AA5322

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO
CENTRO CULTURAL PADRE CARLOS G. PLAZA S.J.
BIBLIOTECA CENTRAL - SALA P. PLAZA S.J.
PLANTA BAJA - SALA - TESIS

UCAB Universidad Católica ANDRÉS BELLO

Ingeniería de Telecomunicaciones UCAB

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

VICERRECTORADO ACADÉMICO

ESTUDIOS DE POSTGRADO

ÁREA DE INGENIERÍA

Postgrado Especialización Técnica en Telecomunicaciones

Trabajo Técnico de Grado

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA CRONOMETRAJE EN CANOTAJE DE AGUAS TRANQUILAS MEDIANTE EL USO DE LA TECNOLOGÍA RFID.

Presentado por

T.S.U. Ávila Cervantes Heumir Rogelio

Para optar al título de

Técnico Superior Especialista en Telecomunicaciones

Tutor

Ing. Ms. Javier Barrios

Caracas septiembre de 2012

Indice

Indice ____ *i*

Indice de Figuras ____ *iii*

Indice de Tablas ____ *iii*

Indice de Ecuaciones ____ *iii*

DEDICATORIA ____ *iv*

AGRADECIMIENTOS ____ *iv*

CAPITULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION ____ *1*

1.1 Planteamiento del Problema ____ **1**

1.2 Antecedentes: ____ **1**

1.3 Objetivos ____ **2**

1.3.1 Objetivos Generales ____ 2

1.3.2 Objetivos Específicos ____ 2

1.4 Justificación e Importancia ____ **3**

1.5 Alcances y limitaciones. ____ **5**

1.5.1 Alcances ____ 5

1.5.2 Limitaciones ____ 5

CAPITULO II: MARCO TEORICO ____ *6*

2.1 Monitoreo ____ **6**

2.2 El Sistema RFID ____ **6**

2.2.1 Principios Físicos ____ 9

2.2.1.1 Campo Electromagnético. ____ 9

2.2.1.2 Densidad de Radiación ____ 10

2.2.1.3 Polarización Electromagnética ____ 11

2.2.1.4 Reflexión de las Ondas Electromagnéticas ____ 12

2.2.2 Hardware ____ 13

2.2.2.1 El Tag "Etiquetas" ____ 13

2.2.2.2. Interface de Aire ____ 14

2.2.2.3 Operaciones Básicas ____ 16

2.2.2.4 Lectores o Readers ____ 18

2.2.2.5. Componentes Físicos ____ 19

2.2.2.6. Componentes lógicos ____ 21

2.2.2.7. Tipos de lectores ____ 23

2.2.3. Elementos de *software* ____ 24

2.2.3.1. RFID System Software ____ 25

2.2.3.2. RFID Middleware 25
2.2.3.3. Host Application 26
2.3. Estandarización y regulación 27
2.3.1 Estándares actuales 27
2.3.1.1. ISO 28
2.3.1.2. EPC 29
2.3.1.3 EPC Gen2 30
2.3.2. Regulación 31
2.4. Antena dipolo de media onda 33
CAPITULO III MARCO METODOLOGICO 35
3.1 Tipo de Investigación. 35
3.2 Diseño de la investigación 36
CAPITULO IV Desarrollo de la Propuesta 37
4.1 Construcción del cronometro basado en LabVIEW 37
4.2 Interconexión de sistemas 38
4.3 Generación de reportes de salida. 42
4.4 GUI Guía de Interfaz de Usuario 44
CAPITULO V Conclusiones y Recomendaciones 46
5.1 CONCLUSIONES 46
Referencias Bibliograficas 47
Bibliografía 47

Indice de Figuras

Figura 1 Un sistema RFID básico. 7
Figura 2 Tipos de Polarización. 11
Figura 3. Tags de sistemas RFID..... 13
Figura 4. Diferentes lectores RFID. 19
Figura 5. Componentes físicos de un lector RFID. 20
Figura 6 Componentes lógicos de un lector RFID 21
Figura 7. (a) Lector de portal, (b) Lector de túnel. 23
Figura 8. (a) Lector de mano, (b) Estantería inteligente..... 24
Figura 9. Lazo while 37
Figura 10. Lazo "while", shiftregisters y reloj de retardo para la secuencia. 37
Figura 11. DAQ Multifunción de bajo costo NI USB-6009..... 38
Figura12–Puertos de entrada /salida y pinout del panel posterior Lector RFId ALR-9900..... 39
Figura 13-Circuito equivalente de entrada y salida panel posterior Alien ALR-9900. .. 40
Figura 14. Circuito detector de pulsos 41
Figura 15. DAQMxRead.vi 41
Figura 16. Rutina detector de pulsos. 42
Figura 17. Rutina Generador de Reportes. 43
Figura 18. Panel Frontal GUI. 44
Figura 19. Cronometro Competidor 1 45

Indice de Tablas

Tabla 1 Bandas de frecuencia y rango de lectura de RFID 8
Tabla 2. Características principales del dipolo de media onda. 34

Indice de Ecuaciones

Ecuación 1. Longitud de onda..... 9
Ecuación 2. Densidad de radiación 10
Ecuación 3. Potencia por retro dispersión (Backscatter Power) 12
Ecuación 4. Densidad de radiación recibida por el lector. 12

DEDICATORIA

En agradecimiento mis padres gracias a ellos obtuve la vida y el aprendizaje para enfrentarla...

A mi esposa Yelitza Parra por su paciencia en la realización de este trabajo.

A mi mentor de vida Dr Daisaku Ikeda quien me alienta a no rendirme y a demostrar con nuestras vidas que puedo ser un mejor ser humano cada dia.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores: Nicola Buonanno, Mayra Narvaez, y Javier Barrios.

Por darme la oportunidad de profundizar en mi formación. Gracias a ellos el proyecto de especialización técnica en la UCAB es una realidad.

A mis compañeros de trabajo Felix Ziegler por alentarme cada a dia a mejorar profesionalmente.

A Darwin Diaz por darme la idea para desarrollar esta aplicación.

CAPITULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente en las competencias de canotaje y slalom de rio, el cronometraje se efectúa manualmente, por lo cual se introduce inexactitud y errores en las mediciones de tiempo sobre todo donde las actividades de entrenamiento y desempeño en las competencias de los atletas. Para obtener mayor nivel de logística y procesamiento de los datos en torneos nacionales es necesario implementar un sistema automatizado de cronometraje parcial y total para la pista de entrenamiento y futuras competencias en la modalidad de canotaje de aguas blancas y slalom de rió de aguas turbias. El mismo consiste en hacer las mediciones en campo, en este caso, en un trazado de aguas tranquilas el cual será simulado en tierra para determinar la eficiencia y funcionamiento del diseño.

1.2 Antecedentes:

- No hay existencia en Venezuela de sistemas de cronometraje para pistas de canotaje y slalom de rió. La medición del tiempo se hace de la siguiente manera:
    - Jueces Cronometradores (3): son responsables del registro de los tiempos. Estos deben ser tomados por cronos con dispositivo de parada.
    - Antes de cada prueba, el jefe de cronometradores verificará si los cronos han sido puestos a cero y probados y repartirá el trabajo entre los cronometradores.
    - Al final de cada prueba comparará los tiempos oficiales con los otros jueces cronometradores.

- Cada prueba estará controlada, como mínimo, por dos cronos. Cuando los cronos no hayan registrado el mismo tiempo, el tiempo peor, será considerado como correcto. (Reglamento en competencias Federacion Española de Piragüismo).

- Existen sistema de cronometraje solo para competencias de alto nivel internacional específicamente olimpiadas y mundiales para pista y campo. Como también en campeonatos panamericano de la disciplina.

- La Tecnología RFID se está usando actualmente para cronometrar competencias de maratones en Caracas y a nivel nacional. De manera que constituye un campo muy versátil en el área del cronometraje deportivo ya sea en pista y campo como en competencias a motor donde se necesita exactitud en tiempo real y procesamiento de la información a alta velocidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivos Generales

Desarrollar un sistema automático de cronometraje para competencias de canotaje en aguas tranquilas usando tecnología RFID.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Construir la interfaz necesaria para facilitar tanto a jueces como a competidores la medida del tiempo parcial y total en la competencia.

- Diseñar un instrumento virtual basado en lenguaje G.

- Transmitir y procesar la información del tiempo en competencia de manera inalámbrica usando tecnología RFID.

1.4 Justificación e Importancia

La presente investigación se justifica porque permitirá integrar dos tecnologías de forma simultáneas como lo son el diseño de un instrumento virtual basado en lenguaje G y la adquisición de los datos usando tecnología RFID. La tecnología RFID es muy usada en el área de procesos de manufactura, control de acceso para encomiendas en áreas de almacenaje, o simplemente como control anti hurto en establecimientos comerciales. Es un tipo de tecnología muy confiable porque permite almacenar en los "tags" (identificador) información resumida de forma electrónica. Lo que potencia su uso a nivel de competencias deportivas y reduciendo errores fortuitos producidos por el observador humano. Cabe destacar que la intención de este sistema, no es sustituir a los jueces o árbitros en competencias, sino que más bien servirá como una herramienta en el momento de tomar alguna decisión critica.

En la actualidad el uso de la tecnología en competencias deportivas se está haciendo más popular, en algunas disciplinas la resistencia al cambio es mucho mayor tales como en el futbol (soccer) porque, a razón de las autoridades, el error humano es necesario para que el juego de futbol no pierda su esencia. Sin embargo se está haciendo el uso de equipo de telecomunicaciones personales del tipo PPT (Push to Talk) para la comunicación del personal técnico dentro de la cancha, árbitro principal y asistentes. En el beisbol ahora se usa la repetición instantánea para corregir algunas jugadas dudosas como en los homeruns (batazos de cuadrangular), o jugadas en las bases como el safe (a salvo) o el Out (fuera), en carreras de pista y campo se usan tags rfid y sistemas de posicionamiento global (GPS) para observar el desempeño de los atletas en las competencias y los entrenamientos, asistidos con programas especialmente diseñados para sacar de los atletas el mejor resultado posible. De manera que no es ajeno para nosotros ver como grandes marcas deportivas como Nike o Adidas se asocian con fabricantes de tecnología como Apple o Google para crear

dichos software y verlos funcionar como aplicaciones en los "smartphones" como los Iphone o teléfonos con el sistema operativo Android.

Significa entonces que tecnología y deporte se hacen cada vez más familiares para nosotros y constituyen una tendencia en el futuro inmediato.

La ICF (*International Canoe Federation)* Federación Internacional de Canotaje o Piragüismo es la máxima autoridad en esta disciplina y la encargada de establecer los lineamientos en competencias internacionales como Juegos Olímpicos y Juegos Panamericanos y en el reglamento que comenzó a regir el 1 de Enero del año en curso, en su parágrafo número 40.5 del reglamento dice: " En el proveedor del sistema - eventos ICF puede llevarse a cabo exclusivamente con un proveedor de sistemas de TI aprobado por la ICF.

El sistema informático tiene la tarea de proporcionar información tal como se define en "El Manual de ICF para los campeonatos de canoa. Cuyos requisitos son:

- Actualización instantánea con el programa de la competencia
- Actualizaciones de la Reunión de Líderes de Equipo "
- Las operaciones de la carrera, incluida la clasificación inmediata de los barcos.
- Punto de clasificación
- Estadísticas (por ejemplo, el número de carreras, los atletas, los mejores tiempos).
- Interfaz de que se pueden utilizar los medios de comunicación / espectadores.
- Sistema en línea (on-line las entradas, acreditaciones, listas de salida, los resultados en el sitio web)."

De manera que es obligatorio el uso de sistemas de cronometraje electrónicos para dichas competencias. Las compañías como Alien Tecnology apuestan por este campo incentivando al desarrollo de aplicaciones que lleven a potenciar sus productos a nivel mundial. En tal sentido ha hecho una alianza estratégica con la compañía sueca Race Timer para el cronometraje de carreras en eventos de atletismo en Europa usando el modelo ALR -8800 y tags con un rango de hasta 20 mts, que son capaces de manejar eventos donde la densidad de los atletas es considerable. Esto representa una solución a bajo costo y muy versátil ya que puede transportarse y adaptarse según el trazado de pista y el lugar a instalar.

1.5 Alcances y limitaciones.

1.5.1 Alcances

El sistema de monitoreo, debe tener las características de:Medir el tiempo de una carrera de canoas sin importar la distancia de esta, promediar los tiempos entre los competidores y al mismo tiempo, registros parciales de los mismos. Con la capacidad de generar un reporte en formato Excel, el cual podrá ser impreso y entregado al momento. Luego de ser corroborado por los jueces y autoridades de la competencia.

1.5.2 Limitaciones

Las limitantes para la realización del proyecto son debido a que existen solo 2 antenas de polarización circular para el lector RFID lo que indica que solo será capaz de medir comienzo y final de la carrera. Y además la disponibilidad del equipo, ya que la escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones solo cuenta con un lector RFID.

Sin embargo el sistema viene diseñado para funcionar en condiciones ideales.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1 Monitoreo

La organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), es una organización de cooperación internacional, compuesta por 31 países, que se reúnen para intercambiar información y armonizar políticas para maximizar su crecimiento económico y coayudar a su desarrollo y al de los países no miembros.

Ésta organización define monitoreo como "... una actividad continua que usa la recolección sistemática de datos sobre indicadores específicos, para guiar con información acerca de las dimensiones del progreso de objetivos..." (McIntyre. D., 2004)

Los sistemas de monitoreo deben establecer una rutina de recolección de datos basada en ciertos indicadores, previamente seleccionados, y comparar los resultados con el fin de reportar y alertar sobre los problemas que se presenten.

2.2 El Sistema RFID

Los sistemas de RFID no son nuevos, aparecen por primera vez en los años 40, cuando se perfeccionaron los sistemas de radares en la Segunda Guerra Mundial, aunque es en los últimos años que han recibido especial atención en muchos campos de la industria, lo que ha permitido notables avances.

Un sistema de *Radio Frequency IDentification* (RFID) es una tecnología inalámbrica que permite, la comunicación entre un *reader* (lector) y *tags* (etiquetas). Estos sistemas se caracterizan por admitir el almacenamiento de información en sus *tags*. Esta información puede ir desde un bit hasta

Kbytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el lector.

Sus elementos básicos son el lector, que consiste en un equipo compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador. Su función es enviar periódicamente señales para ver si hay algún *tag* en sus proximidades y cuando capta una señal de una etiqueta, extrae la información y se la pasa al subsistema de procesamiento de datos. El otro elemento es el *tag* formado por una microantena, un transductor y un chip; la microantena se encarga de recibir las señales de activación del lector y luego enviar al mismo la información almacenada en el chip.

El funcionamiento elemental del sistema se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde el lector envía una serie de ondas de radiofrecuencia, a una determinada frecuencia, al *tag* o *tags*, que son captadas por la microantena que éstos poseen. Estas ondas activan el microchip, el cual, a través de la microantena y mediante ondas de radiofrecuencia, transmiten al lector la información que tengan en sus memorias. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el *tag* o *tags* y la envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto o puede procesarlo según se desee para cada aplicación.

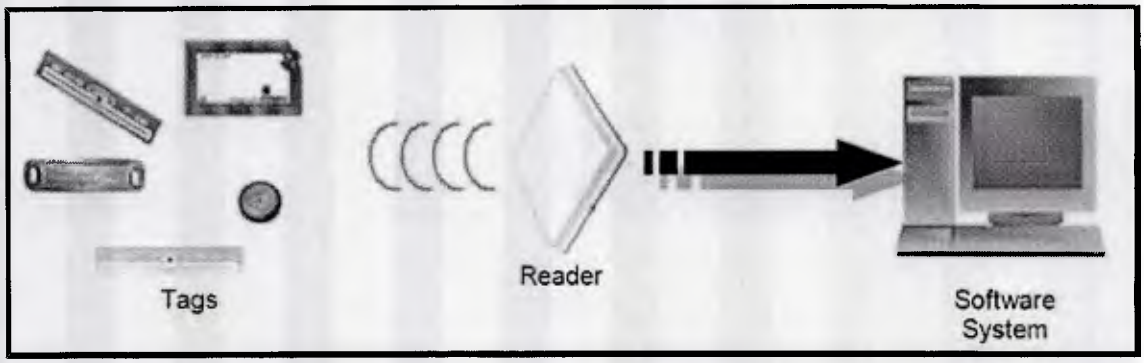


Figura 1 Un sistema RFID básico.

Fuente: (Bent Systems., 2011).

La comunicación entre el lector y los *tags* tiene unas determinadas características de alcance, velocidad de emisión y recepción de la información y seguridad según el rango de frecuencia (frecuencia baja (entre 125 ó 134,2 KHz); de alta frecuencia (13,56 MHz); UHF o de frecuencia ultraelevada (868 a 956 MHz); y de microondas (2,45 GHz)), el tipo de antenas y etiquetas utilizadas además de otros parámetros que se pueden configurar en el *software* del lector, dependiendo de la aplicación. El funcionamiento de los dispositivos de RFID se realiza en un rango de frecuencia entre los 50 KHz. y 2.5GHz

Bandas de frecuencia y rango de lectura de RFID.

Nombre	Frecuencias	Rango de lectura	Aplicación
LF ***Low Frecuency***	<135 KHz	50 cm.	Identificación de animales
HF ***High Frecuency***	6,78MHz;13,56MHz; 27,12MHz; 40,68MHz	3 m.	Control de acceso
UHF ***Ultra high Frecuency***	433,920MHz; 869MHz;866MHz; 915MHz	9 m.	Cajas, *pallets*
Microondas	2,45GHz; 5,8GHz; 24,125GHz	>10 m.	Identificación de vehículos

Tabla 1 Bandas de frecuencia y rango de lectura de RFID

Fuente: **(Rivero.E, 2010)**

Para el diseño de un sistema RFID hay que tener en cuenta diversos factores como el rango de alcance donde se puede mantener la comunicación,

la cantidad de información que puede almacenar el lector, la velocidad de flujo de datos que podemos obtener entre lector y *tag*, el tamaño físico del *tag*, la habilidad del lector para mantener la comunicación con varias etiquetas a la vez o la potencia que ofrece la comunicación a posibles interferencias de materiales entre lector y el *tag*. (Ciudad Herrera, 2004)

Los sistemas RFID son considerados más funcionales que otras tecnologías similares, como el código de barras, porque garantizan su total funcionamiento sin la necesidad de línea de vista entre lector y *tag*. La implementación de esta tecnología en aplicaciones sencillas no supera al código de barras en el mismo mercado, debido a su alto costo de implementación, aunque éste se ha disminuido considerablemente en los últimos años debido a que su uso, se ha unificado en el tiempo.

2.2.1 Principios Físicos

2.2.1.1 Campo Electromagnético.

Para entender las ondas electromagnéticas, hay que recordar su principio físico fundamental; las variaciones de campo magnético inducen un campo eléctrico con líneas de campo cerradas. A una distancia **λ/2** de la antena, las líneas de campo se cierran sobre sí mismas formando remolinos, los cuales, durante los siguientes **λ/2**, se crean en la dirección opuesta. Éstos desplazan la energía almacenada lejos del emisor a la velocidad de la luz, **c**. La distancia entre dos remolinos que rotan en la misma dirección se denomina longitud de onda **(λ)**. (Garcia. V, 2006)

—

Ecuación 1. Longitud de onda

Fuente: (Garcia. V, 2006)

El campo principal generado empieza en la antena. Conforme el campo magnético se propaga, el campo eléctrico va creciendo aumentado por la inducción. El campo que originalmente era magnético puro, se va transformando continuamente en un campo electromagnético. Además, a una distancia de la antena de $\lambda/2\pi$el campo electromagnético empieza a separase de ésta y queda suelto en el espacio en forma de onda electromagnética. El área comprendida entre la antena y el punto donde se forma la onda electromagnética se denomina Campo Cercano; el área después del punto en la que la onda está totalmente formada y separada de la antena se denomina Campo Lejano.

2.2.1.2 Densidad de Radiación

Una onda electromagnética se propaga en el espacio con forma de esfera desde el punto de su creación. Al mismo tiempo la onda electromagnética transporta energía. A medida que la distancia incrementa, la energía se divide sobre la superficie esférica creciente. Ahí es donde se habla de potencia radiada por unidad de superficie o lo que es lo mismo densidad de radiación **S**.

En un emisor isotrópico, la energía se radia uniformemente en todas direcciones. A una distancia **r** la densidad de radiación **S** se puede calcular fácilmente como el cociente de la energía suministrada por el emisor PEIRP y el área de superficie o esfera, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**. (García V., 2006)

Ecuación 2. Densidad de radiación

Fuente: (Garcia. V, 2006)

2.2.1.3 Polarización Electromagnética

La polarización de una onda electromagnética se determina por la dirección del campo eléctrico de la onda. Ésta puede ser lineal o circular, al mismo tiempo la lineal se subdivide en vertical y horizontal. En la polarización horizontal las líneas de campo eléctrico se desplazan en paralelo a la superficie terrestre; mientras que en el caso vertical las líneas se mueven perpendicularmente a la superficie terrestre. La transmisión de energía entre dos antenas linealmente polarizadas es máximo cuando las dos antenas están polarizas en la misma dirección, y mínima cuando forman un ángulo de 90º o 270º.

En los sistemas RFID no se puede conocer cuál será la orientación entre la antena del *tag* y la del lector por lo tanto se utiliza la polarización circular del lector de la antena. El principio de generación de polarización circular se basa en dos dipolos unidos en forma de cruz. De esta forma el campo electromagnético generado rota 360º cada vez que se mueve el frente de onda de una longitud de onda. Se diferencia por el sentido de giro del frente de onda izquierdas o derecha. Los diferentes tipos de polarización se muestran en la Figura 2.

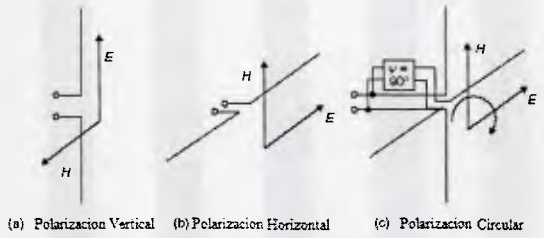


Figura 2 Tipos de Polarización.

Fuente: (Ilyas, 2008).

2.2.1.4 Reflexión de las Ondas Electromagnéticas

Como consecuencia del choque de las ondas electromagnéticas con diferentes objetos durante su recorrido, parte de la energía de alta frecuencia es absorbida y convertida en calor, el resto de la energía se dispersa en varias direcciones con diferentes intensidades. Los sistemas de RFID basados en *backscatter* o retrodispersión son aquellos que emplean la reflexión de ondas electromagnéticas para realizar la transmisión de datos desde el *tag* hacia el lector. Debido a que las propiedades de reflexión se incrementan con la frecuencia, estos sistemas se utilizan en rangos de frecuencia como 868 MHz (Europa), 915 MHz (USA) y 2,45 GHz.

La antena del lector transmite ondas electromagnéticas en todas las direcciones a la potencia de transmisión, PEIRP. La antena del *tag* refleja la señal con una potencia **Ps** que es proporcional a la densidad de radiación S y al parámetro de dispersión como se muestra en la Ecuación 3. (García V. , 2006).

Ecuación 3. Potencia por retro dispersión (*Backscatter Power*)

Fuente: (Garcia. V, 2006)

La onda electromagnética reflejada se propaga por el espacio, con un frente esférico desde el punto de reflexión. La potencia decrece en proporción al cuadrado de la distancia, $\mathbf{r^2}$. Finalmente la densidad de radiación que recibe la antena del lector se refleja en la Ecuación 4.

Ecuación 4. Densidad de radiación recibida por el lector.

Fuente: (Garcia. V, 2006)

2.2.2 Hardware

Los sistemas de RFID constan principalmente de dos elementos, el *tag* y el lector, aunque algunos autores consideran también la impresora como un elemento de *hardware* del sistema.

2.2.2.1 El Tag "Etiquetas"

El *tag*, etiqueta o también llamado *transponder* recibe su nombre de *TRANSmitter/resPONDER*, lo cual explica su funcionamiento. El objetivo principal de un *tag* es incorporar, físicamente, información de un determinado objeto. El *tag* consta principalmente de dos partes: 1. Una antena que permite realizar la comunicación entre la etiqueta y el lector. 2. Un circuito integrado el cual es un circuito mixto analógico-digital. La parte analógica se encarga de controlar la alimentación y la comunicación por radiofrecuencia, mientras que la parte digital gestiona la información almacenada en la etiqueta. Y por último un elemento almacenador de energía.

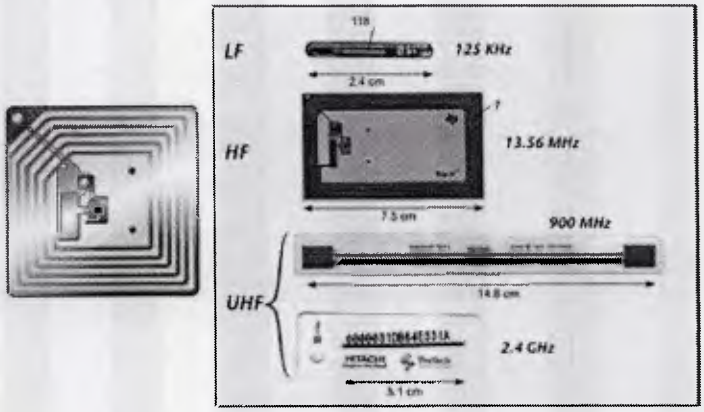


Figura 3. *Tags* de sistemas RFID.

Fuente: (Rivero.E, 2010)

2.2.2.2. Interface de Aire

El interfaz aire describe el modo en el que el *tag* se comunica con el lector. Conociendo el interfaz aire de un *tag* podemos determinar su rango de lectura y los lectores compatibles. Los atributos más relevantes que comprenden la definición del interfaz aire son la fuente de alimentación, la frecuencia de operación, el modo de comunicación, la codificación y modulación, y el acoplamiento.

Los *transponders* necesitan poca alimentación, del orden de los milivatios (mW). De acuerdo al tipo de alimentación que presentan los *tags* podemos diferenciar cuatro tipos de etiquetas dependiendo de la energía que utilizan para la comunicación:

Etiquetas activas: son *transponders* que usan baterías para alimentar los circuitos, ya que no tienen suficiente energía con la que proporciona el lector. Este tipo de etiqueta tiene la ventaja de poseer un alcance mayor de comunicación e incluso no necesitan que el lector sea quién inicie la comunicación. Además permiten habitualmente procesos de lectura y reescritura enviando previamente instrucciones al lector y la utilización de memorias más grandes (existen etiquetas con 1Mb de memoria). Por el contrario ofrecen una vida útil limitada (menos de diez años), dependiendo del tipo de batería y de las temperaturas a las que opera. También hay que destacar que su costo es bastante elevado, su precio suele ser 5 veces más alto.

Etiquetas pasivas: son *transponders* que no necesitan baterías adicionales, ya que únicamente se alimentan de la energía del campo generado por el lector. Para las etiquetas pasivas, la energía que necesitan para transmitir la información que contienen, proviene en su totalidad de la señal generada por el lector. En estas etiquetas el elemento almacenador de energía es un condensador, el cual se carga con la energía emitida por el lector y luego utiliza dicha energía para responder. Por ello, la potencia

de emisión está limitada, por lo que la distancia entre el lector y la etiqueta no puede ser muy elevada. La ventaja obvia de este tipo de etiquetas es el ahorro de espacio, la duración prácticamente ilimitada de la etiqueta y su menor costo.

Etiquetas semi-pasivas: este tipo de etiquetas utilizan su propia batería para alimentar sensores adicionales pero siguen utilizando la energía de la señal transmitida por el lector para activar el chip.

***Two-way tags*:** son mucho más sofisticados porque además de comunicarse con el lector son capaces de comunicarse con el resto de los *tags*, de su misma clase, sin la intervención del lector.

La frecuencia de operación es la frecuencia electromagnética que los *tags* utilizan para comunicarse o para extraer la potencia de alimentación. El rango de frecuencia en que suele operar un sistema RFID, se divide en cuatro tramos; *Low Frequency* (LF) en el rango de 120 KHz-134 KHz, *High Frequency* (HF) en el rango de 13,56 MHz, *Ultra High Frequency* (UHF) en el rango de 868-956 MHz y microondas en el rango de 2,45 GHz, conocida como banda *Industrial Scientific and Medical* (ISM).

Cada rango de frecuencias tiene un comportamiento diferente según el medio de transmisión por el que se propague. Las bajas frecuencia son más capaces de viajar a través de líquidos debido a su profundidad de penetración pero las altas frecuencias permiten transportar mayor cantidad de información.

Las altas frecuencias, normalmente, son más fáciles de leer a cierta distancia y presentan mayor velocidad de transmisión de datos. (Ciudad Herrera, 2004)

Respecto al tipo de comunicación presente entre los *tags* y el lector, podemos resaltar *Half-Duplex*, *Full-Duplex* y secuencial. Los tipos de modulaciones usados para los datos almacenados en los *tags* son *Amplitude-shift keying* (ASK), *Frequency-shift keying* (FSK) o *Phase-shift keyi*ng (PSK).

La codificación determina el modo en que *tag* y lector interpretan los cambios en la portadora analógica a la hora de representar la señal digital". La codificaciones más comunes que podemos observar son: Manchester, por intervalo de pulso, espacial, *Return To Zero* (RZ), Miller, por subportadora FSK. (Garcia. V, 2006).

Otro punto importante de la interfaz aire de las etiquetas es el acoplamiento, que es el mecanismo que determina el modo en que el circuito del *tag* y el del lector se influencian mutuamente permitiendo la transmisión y recepción de datos y energía. Los distintos tipos de acoplamiento están muy relacionados con el alcance de lectura y la frecuencia de operación del *tag*.

El acoplamiento por retrodispersión es empleado para sistemas del largo alcance en el rango de frecuencias de UHF. El modo de comunicación entre el *tag* y el lector en este tipo de acoplamiento es *Half-Duplex* y la modulación es ASK ya que no existe variación de la frecuencia ni de la fase de la señal.

El acoplamiento Inductivo es utilizado en sistemas de lectura remota. Opera de forma eficiente en las frecuencias de LF y HF. El lector activa los *tags* mediante un campo magnético generado por su antena en forma de espiras.

Este campo proporciona la energía suficiente para activar el *tag*, y éste se comunica con el lector de forma similar a la retrodispersión. (B. Glover, 2006)

2.2.2.3 Operaciones Básicas

Existe una gran variedad de operaciones que pueden realizarse sobre un *tag*, pero sólo dos de ellas son universales:

Adherir un *tag*: todo *tag* posee la capacidad de fijarse al artículo que deba identificar.

Leer un *tag*: cualquier *tag* debe ser apto para comunicarse, vía radio frecuencia, con el lector. El *reader* solicita al *tag* una operación de lectura

de los datos almacenados en él. El *tag*, accede a su memoria para recuperar la información solicitada por el dispositivo lector y transmite esta información de vuelta a este.

Otros *tags* pueden ofrecer operaciones tales como:

Destruir/deshabilitar (*kill*): algunos *tags* permiten que el lector les envíe comandos que los deshabilita de forma permanente. Después de recibir un comando '*kill*' el *tag* no puede recuperarse.

Escribir una vez: ciertos *tags* son anticipadamente programados en fábrica con la información de identificación, y no pueden modificarse, a diferencia de otros que brindan al usuario final la potestad de escribir una sola vez la información para esa etiqueta. Después, la información contenida en el *tag* no podrá ser modificada a no ser que sea para deshabilitarlo (*kill*).

Escribir múltiples veces: existen *tags* en los cuales puede escribirse y sobrescribirse una y otra vez. Se hace llegar información hacia el *tag* a través la aplicación cliente, para que esta sea almacenada en la memoria del *tag*.

Anticolisión: en un sistema donde se encuentra más de un *tag* dentro del área de operación de un lector, se presenta una colisión de la información recibida por el lector de los diferentes *tags*. Para evitar este inconveniente, un *tag* que implemente un algoritmo de anticolisión, conocerá el momento en que debe enviar la información al lector. Por ejemplo en una aplicación de inventario implementada en un camión, cientos de objetos etiquetados pueden aparecer en el campo RF del lector de forma simultánea, por lo tanto la operación de anticolisión requiere la cooperación del lector y el *tag* para minimizar el riesgo de que varios *tags* respondan al mismo tiempo, colisionando las respuestas y provocando errores de comunicación. En ocasiones los algoritmos implementados son tan simples como la espera de un tiempo aleatorio antes de responder a la petición del dispositivo lector.

Seguridad y cifrado: algunos *tags* son capaces de participar en comunicaciones cifradas y otros sólo responderán a aquellos lectores que

puedan proporcionar una contraseña secreta previamente establecida. El cifrado, autorización, y autenticación son útiles cuando se necesita un intercambio de información seguro entre el lector y el *tag*. Por ejemplo, para prevenir a un dispositivo lector no autorizado capturar información de un *tag*, el *tag* y el lector deben ejecutar un protocolo de autorización intercambiando un código o clave secreto. Después de compartir y validar esta información, el *tag* ya puede transmitir la información hacia el lector.

2.2.2.4 Lectores o Readers

El otro elemento principal de un sistema RFID es el lector. Los lectores son necesarios para que, a través de la trasmisión de señales de radiofrecuencia, activen a las etiquetas pasivas. Además de la activación de los *tags* pasivos el lector es el encargado de recibir las respuestas de las etiquetas. Inclusive los *tags* activos requieren cierto contacto con un dispositivo transmisor dentro de la red en un determinado rango de frecuencia.

Los lectores, dentro del sistema RFID, están situados entre el *tag* y el filtro de eventos. El lector debe conocer cómo comunicarse con los *tags*, crear eventos de bajo nivel a partir de las lecturas, y dirigir estos eventos hacia un filtro de eventos superior.

Dependiendo de los *tags* con que esté trabajando el sistema RFID, los componentes del lector tienen que ser capaces de acondicionar la señal, detectar y corregir errores, además de poder trabajar a más de una frecuencia de trasmisión. Cuando el lector ha recibido toda la información, se pueden emplear algoritmos para no confundir la transmisión actual con una nueva, indicándole al *tag* que deje de transmitir, estos algoritmos son utilizados para validar diversos *tags* en un espacio corto de tiempo. Otro algoritmo usado por el lector, es ir llamando a los *transponders* por su número de identificación, indicándole de esta forma el tiempo en el que deben transmitir.

Figura 4. Diferentes lectores RFID.

Fuente: (Rivero.E, 2010)

Se puede describir al dispositivo lector desde dos puntos de vista diferentes. El primero describe los componentes físicos que lo forman, el segundo describe la lógica de operación dividiendo sus funciones en componentes lógicos que no se corresponden con los componentes físicos.

2.2.2.5. Componentes Físicos

Para que pueda existir una comunicación entre lector y *tag,* como se ha mencionado anteriormente, es necesario la trasmisión de señales de radiofrecuencia; el elemento del lector que se encarga de esta función es la antena. Además, para poder implementar los protocolos de comunicación y el control del transmisor, el dispositivo lector debe tener un microcontrolador o un microcomputador que funcionará como unidad de control. Debido a que el lector debe comunicarse con otros dispositivos dentro de la red además de los *tags*, éste debe poseer también un interfaz de red de algún tipo. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra los tres bloques funcionales en que se encuentran repartidos los diferentes componentes del lector. (Garcia. V, 2006)

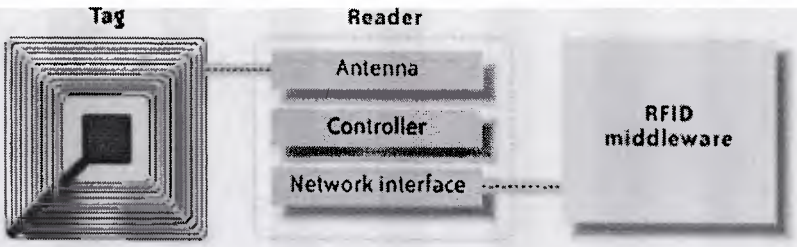


Figura 5. Componentes físicos de un lector RFID.

Fuente: (B. Glover, 2006)

Algunos lectores tienen una o más antenas integradas; otros son capaces de manejar varias antenas colocadas de forma remota. La primera consideración a tomar en cuenta en estos sistemas de antenas remotas es el número de antenas que el lector puede controlar, éste no es muy alto ya que las pérdidas introducidas por los cables de conexión, que suelen ser largos debido a la distancia entre el lector y las antenas, tienden a ser muy altas.

Ciertos lectores utilizan antenas diferentes para transmitir y recibir la información, en estos casos la dirección de movimiento del *tag* a través del campo generado por el lector es relevante. En el caso que los *tags* estén en movimiento será importante poner antes la antena transmisora y después la receptora para que el *tag* permanezca activo la mayor parte de tiempo que éste esté dentro del campo de lectura generado por la antena receptora. Entre las funciones de las antenas podemos destacar: la generación de la potencia de transmisión a la frecuencia de trabajo seleccionada, la modulación de la señal portadora con la información a transmitir hacia el *tag* y la recepción y demodulación de las señales RF recibidas desde el *tag*.

El dispositivo de computación, llamado subsistema controlador que monitorea al lector, normalmente está basado en un microprocesador que ejecuta todas las funciones. Este dispositivo puede variar en complejidad según la aplicación, un lector para PDA será menos complejo que un lector robusto con sistema operativo propio y disco duro de almacenamiento. Este subsistema se responsabiliza de las siguientes funciones: la comunicación

entre el lector y la aplicación *software* además de la ejecución de comandos desde la aplicación *software;* el control de la comunicación con el *tag;* la codificación y decodificación de la señal, la ejecución de algoritmos de anticolisión; el cifrado y descifrado de la información a transmitir y la autenticación entre el lector y el *tag*. Las operaciones de cifrado y codificación se suelen hacer en una unidad de circuito integrado para aplicaciones específicas, que libera al microprocesador de procesos de cálculo intensivo.

El último componente físico del lector es la interfaz de red, ésta va a cumplir una función esencial del lector, que es enviar los datos recolectados de los *tags* además de los eventos ocurridos, fuera de la red RFID. Los lectores se comunican con otros dispositivos a través de diferentes interfaces. Los primeros lectores utilizaban interfaces RS-232 o RS-485 y los *jacks* RJ45 para soportar cables *Ethernet* 10BaseT o 100BaseT, que además son los más comunes. Pero actualmente algunos lectores soportan *WiFi*, *Bluetooth* y hasta *ZigBee*. (B. Glover, 2006).

2.2.2.6. Componentes lógicos

Dentro de la unidad de control del lector se pueden reconocer cuatro subsistemas independientes que manejan diferentes operaciones. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra una posible nomenclatura para estos cuatro subsistemas.

Figura 6 Componentes lógicos de un lector RFID

Fuente: (B. Glover, 2006)

Cada lector presenta un *Application Programing Interface* (API) que permite a otras aplicaciones, llamadas cliente, hacer peticiones de inventario de *tags*, monitorizar el estado del lector y controlar los parámetros de configuración como potencia, número de salidas RF entre otros. Este componente está muy relacionado con la creación de mensajes que deben ser enviados hacia el *software* intermedio, llamado *middleware*, y la recepción de mensajes que proceden del mismo y se dirigen al dispositivo lector. El API puede ser síncrono, para peticiones explícitas de la aplicación cliente, o asíncrona, en el caso que ocurran excepciones controladas por el dispositivo lector.

El subsistema de comunicaciones maneja la comunicación sobre el protocolo que el dispositivo lector esté implementando para comunicarse con el *middleware*. Este es el componente que implementa *Bluetooth*, *Ethernet*, *WIFI* o cualquier otro protocolo propietario que admita el envío y recepción de los mensajes que implementa el API.

El subsistema gestor de eventos determina cuales eventos son considerados de suficiente importancia para nombrarlos en un informe o enviarlos directamente hacia la aplicación cliente. El proceso de "observación" sucede cada vez que ocurre un evento. Una observación que se diferencia de otra será denominada "evento". Identificar cada uno de estos eventos es lo que se designa como "filtrado de eventos". A medida que los lectores se diseñan con más inteligencia, éstos son capaces de hacer un procesamiento más complejo a nivel de eventos y por tanto reducir el nivel de tráfico hacia la aplicación cliente. Hay cierta tendencia a desplazar este componente de gestión y filtrado hacia el sistema de procesado del propio lector.

El subsistema de antena consiste en un conjunto de interfaces y de lógica que permite a los lectores RFID interrogar a los *tags* RFID y controlar, físicamente, las antenas. Este subsistema implementa los protocolos de almacenamiento de información en los *tags* y los protocolos de comunicación, a través del interfaz aire, entre *tags* y lectores.

2.2.2.7. Tipos de lectores

Al igual que los *tags,* existen diferentes tipos de lectores en el mercado. Estas diferencias los hacen adecuados para distintas aplicaciones y entornos de trabajo. Físicamente se diferencian principalmente por el tamaño; existen algunos pequeños que miden algunos centímetros y normalmente se encuentran embebidos en dispositivos de mano como *Personal Digital Assistants* (PDA) o celulares, y lectores de tamaños similares a los de una computadora muy utilizados en entornos industriales. También se pueden encontrar integrados en estanterías y muelles de carga/descarga con antenas diseñadas para este tipo de aplicaciones. Los tipos más importantes y conocidos de lectores son:

Portal: dispositivo equipado con lectores diseñados y ubicados para identificar artículos etiquetados que pasen a través de él.

Túnel: es una estructura cerrada equipada con lectores que observan los *tags* que se encuentran en su interior.

Figura 7. (a) Lector de portal, (b) Lector de túnel.

Fuente: (SystemID Warehouse., 2010).

De mano: permiten a un operador escanear artículos etiquetados en situaciones donde es difícil desplazar estos artículos hasta un lector fijo. El uso de estos lectores es muy similar al de lectores de código de barras.

Estantería inteligente: tiene las antenas integradas en el propio estante, de modo que el lector reconozca la entrada y salida de los artículos en cierto momento. Esta capacidad, hace posible el inventario, en tiempo real, de los productos ubicados en un almacén. (Garcia. V, 2006)

Figura 8. (a) Lector de mano, (b) Estantería inteligente.

Fuente: (SystemID Warehouse., 2010)

2.2.3. Elementos de *software*

Las características y funcionalidades de los componentes de *software* de un sistema RFID varían mucho dependiendo de los especificaciones de la aplicación final. Estos componentes se pueden clasificar en tres categorías: *RFID system software, RFID middleware* y *Host application;* y aunque son tres sistemas diferentes sus funciones se encuentran entrelazadas.

2.2.3.1. RFID System Software

El *software* de sistema RFID es una colección de las operaciones necesarias para permitir la interacción básica entre el lector y el *tag*. Se necesita de *hardware* RF, *software* de muy bajo nivel, y un sistema *software* de alto nivel para gestionar el flujo de datos que se intercambian entre el dispositivo lector y el *tag* a través de las señales de radiofrecuencia.

Las operaciones de comunicación que son función de *system software* fueron expuestas anteriormente. La lectura y escritura son las dos operaciones básicas que presenta todo *tag*. Las otras operaciones que son potestad del *software* del sistema son la anticolisión, la detección y corrección de errores de transmisión desde el *tag*, el cifrado, la autorización, y autenticación.

2.2.3.2. RFID Middleware

El *middleware* RFID consta de un conjunto de componentes *software* que actúan como un puente entre los componentes *hardware* del sistema RFID, *tags* y lectores, y la aplicación cliente. Este realiza dos operaciones principales: monitorizar el estado de salud de los dispositivos del sistema RFID (de los lectores) y gestionar la infraestructura específica RFID (lectores y *tags*) y el flujo de información. La mayoría de los vendedores de *middleware* RFID ofrecen *software* que contiene ambas operaciones en el mismo paquete. Aunque, como en cualquier paquete *software*, cada uno implemente estas operaciones con un grado de sofisticación diferente.

La función de monitorización consiste en centralizar los informes del estado de salud de los lectores en el sistema RFID. Ésta es una operación esencial en entornos donde hay varios lectores distribuidos en una o varias localizaciones y una monitorización manual o visual no es posible. En una situación ideal, el *software* de monitorización debe ser capaz de manejar otros

dispositivos además de los lectores RFID, por ejemplo cuando utilizamos también lectores de código de barras o impresoras RFID.

La operación de gestión radica en la codificación, recolección, procesamiento, filtrado e incorporación de la información transmitida entre los *tags* y los lectores para la consecuente integración con la aplicación cliente. Esta función es muy importante en entornos donde los dispositivos lectores recogen gran cantidad de información de los *tags*, para estos casos la información de los *tags* necesita ser tratada para eliminar lecturas duplicadas. Otra función importante que se desarrolla en esta fase es la normalización de los datos; en ausencia de estándares, el formato de los datos que genera el lector y los protocolos de comunicación con el host cliente son normalmente propietarios, por lo tanto para operar en un entorno multi-propietario, el *middleware* RFID es responsable de traducir los diferentes formatos de cada uno de los lectores en un formato normalizado para una sencilla integración a nivel de aplicación cliente. (B. Glover, 2006)

2.2.3.3. Host Application

La aplicación cliente normalmente es un *software* que existe en la empresa previo a la implementación del sistema RFID, como por ejemplo una aplicación de control de inventario, o una aplicación de gestión de almacén. Esta aplicación recibe la información del *tag* procesada y normalizada a través del lector y del *middleware* RFID. Es importante destacar que existe un reto significante en la adaptación de un sistema RFID hacia la aplicación cliente. No será común encontrar aplicaciones de empresa que sean capaces de manejar toda esta nueva información, como también algunas que deban ser adaptadas y otras que no puedan relacionarse y deban ser remplazadas. (B. Glover, 2006).

2.3. Estandarización y regulación

2.3.1 Estándares actuales

La estandarización, o normalización, es el proceso de elaboración, aplicación y mejora de las normas que se aplican a distintas actividades científicas, industriales o económicas con el fin de ordenarlas y mejorarlas. Se puede hablar de normalización como el proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados. La normalización persigue fundamentalmente tres objetivos:

Simplificación: Se trata de reducir los modelos quedándose únicamente con los más necesarios.

Unificación: Para permitir la intercambiabilidad a nivel internacional.

Especificación: Se persigue evitar errores de identificación creando un lenguaje claro y preciso.

En RFID la estandarización es absolutamente necesaria si se pretende conseguir la adopción masiva de la tecnología RFID, ya que un estándar sólido beneficia el desarrollo de prototipos más rápidos, abarata los costos y garantiza la interoperabilidad e independencia entre fabricantes y proveedores.

Los requerimientos principales definidos en los estándares RFID son los siguientes:

Reconocer e identificar *tags* RFID en el radio de acción del lector.

Gestionar el problema de la colisión.

Determinar el modo de presentación de los datos.

Determinar el tamaño de la memoria del *tag*.

Determinar qué partes de la memoria del *tag* son accesibles.

Definir el modo en que se transmiten y reciben datos del *tag*.

Modulación y codificación de la señal.

Proveer autentificación de lectura y escritura.

Compatibilidad internacional.

Proveer mecanismos de seguridad e integridad de los datos y las comunicaciones.

Estos parámetros necesarios para la estandarización de la tecnología RFID han sido expuestos por organizaciones como la *International Organization for Standardization* (ISO) y la ***Electronic Product Code*** (EPC).

2.3.1.1. ISO

La Organización Internacional para la Estandarización es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales a excepción de la eléctrica y la electrónica. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones a nivel internacional.

ISO 11784: Contiene la estructura de codificación del ID para la identificación de animales por radiofrecuencia. No especifica los protocolos de transmisión entre el *tag* y el lector.

ISO 11785: Específica cómo se activa el transpondedor y como la información almacenada se transmite hacia el transceptor, además de las características técnicas del protocolo de comunicación entre lector y *tag* para identificación de animales.

ISO 14223: Permite el almacenamiento de un código de identificación, información adicional, e implementa métodos de autenticación. Es una

extensión de la ISO 11784 e ISO 11785. Define el interfaz aire entre el *tag* y el lector.

ISO 10536: Describe el modo de operación de las tarjetas inteligentes de acoplamiento cercano, con rango de operación de hasta 1 cm. Implica el acoplamiento capacitivo e inductivo a 4,9152 MHz.

ISO 14443: Describe el modo de operación de las tarjetas de proximidad. Este estándar soporta un rango de lectura de hasta 10 cm. ISO 14443 tiene dos variantes: ISO 14443-A y ISO 14443-B. Ambas operan sobre misma frecuencia pero con parámetros diferentes (modulación, codificación y anticolisión).

ISO 15693: Describe el acoplamiento remoto, con un rango de operación de hasta 1 m. Igual que la ISO 14443 opera sobre la frecuencia 13,56 MHz y utiliza acoplamiento inductivo. Este estándar soporta también varios modos de transmisión.

ISO 10374: Estándar voluntario para la identificación RFID de contenedores. Es un estándar dual, pasivo, y de sólo lectura que incluye las frecuencias 850-950 y 2400-2500 MHz.

ISO/IEC 18000: Estándar RFID para la gestión de objetos. Define una línea de trabajo para los protocolos de comunicación comunes a nivel internacional en el uso de RFID. (Ilyas, 2008)

2.3.1.2. EPC

El EPC, siglas de Código Electrónico de Producto (*Electronic Product Code*), nace de las manos de *EPCGLOBAL*, un consorcio formado por EAN International (*European Article Numbering*) el cual tiene 101 organizaciones miembro, representadas en 103 países y UCC (*Uniform Code Council*) propietario del UPC (*Universal Product Code*), presente en 140 países y ahora llamado GS1 US. La intención de *EPCGLOBAL* al crear el EPC no fue otra que

la de promover la *EPCGLOBAL Network*, un concepto de tecnología que pretende cambiar la actual cadena de suministro por otra con un estándar abierto y global, que permita la identificación en tiempo real de cualquier producto, en cualquier empresa de cualquier parte del mundo.

EPCGLOBAL Network ha sido desarrollada por el Auto-Id Center, un equipo de investigación del MASSACHUSSETS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT) que cuenta con laboratorios por todo el mundo. Dicho desarrollo fue llevado a cabo en más de 1000 compañías de alrededor del mundo. Así mismo, actualmente, todo estándar que desarrolla *EPCGLOBAL* pasa por la supervisión de la ISO, con la única condición de que los estándares concretos que crea ISO sean ratificados y usados en los que desarrolle *EPCGLOBAL*. Las especificaciones del EPC se pueden dividir en:

Especificaciones para las etiquetas, referentes a los datos almacenados en ellas, a los protocolos de comunicación con el lector y la parte de RF que permite la comunicación.

Especificaciones para los lectores: protocolo para el interfaz aire y comunicaciones lógicas con las etiquetas.

2.3.1.3 EPC Gen2

En octubre de 2008, *EPCGLOBAL* publicó las especificaciones de la última versión de EPC, el EPC *Generation* 2, versión 1.2.0. Es comúnmente conocido como el estándar "Gen 2", esta norma define los requisitos físicos y lógicos para sistema de RFID operativo en la banda de frecuencia de 860 a 960 MHz. Esta última publicación está llamada a ser el estándar adaptado a nivel mundial en el uso de los sistemas de RFID ya que se ha realizado para cumplir con las necesidades de los consumidores. Para poder suplir las necesidades mencionadas *EPCGLOBAL*, además de incluir especificaciones no observadas en otras regulaciones realizadas anteriormente, ha pretendido homogeneizar los principales estándares existentes.

Las especificaciones de la capa física del EPC Gen2 establecen que en las comunicaciones desde el lector hacia la etiqueta deben usarse modulaciones de doble banda lateral ASK (*double side band amplitude shift keying – DSB-ASK*), simple banda lateral ASK (*simple side band amplitude shift keying – SSB-ASK*) o de reverso de fase ASK (*phase reversal amplitude shift keying – PR-ASK*), con una codificación por intervalo de pulso (*pulse-interval encoding - PIE*). El lector esperará una respuesta por retrodispersión (*backscattering reply)*.

Para proceder a la identificación de las etiquetas que se encuentran dentro del radio de acción del lector existen tres operaciones básicas:

***Select*:** Esta operación permite al lector 'ver' qué población de *tags* hay disponible en su rango de acción. Se puede decir que este proceso es equivalente a una *SELECT* realizada en una sentencia SQL para bases de datos, de ahí su nombre.

Inventario: Es la operación que nos permite identificar las etiquetas. El proceso de inventario se inicia cuando el lector manda un comando *Query*. Entonces uno o más *tags* pueden responder a esta petición. El lector detecta una única respuesta de un *tag* y entonces interroga a éste para que le proporcione el código PC (*Protocol Control*), el código EPC y el CRC-16. Este proceso comprende varios comandos y se realiza en una única sesión a la vez.

Acceso: El proceso de acceso comprende varias operaciones de comunicación con la etiqueta (lectura y/o escritura). Una única etiqueta debe ser identificada antes de iniciar el proceso de acceso a la misma.

2.3.2. Regulación

No existe ninguna administración actualmente que se encargue de la regulación a nivel mundial de la tecnología RFID, sino que cada país o región tiene sus órganos propios mediante los cuales regula de un modo individual el uso que se hace de las frecuencias y las potencias permitidas dentro de su

propio territorio. Algunos de los organismos internacionales que regulan la asignación de frecuencias y potencias para RFID son:

EEUU. : FCC (*Federal Communications Commission*)

Canadá: DOC (Departamento de la Comunicación)

Europa: *Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications* (CEPT), *European Telecommunications Standards Institute (*ETSI*)*.

Japón: *Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication* (MPHPT).

China: Ministerio de la Industria de Información

En lo que al uso de frecuencias respecta, dependiendo de la banda en la que se desee trabajar, se debe tener en cuenta que según donde se encuentre se tendrá que guiar por las recomendaciones que a continuación se presentan. 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 ya que trabajan dentro de la banda *Industrial Scientific Medical* (ISM). La frecuencia UHF (868 - 928 MHz) no puede ser utilizada de forma global, ya que no hay un único estándar. En Norteamérica, la frecuencia UHF se puede utilizar sin licencia para frecuencias entre 908-928 MHz, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. En Europa la frecuencia UHF está permitido su uso es sin licencia sólo para el rango de 869,40–869,65 MHz, pero también existen restricciones en la potencia de transmisión, aunque recientemente ha aparecido la nueva norma ETSI que permite hasta 2W de potencia de transmisión. En China y Japón no hay regulación para el uso de las frecuencias UHF.

2.4. Antena dipolo de media onda

Una antena se define como un "dispositivo que permite la recepción y emisión de ondas electromagnéticas" (Florencia., 2009) Las antenas se caracterizan eléctricamente por algunas condiciones generales como el diagrama de radiación, el ancho de banda, la directividad, la ganancia, la polarización y la anchura de haz.

La antena dipolo se caracteriza por ser una de las antenas más simples que existen en el mercado actual. Esta antena está constituida por dos elementos de radiación, llamados polos, que se encuentran opuestos y no conectados entre sí. En el centro reside una abertura que cumple la función de alimentar, a través de línea de transmisión, ambos polos. (Outmesguine, 2004).

La línea de transmisión cumple con su función de alimentación al dipolo, a través de la difusión de una corriente igual y opuesta, a cada uno de los polos que constituyen la antena. Existen varios tipos de antenas dipolo que difieren por sus medidas de longitud de onda (λ). Entre sus particularidades más apreciables se destacan su facilidad de construcción, debido a su diseño, y el bajo costo de los materiales utilizados. (Díaz. L., 2007)

A continuación se presenta en la Tabla 2 los parámetros más importantes que se miden de una antena dipolo de media onda.

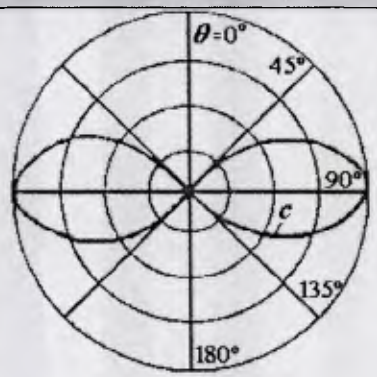
Parámetro	Descripción
Potencia Radiada	Donde Θes el ángulo horizontal de la antena, ; : Constante de Permeabilidad. : Constante de Permitividad.
Resistencia de Radiación	Donde
Directividad	
Patrón de Radiación	

Tabla 2. Características principales del dipolo de media onda.

Fuente: (Díaz. L., 2007).

CAPITULO III MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Investigación.

Investigación proyectiva: También conocida como *proyecto factible*, consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar un problema. Intenta responder preguntas sobre sucesos hipotéticos del futuro (de allí su nombre) o del pasado a partir de datos actuales. Se ubican las investigaciones para inventos, programas, diseños. (Zorrilla Arena, 2007)

De acuerdo al problema planteado referido al *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA CRONOMETRAJE EN CANOTAJE DE AGUAS TRANQUILAS MEDIANTE EL USO DE LA TECNOLOGÍA RFID,* y en función de sus objeticos, se incorpora el tipo de investigación denominado *Proyecto Factible*. La misma consiste en una propuesta de un modelo operativo factible, orientada a resolver la necesidad de optimizar la manera como se hace el cronometraje del canotaje en las competencias nacionales. En atención a esta modalidad de investigación, se introducirán dos fases en el estudio, a fin de cumplir con los requisitos involucrados en un proyecto factible. En la primera de ellas se desarrollara una interfaz de usuario basado en programación orientada a gráficos usado en LabVIEW. En la segunda fase se procederá a interconectar al lector RFID Alien ALR-9900 el cual es el encargado de hacer las mediciones de manera inalámbrica y luego procesarlas para mostrarlas en la GUI (Guía de Interfaz de Usuario). El software desarrollado en LabVIEW será capaz de mostrar el tiempo de la carrera, y los resultados finales. Con esto se intentara dar respuestas o resolver el problema planteado.

3.2 Diseño de la investigación

En el marco de la investigación planteada, referido al *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO PARA CRONOMETRAJE EN CANOTAJE DE AGUAS TRANQUILAS MEDIANTE EL USO DE LA TECNOLOGÍA RFID;* se define el diseño de la investigación como ***Diseño experimental***. Este diseño, será experimental de campo, en la medida que se realizará bajo las condiciones naturales de los equipos y documentación disponibles. Tal como lo refiere Kerlinger: "El experimento de campo es un estudio de investigación en una situación real, donde una o más variables independientes son manipuladas por el experimentador bajo condiciones controladas con el máximo cuidado que permita la situación" (KERLINGER, 1982); por lo cual se procede de la siguiente manera:

- Estudio del equipo de lectura RFID Alien ALR-9900 para conocer la tabla de comandos del lector y su programación. Características de funcionamiento y ensamblaje.
- Análisis y determinación de la plataforma de tecnología utilizada para tomar el tiempo en competencias, lo cual permitirá comprender los procesos tecnológicos relacionados a la transmisión y recepción de datos a través de la interfaz RFID utilizada, la interacción de los protocolos e interconexión del equipo con el software LabVIEW de National Instruments y entrelazado del canal para asegurar la transmisión de los datos.
- Diseño de la interfaz de software para la recolección y el procesamiento de los cronos obtenidos en la competencia.
- Evaluación de los resultados obtenidos mediante una prueba de tiempo simulada en el campus.

CAPITULO IV Desarrollo de la Propuesta

4.1 Construcción del cronometro basado en LabVIEW

En esta etapa se consideró diseñar el cronometro usando la lógica de programación basada en "loops while" (lazo while) utilizando "shift registers" (registro de desplazamiento), luego la estructura case para generar las secuencias de funcionamiento de las distintas etapas del cronometro. Las cuales son centésimas de segundo (00/100), segundo (seg) y minutos (min). Además se usaron relojes de retardo disponibles dentro de las herramientas de LabVIEW. El diseño consta de 2 faces la interfaz de usuario o GUI, y el código del programa basado en lenguaje G.

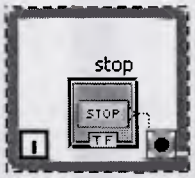


Figura 9. Lazo while

Los elementos shift registers se van acoplando al lazo while haciendo que la secuencia de conteo de cada ciclo, desplace el último elemento que recibió al inicio de la misma.

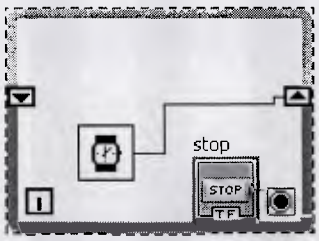


Figura 10. Lazo "while", shiftregisters y reloj de retardo para la secuencia.

Creando así, el conteo de reloj necesario para el funcionamiento del cronometro.

Dentro de LabVIEW al igual que en otros lenguajes de programación de alto nivel, es necesario establecer claramente los tipos de datos que se usan en cada instrucción, de tal forma que se eviten errores de procesamiento cuando se está corriendo el programa. Para los "shift register" y todas las secuencias de conteo y, tiempos de retardo implementados acá se usan datos del tipo I-32 (Integer 32) o enteros de 32 bits significa entonces que todos los datos que son leídos en la secuencia de conteo del reloj son enteros de 32 bits. Para mostrar los datos en el panel frontal de la interfaz de usuario se usan datos del tipo doble (doublé DBL) o escalar doble. Y para el control de acciones de inicio, parada y Split se usan datos del tipo buleano (boolean T-F) o discretos los cuales arrojan un estado lógico o verdadero (True = T) o falso (False = F) según la condición establecida en la instrucción.

4.2 Interconexión de sistemas

Para interconectar los sistemas de NI LabVIEW y el lector RFId Alien ALR9900 fue necesario utilizar la interface de adquisición de datos NI USB-6009 de National Instrumets compatible con LabVIEW.

Figura 11. DAQ Multifunción de bajo costo NI USB-6009.

Esta interfaz por sus características tiene la propiedad de conectar el panel posterior del equipo RFID Alien ALR990 y funcionar como interface física entre ambos sistemas de manera que la integración entre ellos sea compatible.

Screw Terminal Connector

Pin 1	V+	(5-24 VDC)
Pin 2	Salida 0	(1.5A max; 7.3A total)
Pin 3	Salida 1	""
Pin 4	Salida 2	""
Pin 5	Salida 3	""
Pin 6	Salida 4	""
Pin 7	Salida 5	""
Pin 8	Salida 6	""
Pin 9	Salida 7	""
Pin 10	Entrada 0	(5-24 VDC)
Pin 11	Entrada 1	""
Pin 12	Entrada 2	""
Pin 13	Entrada 3	""
Pin 14	V-	

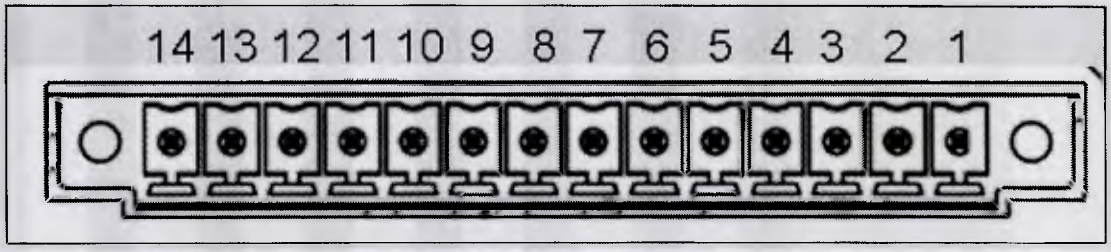


Figura12-Puertos de entrada /salida y pinout del panel posterior Lector RFId ALR-9900

Para que el lector funcione es necesario inicializar las salidas del equipo Alien RFId ALR 9900 alimentando por los pines 1 & 14 con un voltaje minimo de 5 Vdc y no mayor de 24 Vdc, en el puerto, ya que la interfaz de salida es activa y opto acoplada de manera que requiere de alimentación para entregar la corriente que se le exige a la misma.

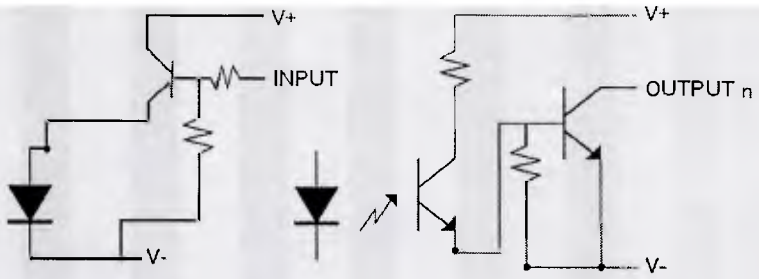


Figura 13-Circuito equivalente de entrada y salida panel posterior Alien ALR-9900.

En la simulación de esta tesis se tuvo que prescindir del uso de los puertos entrada salida del lector, debido al malfuncionamiento del mismo se simuló la lectura con un circuito opto acoplado, interconectado al puerto de entrada-salida de la tarjeta de adquisición de datos de National Instruments (DAQMx-NI USB-6009). Este dispositivo funciona de manera similar a los puertos del lector RFId, y con el circuito opto-acoplado se logra ejecutar la función de "Splitsecond" en el programa del cronometro.

La tarjeta de adquisición de datos de NI-6009, posee entradas y salidas de bits que van en un rango de: de O a 5v y corrientes en el orden de 5 mA. Estos rangos son más bajos que los que se manejan en el lector Alien RFId ALR-9900 que están entre 5 y 24V y amperaje entre 1.5 a 7A pero para los requerimientos de este prototipo. Los parámetros de la DAQMx-NI USB-6009 son similares. Para simular el "Splitsecond" del sistema se tuvo que diseñar una interfaz opto electrónica con un diodo infrarrojo y un fototransistor, al interrumpir el haz de luz entre el diodo y el fototransistor se genera un pulso el cual es recibido por la tarjeta y traducido al programa como una señal discreta "on – off" para completar la función de Split.

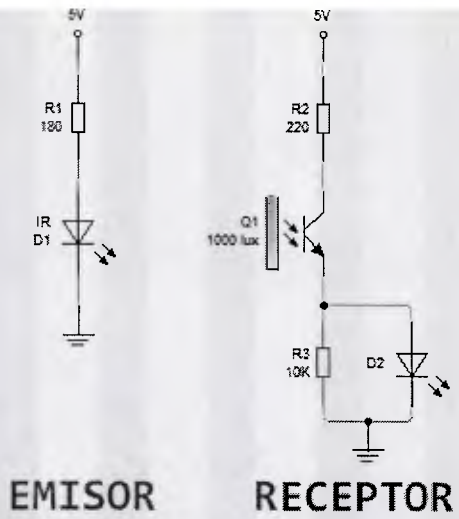


Figura 14. Circuito detector de pulsos

En la rutina llamada sensor el elemento DAQmx Read (Analog DBL 1Chan 1Samp). vi es el encargado de tomar la lectura realizada por la tarjeta (pin task/channels) y transformar ese dato en un dato tipo DBL (pin data), para que luego un comparador de magnitudes con referencia en 1,6V realice la función "mayor o igual a" generando una salida de datos booleana compatible con la función Split del prototipo en cuestión.

Figura 15. DAQMxRead.vi

Para finalizar la operación del sistema este ejecuta un reporte de salida indicando los tiempos totales de la competencia, claro está que al no usar el lector no puede identificarse a través de la radio frecuencia cual competidor hizo el mejor tiempo en la misma. Pero se pudo comprobar que el cronometro funciona y con un lector que tenga los puertos funcionales se podrá hacer que opere la capacidad de "discernimiento" del sistema.

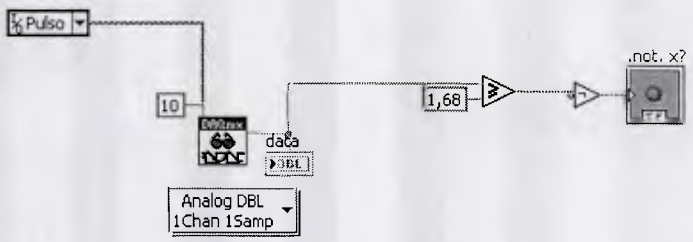


Figura 16. Rutina detector de pulsos.

4.3 Generación de reportes de salida.

El reporte de salida se genera a través de una herramienta llamada "Report Generation Toolkit" dentro del ambiente LabVIEW y lo que hace es generar un archivo en alguno de los formatos del paquete de Office de Microsoft. Bien sea Word u Excel, para este caso se generara un archivo en Office Excel que mostrara los resultados finales de la competencia.

Figura 17. Rutina Generador de Reportes.

Para generar los reportes a través de LabVIEW se usa la rutina mostrada en la fig. 16 para crear un sub VI (sub Instrumento Virtual) y simplificar el manejo de las variables dentro del programa. Se usan 4 VI's contenidos en la paleta de reportes de LabVIEW estos son:

New Report VI (Instrumento virtual de nuevos reportes): es usado para generar los reportes de datos manejados por LabVIEW.

Append table to report (Instrumento Virtual Agregar tabla al reporte): es usado para generar tablas con los datos suministrados por los vectores creados para manejar los datos a procesar por los resultados y tiempos de competencia.

Dispose report VI (Instrumento Virtual Eliminador de reportes): Cierra el informe y lo elimina de la memoria RAM de la interfaz de usuario, para ahorrar memoria del computador.

Excel Get Last Row VI (Instrumento Virtual para obtener la última fila en Excel): Recupera las coordenadas de la última fila de una hoja de cálculo Excel. Utilice el MS Office parámetros de entrada para añadir el contenido de la fila en un informe.

4.4 GUI Guía de Interfaz de Usuario

La GUI se diseña a partir de dos cronómetros sincronizados entre sí, a través de un control maestro el cual es encargado de iniciar al mismo tiempo a ambos cronómetros.

Este diseño facilita la expansión según el número de competidores, para ello solo basta con reproducir exactamente el programa dentro del control maestro de manera que cada competidor posea su propio cronometro y medición individual. Al final de cada competencia el software tendrá la capacidad de reportar los resultados en la hoja de Excel. Para acceder a la interfaz de usuario es necesario instalar LabVIEW y Microsoft Office previamente en el pc donde se quiere procesar la información de la competencia y luego ejecutar el archivo del cronometro. Al ejecutarse el programa, se genera la siguiente interfaz:

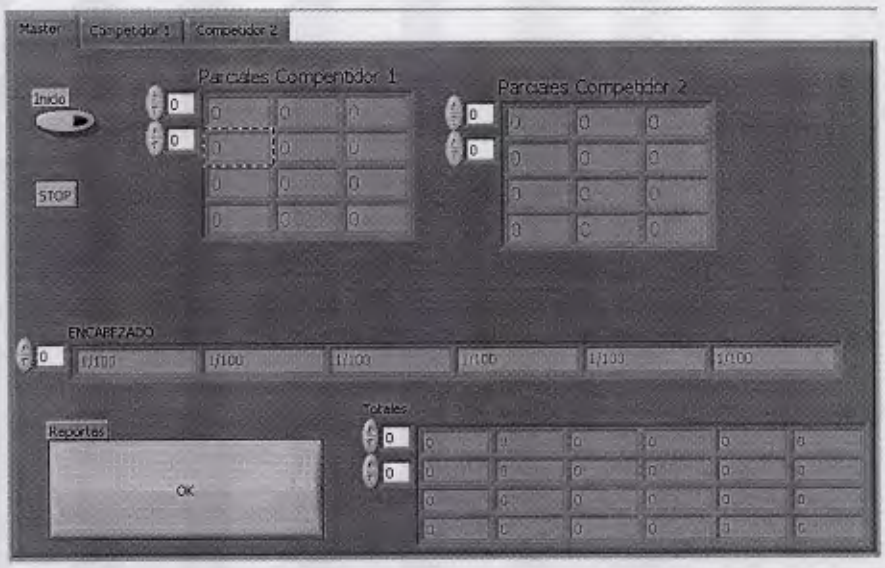


Figura 18. Panel Frontal GUI.

Seguidamente se establecen los parámetros de inicio de los cronos, para ello es necesario hacer click en las pestañas de "Competidor 1" y "Competidor 2", después de verificar que estén en "cero" los cronómetros se procede a encender los mismos haciendo click en la palanca de "Inicio/Parada". Los cronos no comenzarán a contar hasta que se le ordene al programa en el panel de la pestaña de "Master" haciendo click en el botón "Inicio".

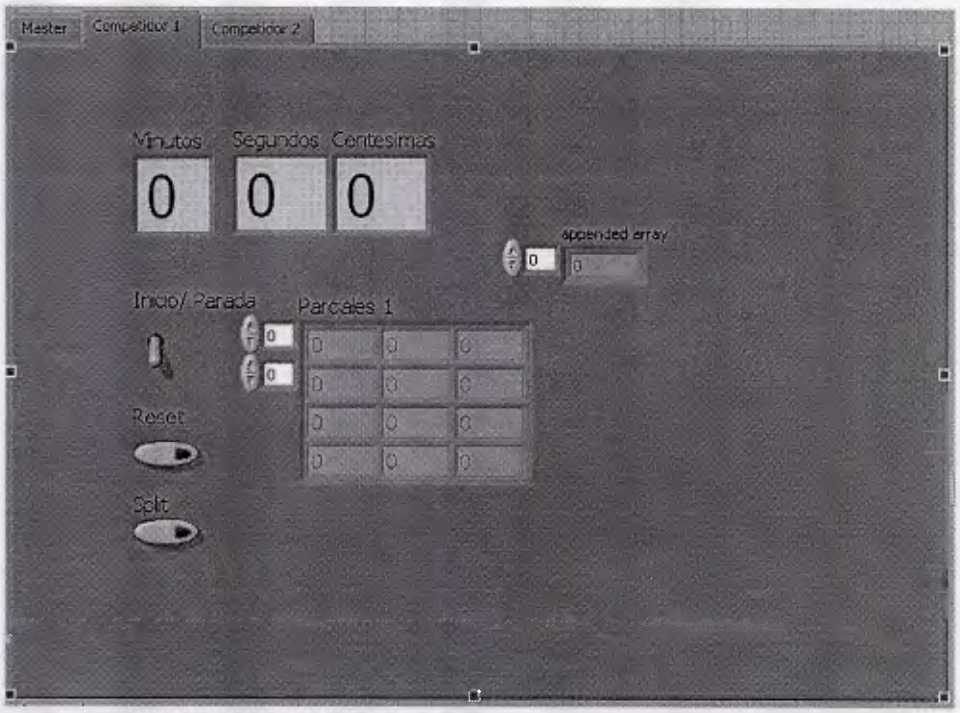


Figura 19. Cronometro Competidor 1

Luego de finalizada la competencia se completa el resumen de la misma deteniendo los relojes en el botón de "Stop" y, - haciendo click en el botón "Ok", se genera el reporte del archivo de Excel el cual mostrará, el resumen de los tiempos de cada competidor en una hoja de cálculo.

CAPITULO V Conclusiones y Recomendaciones

5.1 CONCLUSIONES

- Es posible realizar el monitoreo eficiente de atletas en unidades de canotaje mediante el uso de la tecnología RFId, esto gracias a la identificación de múltiples etiquetas de manera simultánea, sin necesidad de línea de vista y reduciendo el error humano en la medición de los tiempos. Ayudando a los jueces de competencia a tomar la decisión más acertada para el final de cada justa. La integración de ambas tecnologías es completamente compatible gracias a las tarjetas y accesorios distribuidos por National Instruments. La tecnonología RFId puede usarse perfectamente sin importar la condición del terreno, o su constitución, ni el tipo de competencia; ya sea atletismo, canotaje o ciclismo, lo que la hace flexible y adaptable a las exigencias del torneo que la requiera.

- LabVIEW ha sido una herramienta flexible y versátil para el desarrollo y diseño de la interfaz de usuario. El lenguaje G facilita el diseño y comprensión de las muestras tomadas en cada competencia, y el procesamiento de las mismas.

- Es recomendable obtener a través de la universidad otro lector RFId de otro fabricante (Intermec o Cisco) ya que el lector que posee la universidad comienza a degradarse por el uso frecuente de los estudiantes, además de estar a la vanguardia con el desarrollo de la tecnología.

- Sería una ventaja para los estudiantes tanto de pregrado como post grado abrir una materia electiva sobre el tema, ya que el uso de este tipo de tecnologías está creciendo en un campo muy amplio de aplicaciones.

Referencias Bibliograficas

Bibliografía

B. Glover. (2006). *RFID Essentials.* California: O'Reilly.

Bent Systems. (2011).

Ciudad Herrera, J. M. (2004). *Estudio, diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC.* España.

Díaz. L., &. M. (2007). *Guía de antenas.* Caracas, Venezuela. : Universidad Simón Bolívar.

Florencia. (2009). *Definición ABC.* http://www.definicionabc.com/comunicacion/antena.php.

Garcia. V. (2006). *Estudio de la IDentificación por RadioFrecuencia (RFID) y desarrollo de software relacionado con el control de la cadena de suministro.* Malaga, España.

Ilyas, S. A. (2008). *RFID Handbook.* CRC Press.

KERLINGER, F. (1982). *Investigación del comportamiento. Técnicas y metodología.* Mexico: Interamericana.

McIntyre. D., B. d. (2004). *Development Assistance Program Managua: Adventist development and relief agency.*

Outmesguine, M. (2004). *Wi-Fi Toys: 15 Cool Wireless Projects for Home, Office, and Entertainment.* . Hungry Minds Inc.

Rivero.E, M. M. (2010). *TEG, Desarrollo de un Sistema de Monitoreo de Mercancia Mediante el uso de la Tecnologia RFID en Unidades de Transporte.* Caracas: UCAB.

SystemID Warehouse. (2010).

Zorrilla Arena, S. (2007). *INTRODUCCION A LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.* Mexico: Limusa SA. de C.V.