básicos que lo conforman y se indica la dirección en internet donde se encuentra disponible una guía ilustrada con las orientaciones generales y la explicación de la base matemática del AHP y la versión Trial de Expert Choice que permite realizar ejercicios sencillos:

Aunque las herramientas computacionales como el Expert Choice suelen ser fáciles de usar, no se recomienda aplicar el AHP sin contar con una persona que domine la metodología más allá de lo meramente operativo.

Structuring (Estructuración)

Es un módulo que ayuda a los tomadores de decisión a identificar y organizar los elementos del problema en cuestión.

En Structuring se define cómo se construirá el modelo: desde arriba hacia abajo o desde abajo hacia arriba. Provee una interface intuitiva que ayuda a crear el modelo jerárquico. Esto incluye conceptos como los pro's y contras de las alternativas, los objetivos, criterios y sub-criterios.

La estructura lograda en Structuring puede pasarse directamente al módulo de Evaluation and Choice para construir totalmente el modelo jerárquico y luego iniciar las comparaciones de rigor.

Direct Model Building (Construcción Directa del Modelo)

El primer paso es crear el nombre para el archivo en el que se construirá el modelo. Seguidamente se debe ingresar la información respecto del objetivo, criterios, sub-criterios y alternativas, incluyendo una breve descripción de cada uno de ellos.

Pairwise Assessment (Comparación de 'a pares')

Una vez construido el modelo, el siguiente paso es iniciar la evaluación de los elementos del modelo jerárquico haciendo las comparaciones de a pares.

Este paso consiste en comparar relativamente dos elementos con respecto a un tercero. Las comparaciones se pueden hacer seleccionando el tipo de comparación mediante el uso de cualquiera de los siguientes tres términos: importancia, preferencia o probabilidad.

El término importancia se utiliza normalmente cuando se comparan criterios.

El término preferencia se utiliza cuando se comparan alternativas.

El término probabilidad se utiliza cuando se comparan eventos.

En este mismo sentido, se debe escoger entre tres posibles maneras para que el grupo decisor emita su juicio:

Verbal: Por medio de palabras como moderado, fuerte, etc. (estas palabras son equivalentes a la escala numérica).

Numérica: (desde 1 hasta 9). Ver escala de Saaty.

Modo gráfico: por medio de barras que representan a cada uno de los elementos que se están comparando.

Con CALCULATE se obtienen las prioridades de los elementos comparados. Se puede verificar EL RADIO DE INCONSISTENCIA; si es

mayor a 0.10 el programa señala cuál es la comparación donde se originó tal inconsistencia y permite corregir el juicio si es el caso.

Synthesis (Síntesis)

Evaluation and Choice sintetiza las prioridades obtenidas por los componentes del modelo y entrega el orden resultante para las alternativas.

El programa hará una serie de preguntas al decisor para generar automáticamente el modo de síntesis conveniente al problema en cuestión: ideal o distributivo. El modo de Síntesis Distributivo se utiliza en situaciones de decisión en las que se quieren priorizar las alternativas. El modo de Síntesis Ideal se utiliza cuando se quiere seleccionar la mejor alternativa.

Adicionalmente el programa tiene una opción de reportes de gran utilidad para documentar el proceso. Inclusive se puede generar información adicional y más detallada de aquellos juicios que requieran analizarse con mayor detalle.

Sensitivity Analysis (Análisis de Sensibilidad)

Esta opción permite analizar y observar gráficamente qué tan sensible es el orden resultante de las alternativas a cambios que se hagan en la importancia de los criterios del modelo.

Son cinco las opciones gráficas que presenta el programa para llevar a cabo el análisis de sensibilidad.

Los modos gráficos son:

- a. Dinámico
- b. Gradiente
- c. Performance
- d. Bi dimensional
- e. Diferencia

Ratings (Clasificación –Ordenación)

El módulo Ratings se utiliza cuando se aplica la medida absoluta (recomendado cuando se tienen más de siete alternativas y hasta cientos, miles de ellas). El modelo debe tener su objetivo, sus criterios y sub-criterios. En lugar de tener alternativas visibles en el modelo, se crean escalas debajo de los criterios y sub-criterios, contra las cuales las alternativas serán evaluadas.

Igual que en la medida relativa, los elementos del modelo se comparan de a pares y se mide su preferencia; la diferencia radica en que en la medida absoluta, este procedimiento se hace solo para los criterios y sub-criterios.

Las alternativas no se comparan porque no aparecen en el modelo; en su lugar, se comparan y se miden las preferencias de las escalas creadas que desprenden de los criterios y los sub-criterios.

Luego se selecciona la opción Ratings, la cual crea automáticamente una planilla con los criterios, sub-criterios y escalas ya comparadas y medidas las preferencias emitidas por los actores.

En esa planilla se deben listar el total de las alternativas y luego se procederá a evaluar cada una de ellas contra el estándar. Parte de los datos requeridos para evaluar las alternativas corresponde a la información que se encuentra en las bases de datos del SIRTPLAN.

El Módulo Ratings crea automáticamente un archivo en Excel a través del cual se pueden importar datos, que son suministrados por las bases de datos del SIRTPLAN, a la planilla del módulo para realizar la evaluación de las alternativas.

Cada alternativa se evaluará contra el estándar de la planilla, obteniéndose un puntaje para cada una de ellas. Al final el resultado será una priorización ('ranking') de las mismas.

Este software utiliza el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico)

Método AHP (Proceso Analítico Jerárquico)

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP por sus siglas en inglés Analytic Hierarchy Process) es un método matemático creado para evaluar opciones cuando se tienen en consideración varios criterios. En ocasiones, la naturaleza del problema obliga a considerar criterios de naturaleza "intangibles"; es decir, aquellos criterios cuya cuantificación es, cuando menos, difícil. Ejemplo de ello son conceptos como el confort, el bienestar, la salud, la vulnerabilidad, la percepción que un cliente tenga sobre la imagen medioambiental de una empresa, la capacidad de gestión de una alcaldía, la corrupción, la dedicación de un estudiante o un funcionario público, el sabor de una bebida y tantos otros, cuya consideración sería de gran utilidad, de ser tomados en cuenta en el proceso de toma de decisiones. El Proceso Analítico Jerárquico propone una metodología especialmente útil para este efecto, pues está basado en el principio de que la experiencia y el conocimiento de los actores son tan importantes como los datos mismos utilizados en el proceso.

Ventajas:

Es un software muy sencillo de usar.

Cubre por completo el modelo a evaluar con distintos evaluadores.

Los resultados son muy sencillos de interpretar.

En las figuras B.1, B.2 y B.3 se muestran pantallas principales de la herramienta.

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular

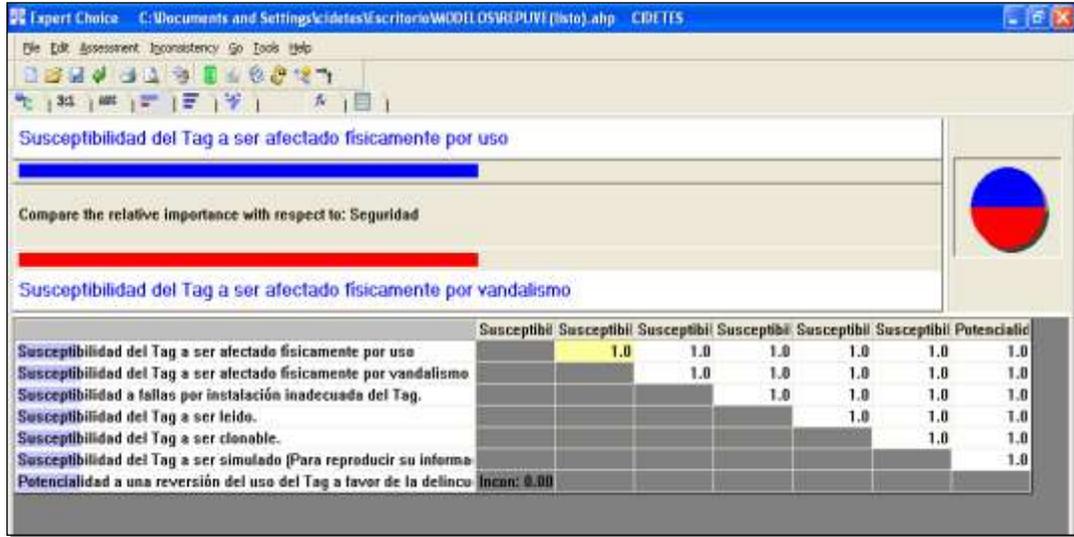


Figura B.1 Muestra subcriterios y ponderaciones.

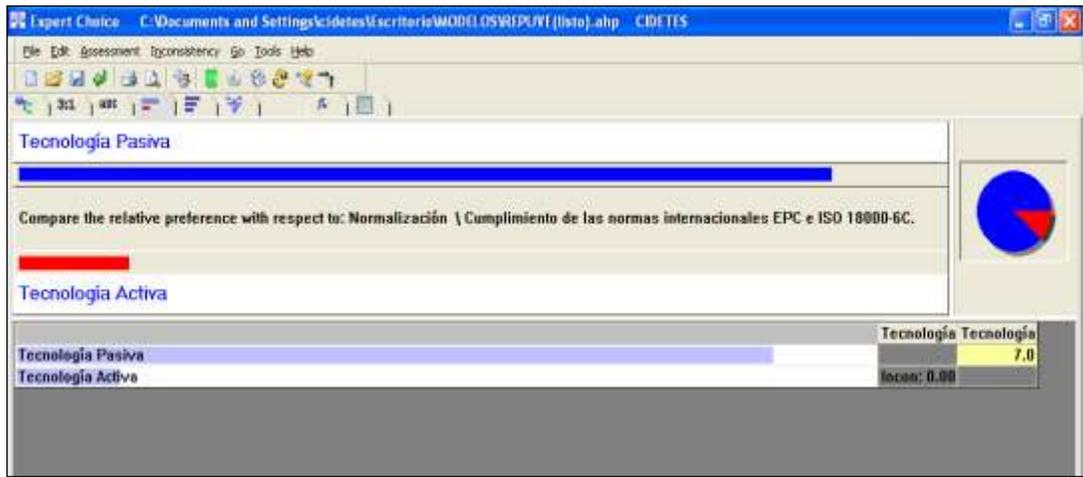


Figura B.2.- Muestra de resultados entre elementos a comparar.

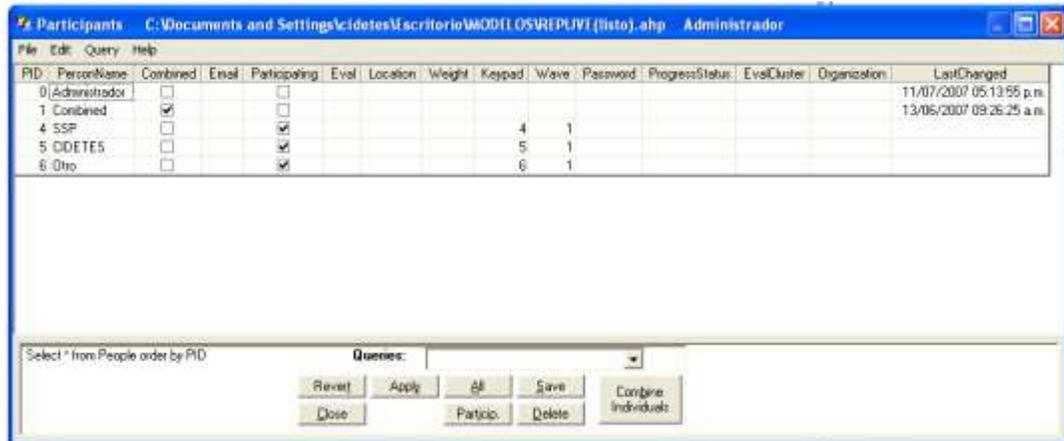


Figura B.3.- Participantes del modelo.

B.- Decision Lab

Este software utiliza el método Promethee I y II

Método Promethee

El método Promethee ha sido diseñado para tratar con problemas de múltiples criterios, en los que existe un conjunto finito de alternativas.

Los métodos PROMETHEE son un punto intermedio entre los métodos multicriterio basados en relaciones de dominancia, demasiado pobres y la complejidad derivada de las funciones de utilidad. Sus principales características son la claridad, la simplicidad y su estabilidad, si bien es cierto que se le critica cierta subjetividad ya que es el decisor el que establece los pesos asignados a cada atributo de las alternativas y las diferentes formas de las funciones de criterio, lo cual puede variar los resultados según el técnico que haga el estudio.

El método Promethee I va a permitir obtener un preorden parcial mientras que el Promethee II da como resultado un preorden completo. A partir de estas ordenaciones, podemos obtener un conjunto de buenas alternativas para resolver el problema.

Ventajas:

Se cuenta con licencia para su uso (de tipo estudiante)

Varios casos documentados en los que se ha usado la metodología y el software.

Desventajas:

No soporta el modelo de manera adecuada (hay que hacer una adaptación).

Capturas de pantalla

A continuación se presentan las graficas B.4, B.5, B.6, B.7 y B.8 en donde se muestran diversos resultados con un ejercicio supuesto.

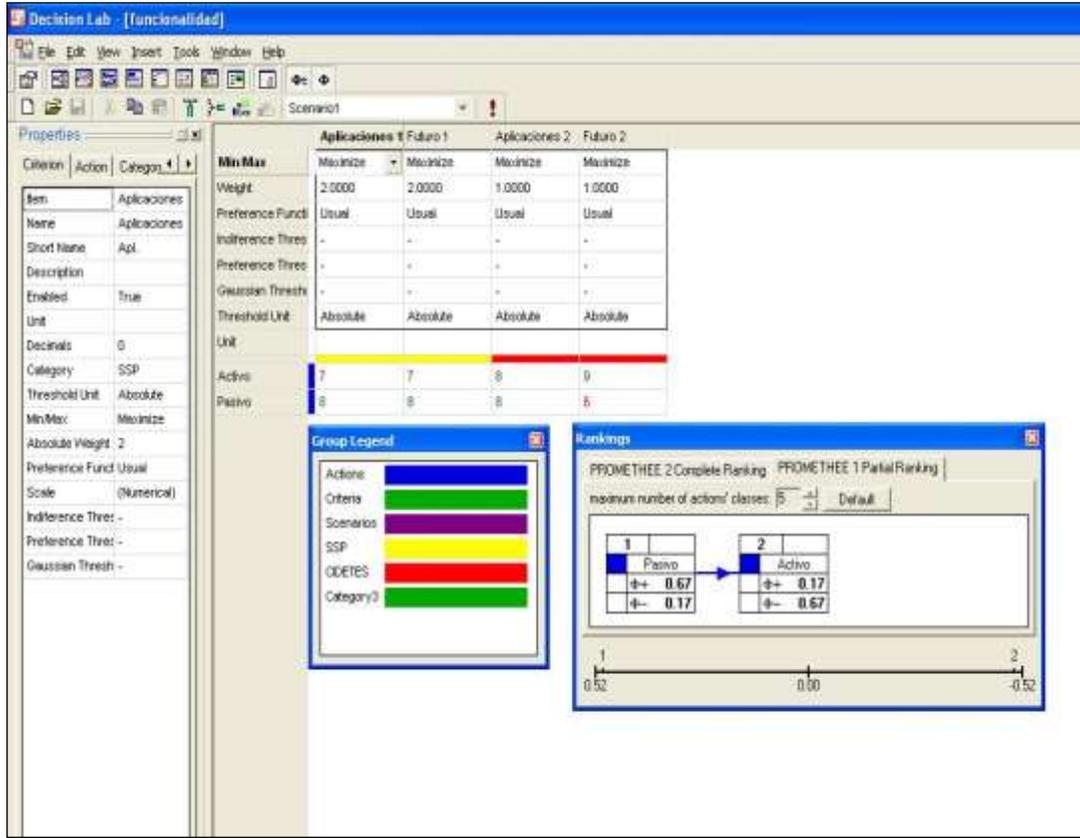


Figura B.4.- Resultados parciales de la evaluación de uno de los criterios.

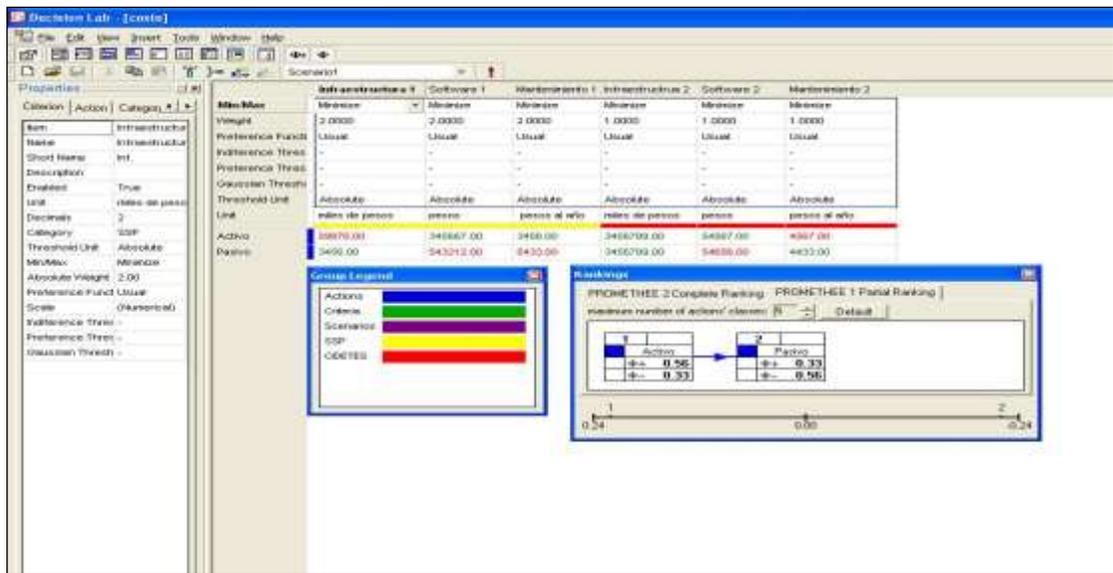


Figura B.5.- Resultados parciales de la evaluación de otro criterio.

Esto lo hacemos con ejemplos muy generales solo para facilitar la comprensión del software.

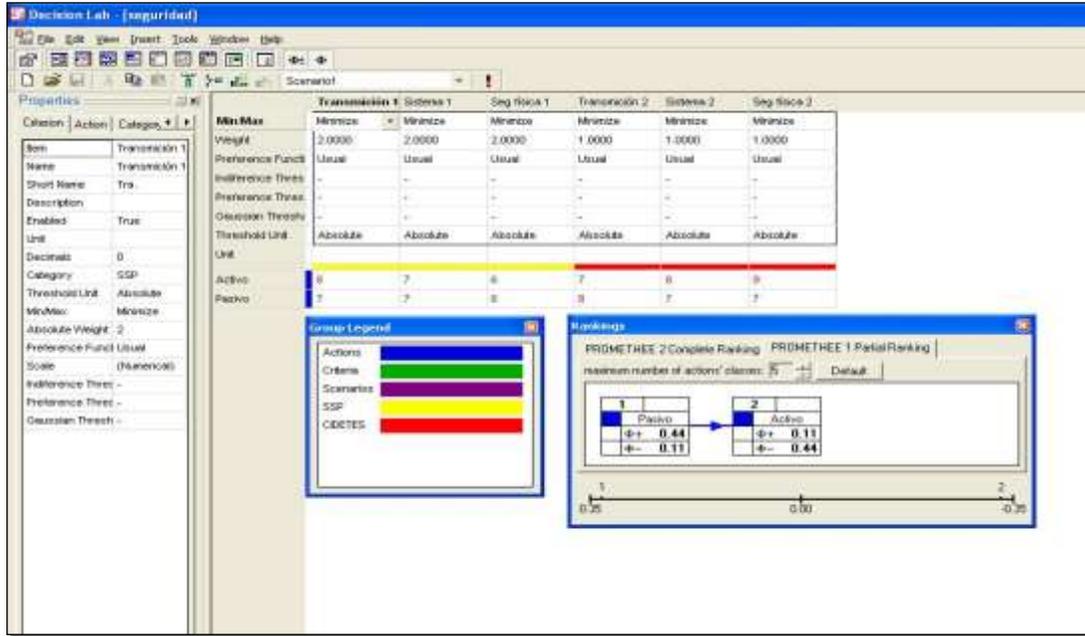


Figura B.6.- Resultados parciales de la evaluación de otro criterio.

Cada criterio tiene su tabla en la que irá asignando un peso y un diagrama con los resultados parciales.

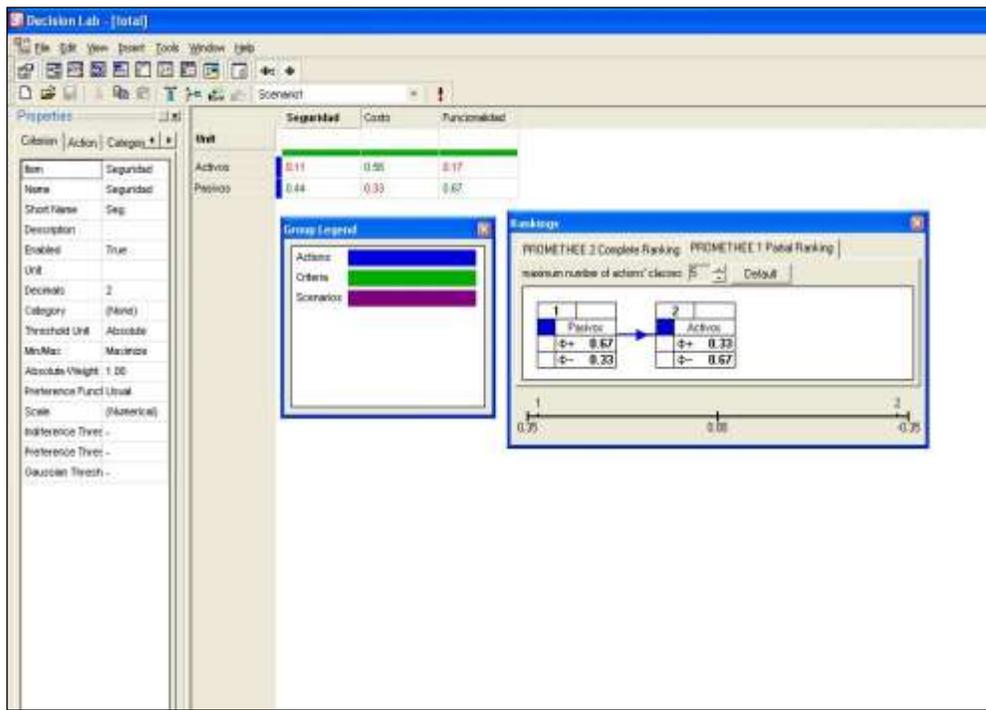


Figura B.7.- Resultados totales.

Juntaremos los resultados parciales de los criterios para obtener el resultado final.

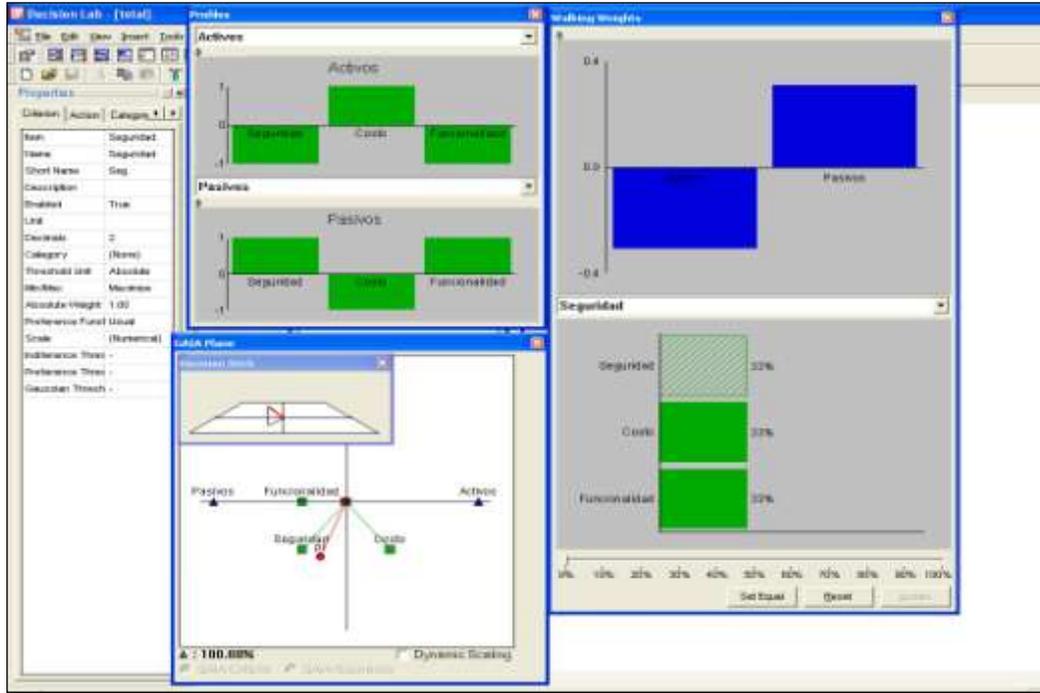


Figura B.8.- Graficas de resultados.

Decisión Lab nos permite generar varias gráficas que nos ayuden a entender el proceso de decisión.

C.- WIN-PRE

Este software es una alternativa gratuita que también utiliza el método AHP. Fue encontrada navegando en Internet. Se probó con algunos ejemplos para ver su funcionamiento y se comparó con el rendimiento obtenido con Expert Choice.

Ventajas:

- Este software es gratuito y puede ser descargado desde Internet

Desventajas:

- Es más difícil de entender que su similar (Expert Choice)

- Interfaz gráfica muy simple

- Es un software muy limitado que no cumple con las exigencias

- No hay registros de su uso en caso formales

Capturas de pantalla,

A continuación se presentan las graficas B.9, B.10 y B.11, en donde se muestran diversos resultados con un ejercicio supuesto.

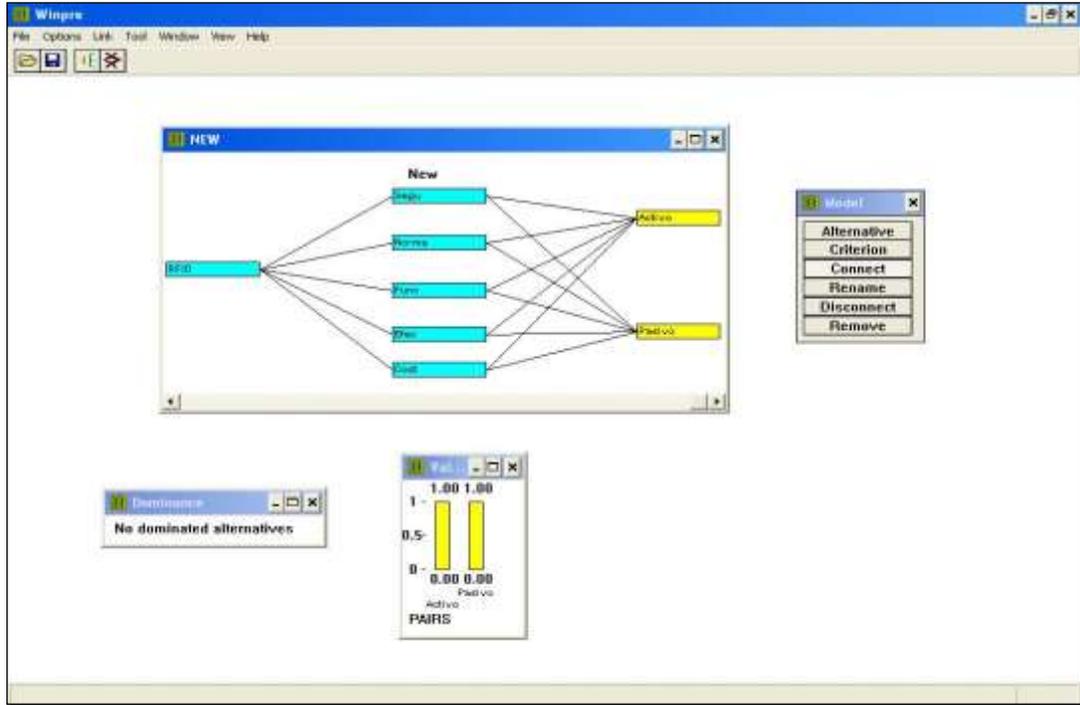


Figura B.9.- Representación gráfica de la jerarquía.

Podemos ver los elementos con los que cuenta WIN-PRE

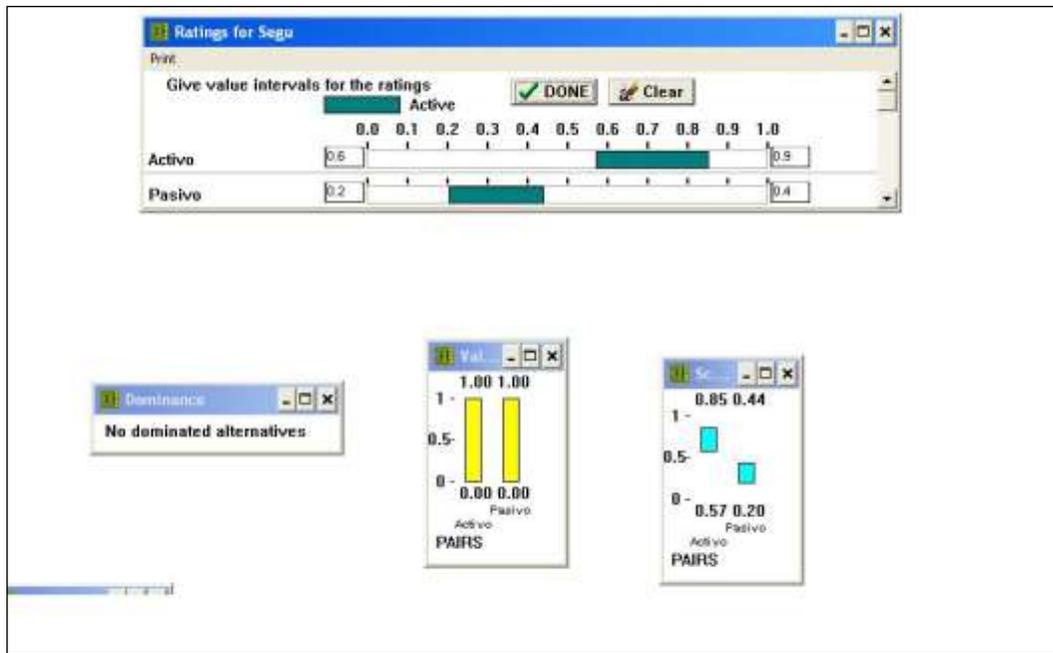


Figura B.10.- Evaluación de las alternativas.

En esta pantalla haremos la comparación de las alternativas respecto alguno de los criterios

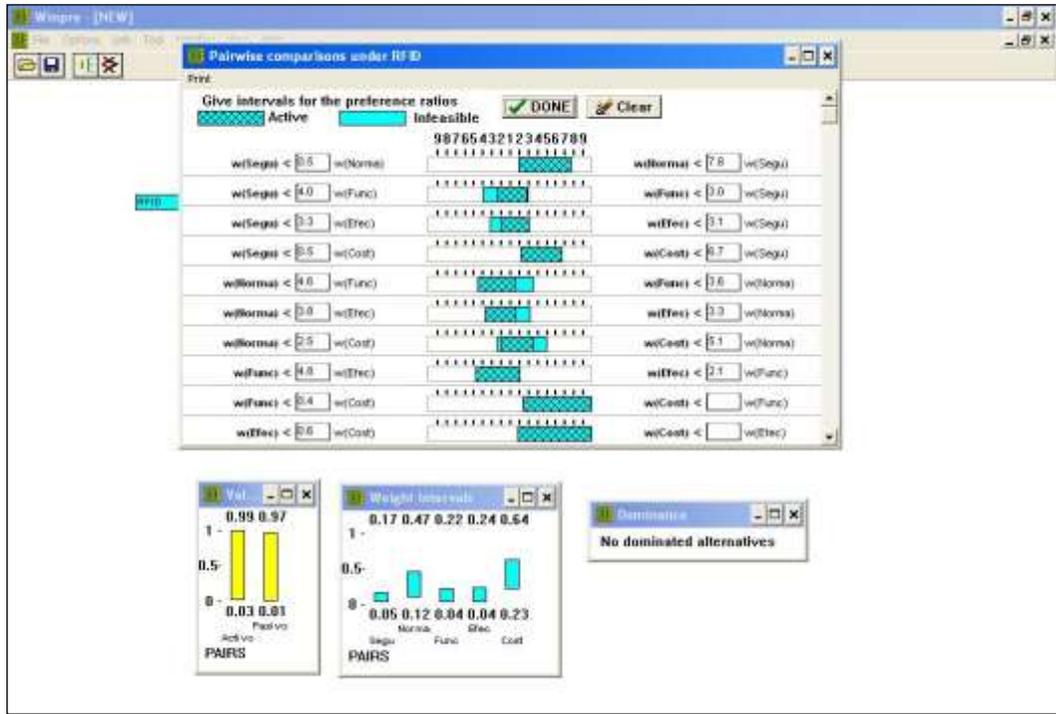


Figura B.11.- Ponderación de los criterios.

Con esta interface haremos las comparaciones uno a uno con las que generaremos la ponderación de los criterios. Las gráficas de la parte inferior son las tablas de resultados.

Comparación entre diversos métodos con el A.H.P.

En la tabla B.1 se presenta un cuadro comparativo entre el método A.H.P. y el método D.M.D y una columna con el resultado de la comparación.

Tabla B.1.- Comparación del método AHP con otros métodos de decisión multicriterio

Método A.H.P.	Otros Métodos D.M.D.	Resultado de la Comparación
Lo fundamental es el ejercicio de análisis del problema de decisión.	Lo fundamental es obtener un ordenamiento confiable.	El A.H.P. es más objetivo que la D.M.D.
El decisor es racional, puede identificar las alternativas y establecer sus preferencias.	El decisor es racional, puede identificar las alternativas y establecer sus preferencias.	Coincidencia
El decisor puede estructurar el problema de decisión mediante una jerarquía de criterios.	El decisor puede especificar los criterios a considerar.	El A.H.P. amplía los requisitos de la D.M.D.
Es conveniente que el ordenamiento sea específico, comparando por pares.	El decisor puede especificar tanto ordenamiento globales como específicos.	El A.H.P. utiliza una alternativa prevista en el D.M.D.
Se utilizan varias funciones de utilidad, utilizando la tabla de escalas de preferencias de Saaty.	Las preferencias pueden expresarse como números reales (funciones de utilidad).	El A.H.P. utiliza una alternativa prevista en el D.M.D.
Se desea expresar la intensidad las preferencias, por lo que el método debe de ser cardinal, es decir, de principios.	Pueden emplearse métodos ordinales y cardinales, es decir de orden y de principios.	El A.H.P. utiliza una alternativa prevista en el D.M.D.
Por inconsistencias, hay juicios que se deben de replantear, se estandariza eliminando el grado de inconsistencia.	La estandarización no debe deformar los juicios.	Es mejor replantear juicios (A.H.P.), que trabajar con un D.M.D. con juicios que me darán resultados poco confiables.

Listado de Figuras

1.1	Código de barras= Numeración estándar + Símbolo.	14
1.2	Sistema de lectura de un código de barras.	15
1.3	Código de barra de dos dimensiones.	17
1.4	Sistemas biométricos actuales.	23
1.5	División de las características biométricas.	24
1.6	Representación de minucias.	25
1.7	Tarjeta Inteligente.	32
1.8	Tarjeta Asincrónica.	33
1.9	Tarjeta Inteligente sin Contacto.	34
1.10	Componentes de un Sistema RFID.	39
1.11	Sistema Close Coupling.	45
1.12	Sistema de acoplamiento inductivo.	45
1.13	Representación de Campo magnético.	46
1.14	Ecuación de la fuerza magnetizante.	47
1.15	Ecuación de la permeabilidad magnética.	47
1.16	Líneas de flujo magnético.	48
1.17	Densidad de flujo o Inducción magnética.	48
1.18	Representación del flujo magnético.	49
1.19	Inductancia mutua.	50
1.20	Representación de las ondas electromagnéticas.	51
1.21	Representación de la Potencia Isotrópica.	53
1.22	Bloques de Funcionamiento de un Sistema RFID.	54
1.23	Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK).	56
1.24	Matriz de relaciones paralelas.	65
1.25	Modelo Jerárquico.	69
2.1	Contenedores de chips.	73
2.2	Etiqueta RFID.	74
2.3	Chip RFID para implante en Humanos (antes – después).	75
2.4	Radiobalizas con RFID.	77
2.5	Usos de tecnología RFID en la cadena de suministros.	82
2.6	Logo EPC global	82
2.7	Descripción de la arquitectura Savant.	83
2.8	Diagrama del protocolo de enlace entre Interrogador y Tag.	84

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular

2.9	Tag bajo el estándar EPC Clase 1 Gen 1.	85
2.10	Logotipo de la organización ISO.	86
2.11	Logotipo de la organización AMECE.	87
2.12	Logotipo de la COFETEL.	88
2.13	Espectro de ondas electromagnéticas.	89
2.14	Componentes sistema RFID pasivo propietario.	90
2.15	Componentes sistema RFID activo propietario.	91
2.16	Componentes sistema RFID con tecnología abierta.	92
2.17	Sistema Cerrado RFID Activo con interoperabilidad.	94
2.18	Brasil, Proyecto para el control vehicular.	95
2.19	Pakistán, Proyecto para el control vehicular.	96
3.1	Tipo de medios que operan como WORM.	99
3.2	Tags con memorias EEPROM habilitados como WORM.	100
3.3	Imagen interoperabilidad y seguridad del sistema.	101
3.4	Transponder RFID con Tecnología Activa.	101
3.5	Transponder RFID con Tecnología Pasiva.	102
3.6	Ejemplo de lectores para RFID.	102
3.7	Componentes de un Sistema RFID para control vehicular.	103
3.8	Pantalla de visualización utilizada en las pruebas.	104
3.9	Algunas funciones del Middleware.	104
3.10	Sistema básico de la tecnología RFID.	105
3.11	Diagrama del área de detección de señales.	107
3.12	Distribución de señal radioeléctrica en el área de detección.	107
3.13	Medición del espectro para tag activo a 433 Mhz.	109
3.14	Medición del espectro para tag activo a 915 Mhz.	109
3.15	Sitio de prueba de campo en el IPN.	115
3.16	Distribución de la señal radioeléctrica y su esquema de medición.	116
3.17	Modelo Jerárquico para Seleccionar la mejor tecnología RFID.	127
3.18	Grafica de criterios y resultados parciales.	133
3.19	Se muestra el resultado parcial por cada criterio.	134
3.20	Comparación de criterios.	134
3.21	Gráficas de sensibilidad.	135
3.22	Pantalla con los resultados de cada uno de los participantes.	137
3.23	Pantalla con los resultados de Alberto Lepe.	138
3.24	Pantalla con los resultados de Raúl Jara.	138
3.25	Pantalla con los resultados de Luis Vera.	138

Investigación Etiquetas RFID para la Identificación Vehicular

3.26	Pantalla con los resultados de Ramón Garza.	139
3.27	Pantalla con los resultados de Jaime Plancarte.	139
3.28	Pantalla con los resultados de Abundio Rodríguez.	139
3.29	Pantalla con los resultados de Omar Soto.	140
3.30	Pantalla con los resultados de Pedro Pérez.	140
3.31	Pantalla con los resultados Combinados.	140
5.1	Modelo Conceptual del Sistema con elementos de RFID.	149
B.1	Muestra subcriterios y ponderaciones.	179
B.2	Muestra de resultados entre elementos a comparar.	179
B.3	Participantes del modelo.	179
B.4	Resultados parciales de la evaluación de uno de los criterios.	181
B.5	Resultados parciales de la evaluación de otro criterio.	181
B.6	Resultados parciales de la evaluación de otro criterio.	182
B.7	Resultados totales.	182
B.8	Graficas de resultados.	183
B.9	Representación gráfica de la jerarquía.	184
B.10	Evaluación de las alternativas.	184
B.11	Ponderación de los criterios.	185

Listado de Tablas

1.1	Comparación de los diferentes sistemas de identificación.	38
1.2	Resumen de la evolución de la tecnología RFID.	41
1.3	Clasificación de las Ondas en Telecomunicaciones	52
1.4	Tabla de Consistencia	66
3.1	Datos lectoras	106
3.2	Datos cables coaxiales	106
3.3	Datos antenas	106
3.4	Datos antenas tipo yagi.	106
3.5	Resultados medidos a 120Km/h de velocidad.	108
3.6	Resultados medidos a 140Km/h de velocidad.	108
3.7	Resultados medidos a 160 y 180 Km/h de velocidad.	108
3.8	Resultados medidos a 800Km/h de velocidad.	108
3.9	Resultados medidos a 80Km/h de velocidad.	110
3.10	Resultados medidos a 120Km/h de velocidad.	110
3.11	Resultados medidos a 140Km/h de velocidad.	110
3.12	Resultados medidos a 160 y 180 Km/h de velocidad.	110
3.13	Distancias observadas en la lectura	112
3.14	Ángulos de rotación que ocasionan lectura cero.	113
3.15	Porcentajes de reducción en las lecturas	113
3.16	Lecturas con múltiples tags pegados en el parabrisas	114
3.17	Lecturas en diferentes ángulos de inclinación.	116
3.18	Potencia radiada dentro de una cámara anecóica	117
3.19	Diferentes ángulos de Azimut	118
3.20	Señal interferente	118
3.21	Potencia isotrópica radiada para cada sistema.	119
3.22	Señal interferente	119
3.23	Escala de Saaty	131
3.24	Preferencias para el nivel del modelo	131
B.1	Comparación del método AHP con otros métodos de decisión multicriterio	186

Bibliografía

Referencias Bibliográficas:

- [1] Boylestad Robert L., Introducción al análisis de circuitos, Pearson Educación, Décima Edición, 2004, pp. 442.
- [2] Boylestad Robert L., Introducción al análisis de circuitos, Pearson Educación, Décima Edición, 2004, pp. 442.
- [3] Boylestad Robert L., Introducción al análisis de circuitos, Pearson Educación, Décima Edición, 2004, pp. 438.
- [4] Wayne Tomasi, Sistemas de comunicaciones electrónicas, Pearson Educación, Cuarta Edición, 2003, pp 378.
- [5]. Ciudad José Maria & Samá E. Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC. Universitat Politècnica de Catalunya, 2005, pp 76-79.
- [6] Asimov, Isaac, Enciclopedia biográfica de ciencia y tecnología: la vida y la obra de 1197 grandes científicos desde la antigüedad hasta nuestros días, Alianza Editorial Mexicana, 1988, pp. 910-911
- [7] Herbert Simon, The New Science of Management Decision, Harper and Row, New York, 1960
- [8] Saaty Thomas L., The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World, RWS Publications, Pittsburgh University New Edition 2001
- [9] Saaty Thomas L., How to make a Decision, European Journal of Operational Research, 1990, 48:9-26
- [10] Martinez Eduardo & Escudey Maurico, Evaluación y Decisión Multicriterio. Evaluación y Decisión Multicriterio, Reflexiones y Experiencias, Editorial Universidad de Santiago, 1998, pp 17-46.
- [11] Martinez Eduardo & Escudey Maurico, Evaluación y Decisión Multicriterio. Evaluación y Decisión Multicriterio, Reflexiones y Experiencias, Editorial Universidad de Santiago, 1998, pp 17-46.
- [12] Dessenne Gerard. RFID: Normativas y estándares, DATACollection revista mes de Diciembre, 2005, pp 20-30.
- [13] Hacking Exposed Linux: Linux Security Secrets & Solutions, McGraw-Hill Osborne Media. Tercera Edición, 2008. pp.298

Bibliografía, artículos y direcciones electrónicas de interés relacionadas con RFID

- 860MHz – 930MHz Class Logical Communication 1.0.1. Auto-Id Center, 2002.
- Acevedo Victor, Sistema de Registro y control del salida de elementos mediante dispositivos RFID, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2004.
- AIM Global Standard for the use if the AIM RFID Mark and Index to Identify RFID Enabled labels. AIM Inc., 2004
- Alfaro A. & López R. RFID: Tecnología, Aplicaciones y perspectivas. LIBERA whitepaper series, 2006.
- Beyond Passive RFID Tags, White Paper Sensitech, 2004.
- Cardama Ángel, Roca Luis Jofre & Rius Juan Manuel, Antenas, Edicions UPC, 1998.
- Daniel W. Engels, The Reader Collision Problem, Auto-Id Center, 2001.
- David L. Brock, Integrating the Electronic Product Code (EPC) and the Global Trade Item Number (GTIN), Auto-Id Center, 2003.
- EPC Tag Data Standards Version 1.1 Rev. 1.24., Standard Specification 01, EPCglobal Inc., 2004.
- Finkenzeller K. RFID Handbook Fundamental and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, John Wiley and Sons. 2da Edición, Munich, 2003.
- García T. Emulación de RFID activo mediante la plataforma MICAz. Universitat Politècnica de Catalunya, Cataluña, 2006.
- HF Antenna Design Notes, Technical Application Notes, Texas Instruments, 2003.
- <http://RFID-handbook.com>, Provee información actual sobre la industria que utiliza la tecnología RFID, así como los estándares de referencia, Febrero 2007.
- <http://webpace.webring.com/people/lw/webberman/links.html>. Provee listado de artículos con opinión sobre identificación a través de RFID. Mayo 2007.
- Jerry Landt, Shrouds of Time, The history of RFID, AIM Inc., 2001.
- Larry Blue, Kevin Powel, EPC and Radio Fequency Identification (RFID) Standards, Matrics Inc., 2004.
- Martin Feldhofer, Sandra Dominikus, and Johannes Wolkerstorfer, Strong authentication for RFID systems using the AES algorithm,

Proceedings of the Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, Graz University of Technology, 2004.

- Matthew Reynolds, Joseph Richards, Sumukh Pathare, Harry Tsai, Yael Maguire, Rehmi Post, Ravikanth Pappu, Bernd Schoner., Multi-Band, Low-Cost EPC Tag Reader, Auto-Id Center, 2002.
- Naccache A. & Palmer CRFID Malware Truth vs. Myth, IEEE COMPUTER SOCIETY, 2006.
- Near field communication interface and protocol, ECMA-340, 2004.
- O'Connor M. Airgate Offering Product Authentication Platform. RFID Journal, Inc., 2007.
- Simon Ramo, Fields and Waves in Communication Electronics, John Wiley, 1984.
- Smart tags: RFID becomes the new bar code, IBM Business Consulting Service, 2003.
- Stephen C., Security Analysis of a Cryptographically-Enabled RFID Device. USENIX Association, 2006.
- The Application Level Events (ALE) Specification,3 Version 1.0. EPCglobal Inc., 2005.
- Youbok Lee Ph.D, Antenna Circuit Design for RFID Applications, Microchip Technology Inc., 2003.