



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y REDES DE
COMUNICACIÓN**

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

**SISTEMA DE CRONOMETRAJE DE ALTA PRECISIÓN Y BAJO COSTO, PARA
MEDIR EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE LOS INTEGRANTES DEL CLUB DE
TRIATLÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.**

AUTOR: FRANKLIN GEOVANNY FARINANGO CHANDI

DIRECTOR: MSC. JAIME ROBERTO MICHILENA CALDERÓN

Ibarra-Ecuador

2017

Sistema De Cronometraje De Alta Precisión Y Bajo Costo, Para Medir El Rendimiento Deportivo De Los Integrantes Del Club De Triatlón De La Universidad Técnica Del Norte.

Autores – Franklin Geovanny FARINANGO CHANDI, Ing Jaime Roberto MICHILENA CALDERÓN, MSc, Ing Omar Ricardo OÑA ROCHA

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Avenida 17 de Julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura

fgfarinangoc@utn.edu.ec , jrmichilena@utn.edu.ec , oronia@utn.edu.ec

Resumen. Existen diferentes dispositivos usados para el cronometraje de un deporte y que están disponibles en el mercado, el problema es que su costo es muy elevado. El presente proyecto presenta el diseño e implementación de un sistema de cronometraje el cual ayudará en gran manera a la hora de medir el rendimiento deportivo de los triatletas pertenecientes al club de triatlón de la Universidad Técnica del Norte.

Con ayuda de diferentes elementos de tecnología de la información es posible el desarrollo de un sistema de comunicación que permite el procesamiento de datos obtenidos por los equipos, de esta manera se tiene la posibilidad de medir el rendimiento físico de los deportistas mediante el análisis de los mismos.

La implementación de software y hardware libre en el proyecto permitió el desarrollo de un sistema de bajo costo en comparación con dispositivos de igual denominación presentes en el mercado mundial.

Este sistema puede ser sometido a todas las condiciones que se pueden presentar durante el desarrollo de un entrenamiento del club de triatlón UTN lo que prueba el desempeño de los sensores a usar, teniendo como resultado un sistema de cronometraje fiable en relación a los datos proporcionados por el mismo.

Palabras Claves

Sistema de cronometraje; Rendimiento deportivo; Comunicaciones inalámbricas; Identificación por radiofrecuencia; Software y Hardware libre.

Abstract. There are different devices used for the timing of a sport and are available in the market, the problem is that its cost is very high. The present project presents the design and implementation of a timing system which will greatly aid in measuring the athletic performance

of the triathletes belonging to the triathlon club of Universidad Técnica del Norte.

With the help of different elements of information technology, it is possible to develop a communication system that allows the processing of data obtained by the equipment, in this way has the possibility to measure the physical performance of the athletes by analyzing the themselves.

The implementation of free software and hardware in the project allowed the development of a low cost system compared to devices of equal denomination present in the world market.

This system can be subjected to all the conditions that can be presented during the development of a training of the UTN triathlon club which tests the performance of the sensors to use, resulting in a reliable timing system in relation to the data provided by the same.

Keywords

Timing system; Sports performance; Wireless communications; Radiofrequency identification; Free software and hardware.

1. Introducción

Los diversos avances tecnológicos en recolección de datos y su influencia en el desarrollo de deportes de alto rendimiento basadas en monitoreo o progreso del desempeño deportivo, en especial los que definen a sus competidores victoriosos por la exactitud de la toma de tiempos durante el desarrollo de la disciplina de triathlon, ha hecho que las técnicas utilizadas vayan evolucionado rápidamente.

Durante el desarrollo de una competencia de triatlón es muy importante la toma de tiempos parciales de acuerdo a las disciplinas desempeñadas incluido el tiempo empleado en transiciones lo cual conforma el tiempo final de cada participante.

Por lo que se debe incluir un número determinado de jueces encargados de diferentes tareas, quienes deben tener en cuenta: atender al juez que dicta el número dorsal de cada deportista e ir registrando con letra legible, marcar el cronometro fijándose que quede inscrito, no perder de vista el número dorsal de cada deportista.

La utilización de todos estos recursos dentro del club de triatlón de la UTN hace que la toma de tiempos durante una competencia o entrenamiento, para definir el desempeño de cada deportista en todos sus trayectos o escenarios de la disciplina, sea impreciso debido al error humano, tiempo de respuesta de los reflejos o la velocidad que lleva cada deportista.

Por lo que se puede desarrollar un método que ayude a corregir estos errores durante el desarrollo de esta disciplina con ayuda de una red de sensores inalámbricos los cuales sean totalmente confiables y exactos para la recolección de datos.

2. Materiales y Métodos.

2.1 Triatlón.

El triatlón es una actividad deportiva olímpica la cual involucra tres especialidades deportivas individuales: natación, ciclismo y atletismo. De tal manera que el triatleta tiene la posibilidad de experimentar las tres disciplinas en orden y sin interrupción entre una prueba y la siguiente es decir el cronómetro no se para durante el tiempo de la competición, por lo cual se puede establecer que es uno de los deportes más exigentes que se puede practicar.

Todos los estatutos, reglas y modalidades que se pueden desarrollar en una competición de triatlón están bajo la dependencia de lo establecido por el International Triathlon [1].

Transiciones.

Se puede denominar transición al espacio alcanzado entre un deporte u otro, es decir, el momento en que se cambia de modalidad o segmento. En este espacio se tiene un área de cambio o área de transición, línea de monta y desmonta,

donde con anterioridad estará ubicado todo el material necesario para poder cumplir con la disciplina de triatlón, descrita en la figura 1. Dentro de esta área se puede apreciar un lugar designado por el juez de competencia por lo que solo se puede ocupar este espacio y no invadir el espacio de otro deportista.

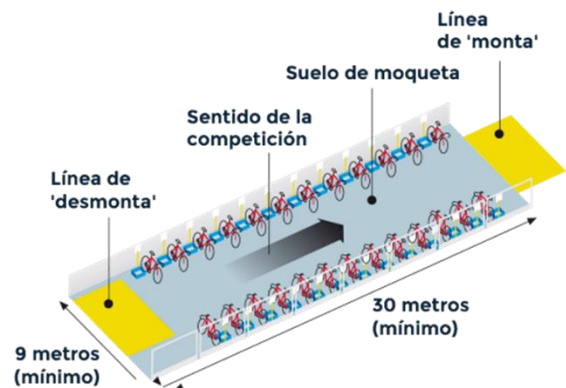


Figura 1. Zona de transición.

Fuente: <http://www.marca.com/juegos-olimpicos/triatlon/todo-sobre.html>.

Por medio del análisis de lo establecido en el documento ITU Competition Rules [1], en relación al desarrollo de un triatlón y sus transiciones se puede describir lo siguiente:

Transición de natación a ciclismo (T1): una vez terminado el recorrido de la natación hay que ir lo más rápido posible hasta la ubicación de la bicicleta, la cual estará ubicada en el área de transición previamente asignada.

Es un momento en el cual se puede gastar mucho o poco tiempo dependiendo de la habilidad del deportista, debe colocar los zapatos de ciclismo y el casco ya que es de uso obligatorio siempre que se esté en contacto con la bicicleta. A partir de la marca establecida por los jueces de carrera se podrá montar la bicicleta y comenzar el segmento de ciclismo.

Transición de ciclismo a atletismo (T2): al término del recorrido de ciclismo, antes de llegar al área de transición, los jueces deben colocar una línea de pie a tierra. El motivo de esta línea es no cruzarla mientras se está sobre la bicicleta, por lo que hay que desmontar previamente y cruzar con la bici en mano procurando evitar accidentes, para posteriormente ir al lugar antes asignado para colocar la bicicleta en el soporte y hacer los cambios necesarios para el recorrido de atletismo lo más rápido posible.

2.2 Cronometraje y Resultados.

El tiempo de todo deportista en una disciplina es el que se toma en cuenta desde el momento de la salida hasta el final de la competición, cave recalcar que el tiempo empleado en las transiciones forma parte de la sumatoria del tiempo total. Los resultados deberán ser de acuerdo a los estándares ORIS [1].

La precisión del funcionamiento de un reloj mecánico depende del tipo de movimiento utilizado, de los hábitos personales del usuario relativos al uso del reloj y de las variaciones de la temperatura ambiental. Los relojes Oris se revisan y se ajustan en el taller para que la variación del funcionamiento diario esté comprendida en un intervalo de tolerancia que va de -5 a $+20$ segundos por día.

Los cronómetros son ajustados y revisados en intervalos de tolerancia más estrictos. Un reloj suizo se puede calificar como cronómetro sólo si su movimiento de relojería suizo ha superado con éxito un control de conformidad con las normas NIHS 95 -11/ISO 3159 del Control Oficial Suizo de Cronómetros (COSC), observatorio suizo independiente. [2].

2.3 Sistemas de cronometraje.

El tiempo total de cada atleta está comprendido entre el inicio de la competición hasta que se cruza la línea de meta, tomando en cuenta el tiempo empleado en las transiciones. En el desarrollo de una competición de triatlón se tiene dos tipos de sistemas de cronometraje los cuales proporcionan datos en relación al tiempo de competición de cada atleta.

- Manual.
- Automatizado(chip).

Sistema de Cronometraje manual.

Este tipo de sistemas utiliza como recurso principal la percepción visual y auditiva de las personas encargadas de ir registrando e ir dictando los datos de cada deportista.

En competiciones de triatlón, triatlón cross, acuatlón y cuatriatlón se recomienda marcar a los deportistas, como requerimiento mínimo en el brazo izquierdo y en la parte frontal del muslo izquierdo y siempre en lectura vertical como se muestra en la figura 2 [3].



Figura 2. Marcaje de deportistas; correcto e incorrecto
Fuente: International Triathlon Union - Rules, 2015 [3]

Además, es de uso obligatorio llevar sobre su uniforme, sin modificar, todos los dorsales y elementos de identificación proporcionados por el organizador y aprobados por el Delegado Técnico como se muestra en la figura 3.

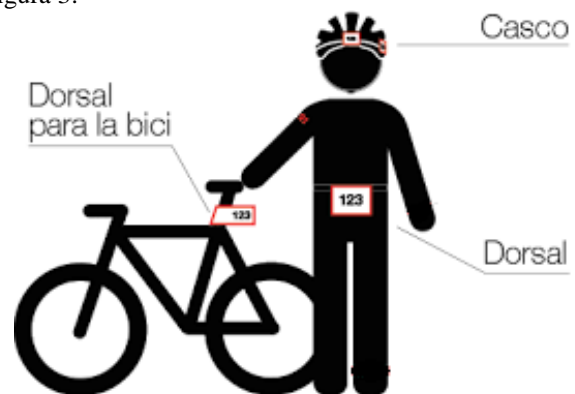


Figura 3. Dorsales y elementos de identificación usados en triatlón
Fuente: <http://www.triatlomarina.com/ts2014/gava/infocarrera.html>

Sistema de Cronometraje con chip.

El sistema de cronometraje manual con lleva muchas complejidades incluido el error humano para el registro de datos, es por ello que el desarrollo de nuevas tecnologías ha hecho que se popularice el uso de chips para cronometrar carreras de todo tipo.

Este chip es muy cómodo e imperceptible para el deportista durante la competición el cual está marcado por un código único de identificación, no tiene baterías y se activa al entrar en contacto con un campo magnético. Durante el desarrollo de una competición se debe colocar antenas que, al cruzarlas, reciben la información almacenada en el chip la cual incluye el número de identificación del atleta [4].

El uso de este chip permite saber el momento exacto en que el atleta cruza la línea de inicio y final de carrera, lo que ayuda a saber los tiempos parciales y totales. Todo este

sistema permite agilizar el procesamiento de datos y la obtención de datos fiables para todas las personas involucradas en el uso de este sistema.

Cuando se habla de sistemas de cronometraje con chip, hay que tener muy en claro dos conceptos para entender el funcionamiento de ellos y su equipamiento, así como ventajas y desventajas de cada uno, por ello se procede a describir los siguientes términos:

Sistema de chip pasivo.

Este sistema consta de dos elementos: Alfombras lectoras el ancho de estas alfombras se encuentra entre 2 y 4 metros y son colocadas en puntos de interés para que un cronometro realice su función y detectan si el corredor la piso, El chip que es llevado por cada atleta en su tobillo tiene la misma información del número dorsal que lleva cada deportista; de esta manera se puede emitir el código y tiempo de carrera.

El transpondedor o Chip es pasivo hasta que se mueve en el interior de un campo magnético, generado por las alfombras. Aquí, la bobina de alimentación produce una corriente eléctrica que alimenta el chip. Entonces, el transpondedor transmite su número de identificación individual a una antena receptora. El procedimiento completo tarda aproximadamente 60 milisegundos y se repite continuamente [5].

Sistema de chip activo.

El transpondedor o chip posee una fuente de energía, la cual es usada para alimentar el circuito del microchip y para transmitir la señal al lector. Esto ayuda a que los tags activos puedan leerse a grandes distancias en comparación con los tags pasivos, ya que contienen su propia fuente de energía, los tags activos también son capaces de responder a señales de menor nivel en comparación con los tags pasivos.

Lo que hace es que el chip al cruzar por el punto de control, transmite el código de chip al equipo que va a recoger ese dato, con una precisión de 0.01 segundos hasta una velocidad de 100km/h y 3000 capturas por minuto hasta con 100 metros de anchura [3].

2.4 RFID (Radio Frequency Identification).

La identificación por radio frecuencia o RFID, es el término que se utiliza para describir la tecnología de identificación a distancia de personas, animales o cosas sin necesidad de contacto físico o visual mediante el uso de ondas de radio. Para poder realizar esta identificación es

necesario un a etiqueta RFID el cual en su interior posee un micro chip adherido a una antena que conjuntamente proporcionan información de identificación a un lector capaz de interpretar los datos almacenados en una etiqueta RFID, como se muestra en la figura 4.

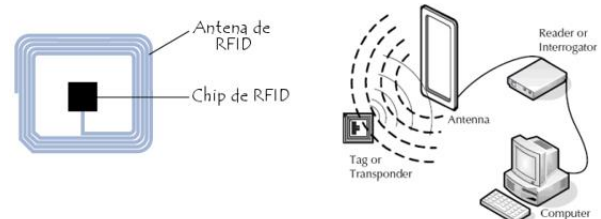


Figura 4. Tag RFID y Sistema de Comunicación

Fuente: <http://www.pymescentral.com/tarjetas-pvc/rfid/>

Un sistema de RFID posee diferentes elementos activos, los cuales hacen posible el desarrollo de un sistema de identificación por lo que se procede a la descripción de los elementos que conforman un sistema de identificación por radio frecuencia:

Etiqueta RFID: También puede ser llamada tag, kip o transpondedor y puede ser insertada o adherida a una persona, animal o cosa el cual llevaría información sobre el mismo por medio de un código EPC (Electronic product code), por lo que está compuesto principalmente por un micro chip y una antena.

El EPC es un código numérico estandarizado de 96 bits [6], proporciona una identificación única de la etiqueta RFID. El código no proporciona información específica del objeto al que etiqueta.

Lector o interrogador: Es el encargado de transmitir energía suficiente a la etiqueta y leer los datos que se le envíen, el cual consta de un módulo de radiofrecuencia, una unidad de control y una antena para sondear los tags mediante ondas de radiofrecuencia.

El lector está programado para funcionar en tres modos:

- Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
- Interrogando de forma puntual, cuando se detecta la presencia de una nueva etiqueta.
- Interrogando su zona de cobertura continuamente, por lo que se espera la presencia de múltiples etiquetas de forma continua.

Módulo de radiofrecuencia: Consta de un transmisor que genera una señal de radiofrecuencia y un lector que recibe los datos enviados por las etiquetas, y sus funciones son:

- Generar la señal de radiofrecuencia para activar

- el transpondedor y proporcionarle energía.
- Modular la transmisión de la señal para enviar los datos al transpondedor.
- Recibir y demodular las señales enviadas por el transpondedor.

Unidad de control: Se encarga de realizar las siguientes funciones:

- Gestionar el acceso al medio: activar las etiquetas, autenticar y autorizar la transmisión, gestionar el proceso de lectura.
- Comunicarse con el sistema de información.
- Codificar y decodificar los datos de los transpondedores.

Antena: Es el medio que permite la comunicación entre el lector y el transpondedor, su diseño depende del tipo de aplicación para que sea desarrollada debido a la frecuencia de operación por lo que es un aspecto que hay que considerar al momento de elegir una antena debido a su área de cobertura, ya que debe ser lo suficiente mente grande para detectar las etiquetas, pero no muy pequeña para evitar lecturas no validas que pueden afectar y confundir al sistema.

Host o Controlador: Es aquel que desarrolla la aplicación RFID, es capaz de recibir información de uno o varios lectores y comunica al sistema de información según el principio maestro esclavo, lo que da a entender que todas las actividades que realice el lector y el transpondedor son iniciadas por la aplicación de software, ya que si el lector recibe una orden de esta aplicación debe establecer una comunicación con los transpondedores lo que lleva a que el lector ejerza la función de maestro y los tags de esclavos.

El host o controlador tiene como objetivo gestionar y tratar los datos recibidos por el lector, por lo que el software debe ser muy robusto como para poder manejar las múltiples lecturas que realizan los sistemas RFID, coordinar tiempos y flujos de información, gestionar distintos eventos, introducir las actualizaciones del sistema cuando sea requerido [7].

2.5 Frecuencias de funcionamiento.

Los micro chips que se encuentran dentro de la etiqueta RFID se pueden clasificar según su fuente de energía, ya sean activos o pasivos, como se explicó anteriormente. Las bandas de frecuencia en las que trabajan los sistemas de RFID son 125 o 134 KHz para baja frecuencia y 13.56 MHz para alta frecuencia, [8].

La regulación internacional describe que los equipos RFID deben trabajar en la banda de frecuencias de uso libre

ISM (“Industrial, Scientific and Medical”) para UHF, como está especificado para tecnologías Wifi, Bluetooth. [6], este es un gran problema que se genera a nivel mundial, ya que en esta banda de frecuencias trabajan algunos dispositivos los cuales generan ruido con los sistemas de RFID y viceversa.

2.6 Aplicaciones de sistemas RFID

La frecuencia en la que trabajan los sistemas de RFID establece las características de propagación del campo electromagnético y con ello la transmisión de datos: velocidad de transmisión, distancia máxima de lectura, acoplamiento, sensibilidad de los materiales; todo esto hace que los sistemas de RFID sean utilizados en diferentes aplicaciones comerciales, como se puede apreciar en la tabla 1.

FRECUENCIAS DE TRABAJO PARA LOS SISTEMAS DE RFID

FRECUENCIA DE TRABAJO	APLICACIONES USUALES
LF: 135 KHz	Control de acceso. Identificación de animales. Control antirrobo de autos.
HF: 13.56 MHz	Control de acceso. Bibliotecas y control de documentación. Pago en medios de transporte. Control de equipaje en aviones.
UHF:860-960 MHz	Cadenas de suministro. Trazabilidad de objetos de valor. Control anti falsificación. Automatización de las tareas de inventario. Pago de peaje en autopistas.
Microondas: 2.4 GHz, 5.8 GHz	Pago de peajes en autopistas. Rastreo de vehículos.

Tabla 1. Frecuencias en las que trabajan los sistemas de RFID.
Fuente: adaptado de LIBERA, 2010 [6].

2.7 Comunicaciones inalámbricas WPAN

Las comunicaciones inalámbricas hacen referencia a las comunicaciones que se puedan realizar entre dispositivos electrónicos o personas que intercambian información con ayuda del espectro electromagnético como un vehículo de transmisión.

Las redes WPAN es una tecnología que tiene como objetivo establecer comunicación entre dispositivos sin ningún tipo de cable y que pueden estar poco separados, generalmente se limita al espacio de una habitación, como se muestra en la ilustración 21. Las tecnologías más usadas en una WPAN son: Bluetooth, DECT, IrDa, NFC y Zigbee.

3. Diseño.

El diseño del sistema de cronometraje se basa en la metodología en V de desarrollo de software, ya que presenta un procedimiento adecuado para la implementación de los elementos de software y hardware a usar, el que conlleva a un correcto diseño del sistema de cronometraje con ayuda de un análisis a fondo de la situación actual en torno a la toma de tiempos en una competencia de triatlón.

3.1 Análisis de la situación actual de los sistemas de cronometraje con chip.

Los sistemas de cronometraje que usan identificación por RFID son los de mayor confianza para el uso en actividades masivas de deportivas o eventos en todo el mundo por lo que su uso se puede apreciar en competencias tan importantes como las que organiza la unión internacional de triatlón [3] , incluyendo las ex sedes olímpicas por lo que su uso se ha popularizado, ya que estos son sistemas totalmente automáticos de cronometraje que lo puede usar en casi cualquier deporte que tenga una línea de meta.

3.2 Club de triatlón de la UTN.

La universidad técnica del norte contribuye al desarrollo integral y mejora de la calidad de vida de la comunidad universitaria y de la sociedad en general de la Zona 1, a través de la formulación de políticas, planes, programas y proyectos orientados al desarrollo del deporte a nivel universitario y formativo, fomentando la práctica de la actividad física, asesoramiento y capacitación en el área deportiva, con la organización de eventos deportivos internos y externos, administrando eficiente y sustentablemente los recursos y escenarios deportivos con gran responsabilidad social, ética y humanista, enmarcado en el cumplimiento de los objetivos institucionales y del Plan Nacional del Buen Vivir. [9]

Gracias a la gestión de la Universidad Técnica del Norte y desde el año 2012 se encuentra en constante actividad hasta el día de hoy el club de triatlón, con el objetivo de dejar

en alto el nombre de la casona universitaria con ayuda de sus deportistas en competencias a nivel nacional, las cuales se presentan año tras año, que mayoritaria mente están constituidos por estudiantes universitarios y Jorge Pulles en calidad de entrenador.

3.3 Requerimientos del sistema.

Para realizar el análisis de requerimientos del sistema es necesario evaluar diferentes requerimientos que conllevan a que el sistema a desarrollar presente las mejores prestaciones durante el desarrollo de sus funciones en base al estándar ANSI/IEEE 830 [10]. Durante la descripción de los requerimientos del sistema se usará algunos términos abreviados y acrónimos descritos en la tabla 2.







TÉRMINOS ABREVIADOS Y ACRÓNIMOS USADOS DURANTE EL ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Acrónimos y abreviados	Descripción
UTN	Universidad Técnica del Norte
PC	Computador Personal
StSR	Requerimientos de Stakeholders del sistema
SySR	Requerimientos Funcionales del sistema
SRSR	Requerimientos de Arquitectura del sistema

Tabla 2. Términos abreviados y acrónimos usados.

Fuente: Autoría

Por lo cual se presenta la tabla 3 y lleva el prefijo SySR que hace referencia a los *Requerimientos Funcionales del sistema*, en la que se describe los requerimientos iniciales del sistema con el objetivo de visualizar de mejor manera todos los parámetros a considerar para el diseño del sistema de cronometraje.

SySR						
Requerimientos de Funciones						
#		Prioridad			Relación	Verificación
		Alta	Medi	Baja		
Requerimientos Operacionales						
SySR 1	Los nodos del sistema deben tener conexión inalámbrica sin ninguna interferencia y a una distancia considerable.					
SySR 2	El sistema no debe dificultar la actividad					

Sy SR 3	deportiva a realizar. El sistema debe ser preciso en la toma de tiempos.			
Sy SR 4	Visualización de datos y de fácil interpretación.			
Requerimientos de uso				
Sy SR 5	El sistema deberá estar alimentado constantemente por corriente eléctrica para su correcto funcionamiento durante un entrenamiento.			
Sy SR 6	Movilidad de los Nodos			
Requerimiento de Interfaces				
Sy SR 7	Comunicación a través del puerto serial.			
Sy SR 8	Aplicación de software de fácil manipulación			
Requerimientos de Modos/Estado				
Sy SR 9	Todo el sistema debe estar en constante funcionamiento durante la actividad deportiva a realizar.			
Requerimientos Físicos				
Sy SR 10	Tomar en cuenta la ubicación del sistema y que este no presente problemas de funcionamiento.			

Tabla 3. Requerimientos Funcionales del Sistema.
Fuente: Autoria.

Los requerimientos planteados anteriormente fueron planteados de acuerdo al análisis de la situación actual del club de triatlón UTN.

Se plantea la tabla 4 y lleva el prefijo SRSH que hace

referencia a los Requerimientos de Arquitectura del sistema, en la que se describe los requerimientos de software y hardware del sistema. Este análisis ayudara de gran manera a la elección de Software y Hardware a usar en el sistema.

SRSH						
Requerimientos de Arquitectura.						
#		Prioridad			Relación	Verificación
		Alta	Mediana	Baja		
Requerimientos Lógicos						
SRS H 1	Entradas y Salidas digitales					
SRS H 2	Comunicación entre varios nodos					
Requerimientos de Diseño						
SRS H 3	Implementación de un sistema de bajo costo					
SRS H 4	Implementar Hardware y Software que sea de distribución libre.					
Requerimientos Software						
SRS H 5	Es necesario un software de distribución libre, compatible con el sistema operativo de la PC en la que funcione el sistema.					
SRS H 6	El software de programación debe ser compatible con la placa de desarrollo a elegir.					
SRS H 7	Es necesario que el software de programación pueda exportar la aplicación a otro PC sin la necesidad de que se					

	encuentre instalado dicho Software.			
SRS H 8	La aplicación a desarrollar no debe ser difícil de manipular.			
SRS H 9	Dificultad del entorno de desarrollo de software.			
SRS H 10	Lenguaje de programación basado en C++			
SRS H 11	Usar los recursos disponibles en el PC			
Requerimientos de Hardware				
SRS H 9	Debe ser capaz desarrollar un sistema de identificación.			
SRS H 10	Capaz procesar datos a alta velocidad en relación al entorno de pruebas y la reconexión de datos.			
SRS H 11	Es de gran prioridad usar un procesador, capaz de dar tratamiento a todos los datos que se pueden obtener durante la recolección de datos.			
SRS H 12	Comunicación inalámbrica entre los diferentes dispositivos			
SRS H 13	Disponibilidad de pines para la conexión de varios periféricos.			
Requerimientos Eléctricos				







SRS H 14	El sistema no debe depender de baterías, debido al tiempo de funcionamiento.			
-----------------	--	--	--	--

Tabla 4. Requerimientos de Arquitectura.
Fuente: Autoría.

Estos requerimientos se deben tomar muy en cuenta, ya que son la base para el desarrollo del sistema de cronometraje, que tiene como objetivo principal la exactitud en la toma de tiempos. Por lo que todos los elementos anclados a la placa de desarrollo, deben ser compatibles entre sí para asegurar un correcto trabajo de cada una de las funcionalidades que están inmersas dentro del sistema.

Todo desarrollo de un proyecto tiene como necesidad la participación de un Stakeholder o individuos a quienes serán beneficiados por el desarrollo del mismo, descritos en la tabla 5 que lleva un prefijo StSR que hace referencia a los Requerimientos de Stakeholders, quienes evaluarán el sistema al final de su implementación, con el objetivo de validar conclusiones correspondientes al desarrollo del proyecto.

<i>StSR</i>						
<i>Requerimientos de Stakeholders</i>						
#		Prioridad			Relación	Verificación
		Alta	Medi	Baja		
<i>Requerimientos Operacionales</i>						
StS R 1	Es necesario de la participación del club de triatlón de la UTN para el desarrollo del sistema.					
Requerimientos de usuario						
StS R 2	Los resultados obtenidos por el sistema deben ser digitales.					
StS R 3	El chip de identificación debe ser cómodo de llevar para los deportistas					

StS R 4	Los datos obtenidos deben ser claros y precisos.			
StS R 5	Los datos obtenidos se deben almacenar en un lugar seguro.			

Lista de Stakeholders	
Club de triatlón de la Universidad Técnica del norte	Integrantes del Club Entrenador del Club
Ing Jaime Michilena. Msc.	Director
Ing Omar Oña.	Codirector
Franklin Farinango.	Estudiante

Tabla 5. Requerimientos de Stakeholders.
Fuente: Autoría.

3.4 Elección de Hardware.

La necesidad de implementar un sistema de cronometraje en el club de triatlón de la Universidad Técnica del Norte, conlleva a usar algún tipo de plataforma de desarrollo capaz de procesar los datos obtenidos de acuerdo a los requerimientos del sistema anteriormente planteados. La tabla 22 valora las placas de desarrollo disponibles para el procesamiento de datos, tomando en cuenta los requerimientos de hardware indicados en la tabla 6.

Elección de Placas de desarrollo para el procesamiento de datos.			
Hardware	Requerimientos (Ver tabla 4)		
	SRS9	SRS10	SRS11
Arduino Uno	1	1	0
Raspberry Pi	1	1	1
Arduino Mega 2560	1	1	1

1 - Cumple
0 - No Cumple

Elección: Arduino Mega 2560.

Tabla 6. Elección de placas de desarrollo para el procesamiento de datos.

Fuente: Autoría.

En base la tabla 6 y a lo analizado anteriormente con respecto a las plataformas de desarrollo disponibles para su uso, las cuales pueden ayudar de gran manera en el procesamiento de datos y que cumple con requerimientos del sistema, se opta por el uso de Arduino Mega 2560.

Debido a la posición geográfica en donde estarán ubicadas las plataformas no sería conveniente el uso de alguna conexión cableada, por ello la mejor opción es usar un sistema de comunicación inalámbrica de área personal ya

puede cubrir las necesidades particulares de las redes de sensores de bajo costo y consumo, requiriendo alimentación mínima y a la vez permitiendo el transporte confiable de datos entre dispositivos remotos. La tabla 7 muestra las comunicaciones inalámbricas que dependiendo de la valoración en base a los requerimientos planteados puede ser elegida una para su implementación.

Elección de Hardware para Comunicación Inalámbrica.						
Hardware	Requerimientos					Valoración Total
	SyS R 1	SyS R 6	SyS R 7	SRS H 1	SRS H 12	
Bluetooth	0	1	1	0	1	3
Xbee S1	1	1	1	1	1	5
Wifi	0	1	1	1	1	4
Infrarojo	0	1	1	0	0	2

1 - Cumple
0 - No Cumple

Elección: Xbee S1.

Tabla 6. Elección de Hardware para Comunicación Inalámbrica.

Fuente: Autoría

Existen varios componentes de Hardware con los que se puede diseñar un sistema de comunicación inalámbrica así como los que se encuentran descritos en la tabla 15 y por medio del análisis de los requerimientos del sistema se opta por la mejor opción, que en este caso será el huso de un sistema de comunicación ZigBee específicamente del hardware Xbee S1, ya que su uso se basa en comunicaciones inalámbricas de área personal.

El uso de un sistema de RFID(Identificación por radio frecuencia) es el método de identificación más recomendable para alcanzar los objetivos planeados en este proyecto, ya que su popularidad dentro del desarrollo de deportes que exigen la precisión en la toma de tiempos ha ido aumentando [3] y gracias al uso de la plataforma Arduino minimizan las posibilidades de búsqueda para los sensores a emplear, debido a que los elementos y la plataforma deben ser compatibles, para que en conjunto presenten las mejores prestaciones durante el desempeño del sistema a desarrollar y sobre todo que lleve a abaratar costos, la tabla 7 muestra los diferentes dispositivos compatibles con la placa de desarrollo que de acuerdo con la valoración en base a los requerimientos del sistema se optara por uno solo.

Elección de Hardware para un sistema RFID.								
Hardware	Requerimientos							Valoración Total
	Sy SR 2	SR SH 3	Sy SR 6	SR SH 9	SR SH 12	St SR 4		
RFID-NFC SL060	1	0	1	1	1	1	5	
RFID-RC522	1	1	1	1	1	1	6	
Pn532 Nfc Rfid	1	0	0	1	1	1	4	
RFID RDM6300	1	0	1	1	1	1	5	

1 - Cumple
0 - No Cumple

Elección: RFID-RC522

Tabla 7. Elección de Hardware para un sistema RFID.

Fuente: Autoría.

El desarrollo de un sistema RDIF, ayuda de gran manera al desarrollo del proyecto y gracias al análisis presentado anteriormente es posible determinar que módulo RFID es el adecuado para su uso considerando que cumpla con los requerimientos del sistema, es por ello que se elige el módulo RIFD-RC522.

3.5 Diagrama de bloques del sistema.

El siguiente diagrama mostrado en la figura 5 ayuda a comprender de mejor manera las especificaciones de diseño del sistema, y de las funciones internas que debe realizar cada uno de ellos dentro del mismo.

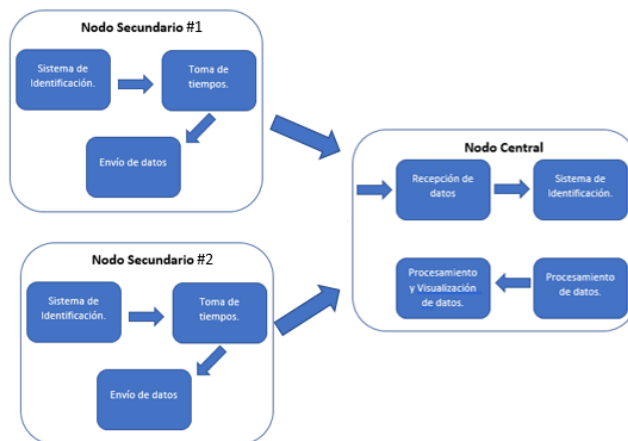


Figura 5. Diagrama de bloques del Sistema.
Fuente: Autoría.

Diagrama de bloques de los Nodos secundarios.

Cabe considerar que el nodo secundario uno es un reflejo del nodo secundario dos, estos nodos están conformados principalmente por la plataforma de desarrollo Arduino MEGA, los nodos secundarios tienen la tarea de identificar, tomar y enviar todos los datos al nodo central con ayuda de un sistema de comunicación inalámbrica.

Los datos obtenidos son los tiempos usados por los deportistas en los diferentes segmentos que se deben realizar en un triatlón incluido las transiciones, y se consiguen gracias al sistema de RFID y a la programación en la plataforma de desarrollo. En la figura 6 muestra la interconexión de todos los sistemas presentes en el nodo más detalladamente.

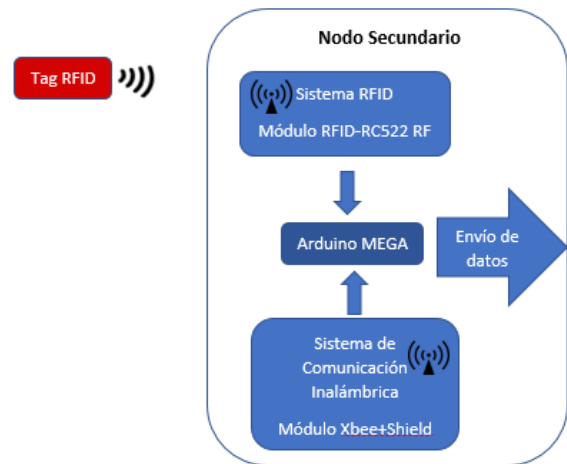


Figura 6. Diagrama de bloques Nodo Secundario
Fuente: Autoría

Diagrama de flujo nodos secundarios.

Una forma intuitiva de entender la manera en cómo funcionara de forma lógica el nodo secundario y sus subsistemas es con ayuda de un diagrama de flujo. Por lo que se éste inicia comprobando si el nodo está encendido o no, y seguido con el sistema RFID más un censado permanente el cual identifica si existe la presencia de un tag RFID o no dentro de su rango de lectura.

Este proceso de censado, consta de un ciclo el que sí es afirmativo registra el número de identificación del tag RFID e inicia un timer ascendente individual en relación a otros tags presentes, de acuerdo a la programación en la placa Arduino y este finalizará cuando este programado, caso contrario seguirá analizando si existe un tag presente.

Realizado el proceso de identificación inicio y fin del timer de acuerdo al tag correspondiente, se procede al sistema de comunicación el cual es el encargado de enviar los datos recolectados al nodo central para su procesamiento.

Lo descrito anteriormente en relación al funcionamiento de los nodos secundarios se encuentra plasmado en la figura 7, la cual describe todos los procesos lógicos a realizarse.

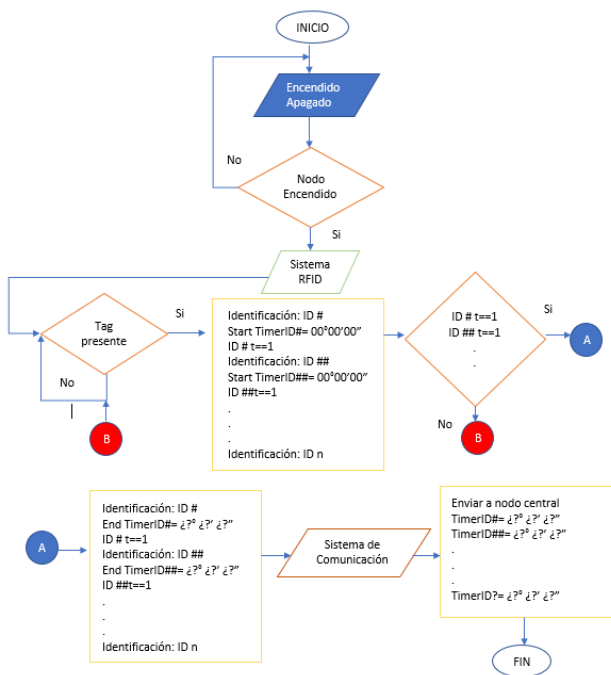


Figura 7. Diagrama de flujo nodos secundarios.
Fuente: Autoría

Diagrama de bloques del nodo Central.

El nodo central es el encargado de mantener un registro previo de todas las manillas que cuentan con un dispositivo RFID el cual estará previamente validado en la programación de la plataforma Arduino.

El nodo central a más de recibir los tiempos tomados por los nodos secundarios realizara una sumatoria de todos esos datos por medio del uso de una aplicación de software desarrollada en Processing, para finalmente mostrarlos de manera jerárquica de menor a mayor con ayuda de una hoja de cálculo en Excel. La figura 8 muestra la interconexión de todos los procesos presentes en el nodo más detalladamente.

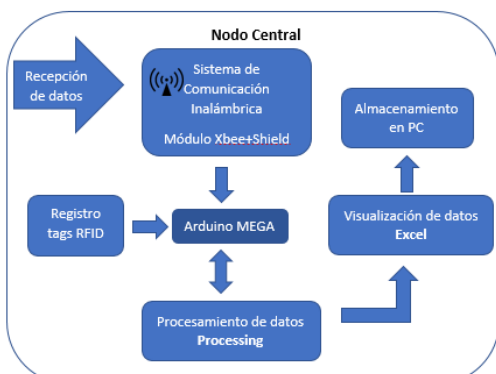


Figura 8. Diagrama de bloques del nodo Central.
Fuente: Autoría

Diagrama de flujo nodo central.

Al igual que en el nodo secundario se presenta un diagrama de flujo para entender de mejor manera el funcionamiento interno del nodo central y todos los procesos que conlleva el mismo durante su funcionamiento.

El nodo inicia con la recepción de datos gracias al sistema de comunicación lo que lleva a realizar el procesamiento de datos, que consiste en tomar todos los datos obtenidos de cada tag RFID y realizar una sumatoria de los timers correspondientes a la programación realizada en la placa de desarrollo.

Al final todos estos datos serán exportados a una hoja de Excel para poder visualizarlos en orden jerárquico para posteriormente ser almacenada en la PC en la que funcione el sistema y dar por terminado el proceso que debe realizar el sistema de cronometraje del proyecto. La figura 9 muestra los procesos lógicos presentes en el nodo central.

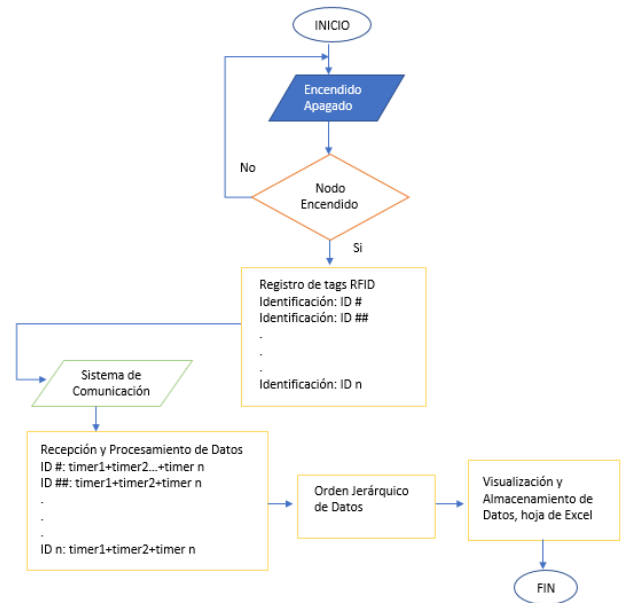


Figura 9. Diagrama de flujo nodo central.
Fuente: Autoría

3.6 Esquema de conexión de los elementos que forman los subsistemas en los nodos.

El nodo central está conformado por varios elementos de electrónica los que ayudan a desarrollar todos los sistemas inmersos dentro del procesamiento del nodo, por lo cual el núcleo del mismo es un Arduino Mega encargado de la recepción y procesamiento de datos.

La recepción de datos está basada en un sistema de comunicación inalámbrica con ayuda de un módulo Xbee y

su shield ya que este elemento consta de varias protecciones para que el módulo Xbee no sufra algún daño y ayuda a que el módulo se adhiera a la placa de desarrollo sin necesidad del uso de cables.

El sistema RFID está desarrollado gracias al uso del Módulo RFID-RC522 y a los tags RFID, el módulo va acoplado a la placa de desarrollo por medio de cables. Todo lo descrito anteriormente respecto a la conexión de los elementos de electrónica del sistema y sus respectivos pines, se los puede apreciar en la figura 10.

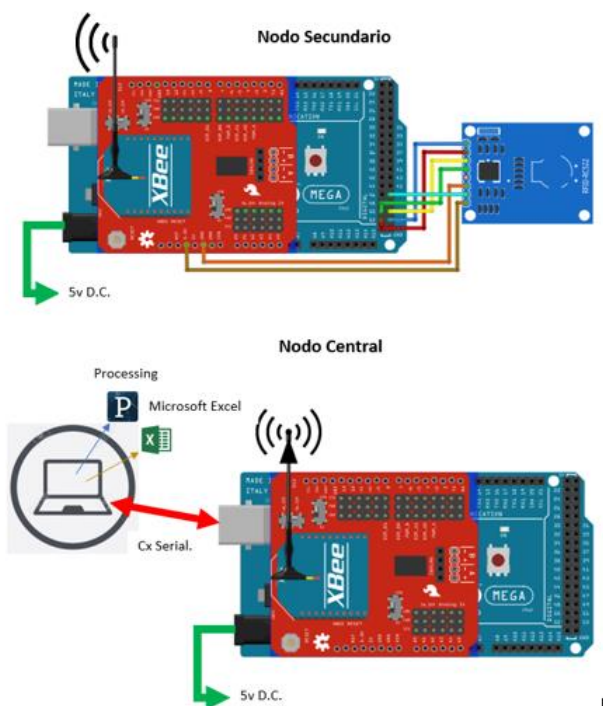


Figura 10. Diagrama de conexiones Nodo Secundario y Nodo Central
Fuente: Autoría.

3.7 Análisis del consumo de energía eléctrica del sistema.

Como un requerimiento del sistema, el mismo debe estar en constante alimentación eléctrica para que este de las mejores prestaciones. Por lo cual se toma en cuenta que todas las placas Arduino a usar deben estar alimentadas por 5v y en relación al consumo de corriente depende de los periféricos que sean conectados a la placa los cuales conforman los subsistemas del proyecto.

Los elementos que conforman los subsistemas como son: el módulo Rfc-522 de acuerdo a las características del mismo presentadas anteriormente y presentes en los

datasheets funciona con una alimentación de 3.3v. Con respecto al módulo Xbee pro S1 al igual que el módulo RFID funciona a 3.3v y por medio de la implementación de su shield ayuda con respecto a la alimentación ya que esta adecuada para el uso y protección del módulo Xbee.

El circuito desarrollado en el proyecto tiene un consumo de 400 [mA], detallado en la tabla 8:

<i>Consumo de electricidad del circuito empleado en el proyecto</i>	
Elemento	Amperio por hora
Arduino mega	96 [mA]
Módulo rfc-522	19,5 [mA]
Modulo X-bee S1 y Shield X-bee	215 [mA]
Zumbador	40 [mA]
2 Leds	20[mA] x 2
Total= 390,5 [mA] ≈ 400 [mA]	

Tabla 8. Análisis del consumo eléctrico en el circuito del proyecto.
Fuente: Autoría.

Esta tabla detalla el consumo eléctrico de todos los elementos presentes en el circuito desarrollado para el proyecto, por lo que es necesario diseñar una fuente de alimentación para dicho circuito que tiene un consumo de 400[mA] a 9[v].

3.8 Costos que conllevan al desarrollo del sistema.

De acuerdo a la adquisición de todos los materiales usados para el desarrollo del sistema en relación a los costos económicos se los puede apreciar en la tabla 9.

<i>Costos adquisición de materiales para el desarrollo del proyecto.</i>			
Descripción.	Cantidad.	Valor Unitario. [\$]	Valor total. [\$]
Arduino Mega 2560	3	60	90
Módulo Xbee S1	3	81	243
Módulo rc522	2	11	22
Shield Xbee pro	3	11,40	34,2
Tag RFID	20	3	60
TOTAL			449,2

Tabla 9. Costos adquisición de materiales para el desarrollo del proyecto.
Fuente: Autoría.

4. Pruebas de los sistemas que conforman el proyecto.

Una vez terminado el diseño del sistema de cronometraje es necesario realizar las pruebas correspondientes, lo que llevara a validar el correcto funcionamiento de los sistemas y de todos los elementos de electrónica que conforman el mismo. Todas las pruebas realizadas tienen un solo objetivo principal, que es la

recolecci3n de datos fiables exactos y resultados breves para su posterior an3lisis.

En primera instancia se realiza un ensayo de laboratorio de los subsistemas por separado para analizar las falencias y fortalezas de cada uno de ellos y de qu3 manera influir3n en el funcionamiento de todo el sistema de cronometraje.

Sistema de toma de tiempos.

Los nodos secundarios que conforman parte del sistema, cuyo n3cleo es la plataforma de desarrollo Arduino, est3n encargados de llevar el tiempo durante el funcionamiento del sistema por lo cual es necesario implementar dentro de la programaci3n de la placa la librer3a time, la que ayuda a medir de forma sencilla el tiempo sin la necesidad de ocupar parte del procesamiento de la placa de desarrollo con c3lculos y ciclos de conteo.

Esta librer3a no est3 incluida en el IDE de Arduino por lo que se debe descargar e instalar, esta librer3a declara una variable time_t que consta de 32 bits y es responsable de almacenar los segundos que transcurren durante el funcionamiento de la placa Arduino, todas las conversiones de segundos a minutos y a horas son realizadas por la misma librer3a. La principal fortaleza del uso de esta librer3a para el funcionamiento del sistema es que los datos de tiempo se basan en un conteo por segundos, se puede realizar operaciones de suma o resta con gran facilidad.

Para iniciar el trabajo con la librer3a dentro del IDE de Arduino es necesario inicializarla de la siguiente manera #include <Time.h>, para posteriormente insertar los datos para iniciar el conteo tenido en cuenta el siguiente formato: setTime(00,00,00,00,00,0000) hora, minutos, segundos, d3as, mes, a3o. Para el desarrollo del proyecto es necesario insertar cero a todos estos valores, debido a que existe mayor importancia en el conteo del tiempo.

Las pruebas realizadas a la librer3a a usar est3n basadas en la comparaci3n de los datos de tiempo obtenidos por la librer3a y dos dispositivos, un puls3metro ASTRO y el cronometro de un tel3fono celular. Los resultados obtenidos se los puede apreciar en la tabla 10.

Pruebas de cronometraje.			
<i>Tiempo</i>	Datos obtenidos [Segundos, Milisegundos]		
	Librer3a	Pulsador	Celular
<i>3min 14seg 0miliseg</i>	± 0,10	≥ 0,50	≥ 0,33
<i>5min 0seg 0miliseg</i>	± 0,08	≥ 0,52	≥ 0,28
<i>10min 0seg 0miliseg</i>	≤ 0,01	≥ 0,29	± 0,10
<i>23min 15seg 0miliseg</i>	≤ 0,20	≥ 0,89	≥ 0,75
<i>27min 53seg 0miliseg</i>	≤ 0,25	≥ 0,63	≥ 0,47
<i>33min 53seg 0miliseg</i>	≤ 0,75	≥ 0,83	≥ 0,67

<i>40min 28seg 0miliseg</i>	≤ 1.50	≥ 0,59	≥ 0,34
<i>46min 47seg 0miliseg</i>	≤ 1.80	≥ 0,96	≥ 0,80
<i>52min 0seg 0miliseg</i>	≤ 2.10	≥ 0,28	≥ 0,03
<i>58min 0seg 0miliseg</i>	≤ 2.40	≥ 0,71	≥ 0,62
<i>Ihora 03min 13seg 0miliseg</i>	≤ 2.59	≥ 0,13	≤ 0,25
<i>Ihora 10min 12seg 0miliseg</i>	≤ 2.68	≥ 0,20	≤ 0,35
<i>Ihora 17min 43seg 0miliseg</i>	≤ 2.75	≥ 0,05	≥ 0,19
<i>Ihora 23min 45seg 0miliseg</i>	≤ 3.74	≥ 0,15	≥ 0,65
<i>Ihora 30min 04seg 0miliseg</i>	≤ 4.05	≤ 0,25	≥ 0,10

Tabla 10. Pruebas de cronometraje con 3 diferentes dispositivos.
Fuente: Autor3a.

Los diferentes resultados obtenidos durante las pruebas realizadas en el lapso de una hora 30 minutos, en relaci3n al tiempo m3s bajo y al m3s alto empleado por los deportistas del club de triatl3n UTN durante un entrenamiento.

Sistema de RFID.

La implementaci3n de un sistema de identificaci3n por radiofrecuencia dentro del desarrollo del proyecto se inicia trabajando con el m3dulo RC522.

Para trabajar con el m3dulo en Arduino es necesario descargar su librer3a correspondiente e inicializarla de la siguiente manera #include <MFRC522.h>. Las pruebas realizadas para la implementaci3n del sistema RFID se la puede apreciar en la tabla 11.

Pruebas realizadas al sistema RFID.	
Pruebas de funcionamiento	Resultados
Distancia de lectura	≤ 3 [cm]
Tiempo de respuesta	≤ 1 [seg]
Lectura de EPC por segundo	± 25
Lectura de m3s de un tag al mismo tiempo	3 tags m3ximo

Tabla 11. Pruebas de funcionamiento realizadas al sistema RFID.
Fuente: Autor3a.

Los resultados obtenidos muestran la eficiencia del sistema de RFID que tiene como objetivo la identificaci3n de los tags proporcionados a los deportistas del club UTN durante un entrenamiento de triatl3n, por lo que la placa Arduino mega y el m3dulo RFC522 trabajan de la mejor manera durante el funcionamiento del sistema.

El an3lisis de los mismos ayuda a comprender, que la distancia m3nima a la que se debe acercar un tag para su

lectura en relación al módulo es muy baja, cosa que no incomoda de gran manera a los deportistas por lo que los mismos deben acercarse al tag lo suficiente las veces requeridas por el sistema de cronometraje.

Sistema de comunicación inalámbrica.

Como se planteó con anterioridad los nodos que conforman el sistema deben estar comunicados, por lo que el uso de módulos X-bee ayudan en este trabajo.

Estos módulos deben ser configurados con ayuda del programa XCTU de la como se muestra en la tabla 12.

<i>Configuración Módulos X-Bee</i>					
MAC módulo s X-bee	Configuración de la Red	Netwo rk ID	Dirección de destino Alta	Dirección de destino Baja	Identificación del nodo
0013A20040F3C35A	Standard Router	7FAA	0	FFFF	Nodo Central
0013A20040F3C300	End Device	7FAA	0	FFFF	Nodo Sec
0013A20040F3C340	End Device	7FAA	0	FFFF	Nodo Sec

Tabla 12. Configuración Módulos X-Bee con ayuda del programa XCTU.

Fuente: Autoría.

Para poder trabajar con dispositivos X-Bee se debe realizar la configuración correspondiente para cada módulo como se puede apreciar en la tabla anterior, esto se lo puede realizar gracias al software XCTU.

Es necesario determinar las direcciones de destino Alta en 0 y Baja en FFFF lo que hace que haya una comunicación broadcast entre los tres nodos, y la forma de funcionamiento de cada XBee Pro DigiMesh 2.4 S1, ya que estos son los dispositivos a usar dentro del desarrollo del proyecto.

Las pruebas realizadas a este sistema se las pueden apreciar en la tabla 13.

<i>Pruebas realizadas al sistema de Comunicación Inalámbrica</i>	
Pruebas de funcionamiento	Resultados
Distancia mínima de Tx y Rx de datos	≥ 1 [cm]
Distancia máxima de Tx y Rx de datos.	≤ 1000 [m]
Tiempo de respuesta en distancia mínima.	≤ 1 [segundo]
Tiempo de respuesta en distancia máxima.	≤ 1 [segundo]

Tabla 13. Pruebas de funcionamiento realizadas al sistema de Comunicación Inalámbrica.

Fuente: Autoría.

Los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas al sistema de comunicación inalámbrica muestran que el trabajo que realiza es óptimo para su implementación dentro del sistema de cronometraje, ya que no agregaría un tiempo significativo durante la transmisión de datos para que posteriormente sean procesados.

Aplicación de Pc.

El uso de Processing para el desarrollo de una aplicación que pueda manejar todos los datos obtenidos, es de gran ayuda ya que se tiene la posibilidad de mostrar un entorno gráfico en el cual está inmerso la manipulación del sistema y de todos los datos obtenidos.

El entorno gráfico desarrollado en Processing se divide en cuatro fases y tan solo tiene dos botones los cuáles inician y finalizan el sistema de acuerdo a las disciplinas que se vayan a realizar durante un entrenamiento. Estos botones facilitan la manipulación de todo el sistema se lo puede apreciar en la figura 11a.

El botón START inicia el sistema en relación a la disciplina a realizar y muestra un temporizador a manera de visualización del tiempo transcurrido y el botón STOP tan solo lo detiene. Todo lo descrito se lo puede apreciar en la figura 11b.

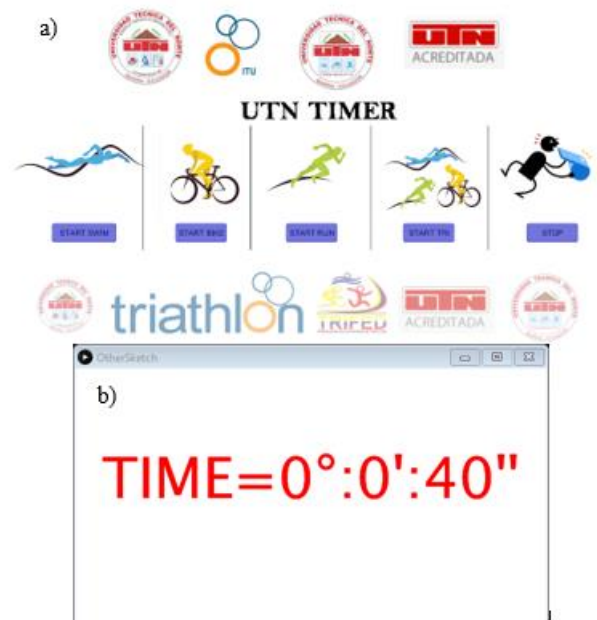


Figura 11. Entorno gráfico sistema de cronometraje.

Fuente: Autoría.

Adicionalmente se tiene otra aplicación que su función es mostrar la MAC de los tags que posteriormente serán usados por los deportistas del club de triatlón UTN como se puede apreciar en la figura 12, esta ayudara al

momento de registrar los tags y nombres de los deportistas en la hoja de c3lculo de acuerdo a la disciplina a realizar.



Figura 12. Entorno gr3fico, registro de manillas. Fuente: Autoría.

El desarrollo de estas aplicaciones de software hace que el sistema sea muy f3cil de manipular ya sea para el registro de los tags proporcionados a los deportistas o para control de tiempos por lo que su implementaci3n ayuda a dar las mejores prestaciones al desempe1o del sistema de cronometraje.

Procesamiento, visualizaci3n y almacenamiento de datos obtenidos.

La manera m3s sencilla de obtener todos los que proporciona el sistema es mediante los botones START y STOP del entorno gr3fico del sistema, ya que estos no solo cumplen la funci3n de iniciar y parar el timer de visualizaci3n.

Cada bot3n tiene una programaci3n espec3fica, el bot3n START crea un archivo cuya extensi3n es .csv y en 3l se procesan todos los datos obtenidos por el sistema mientras que el bot3n STOP guarda el archivo y lo almacena en la ubicaci3n descrita dentro de la programaci3n de Processing.

Una hoja de c3lculo desarrollada en Excel y con algo de programaci3n permite tomar los datos del archivo descrito anteriormente, mostrarlos y ordenarlos como se especific3 en los requerimientos del sistema, haciendo que los resultados obtenidos sean f3iles de manipular e interpretar una vez finalizada la sesi3n de entrenamiento por parte de la persona que esta a cargo del sistema de cronometraje, lo descrito anteriormente se puede apreciar en la figura 13.



Figura 13. Visualizaci3n y Almacenamiento de datos Fuente: Autoría.

4.1 Pruebas realizadas al sistema de cronometraje.

El desarrollo de estas pruebas se llev3 a cabo durante los entrenamientos del club de triatl3n UTN y conjuntamente con el equipo de triatl3n de la Federaci3n Deportiva de Imbabura(FDI) debido a la similitud de planes de entrenamiento, que tienen por objetivo realizar una prueba por disciplina en diferentes d3as de la semana.

Adicionalmente el sistema de cronometraje fue sometido a un entorno de competencia el cual ayudo a tomar en cuenta diferentes puntos de vista en cuanto al desempe1o del sistema durante competencia oficial o un entrenamiento. Esto ayuda a medir la versatilidad del sistema de cronometraje en diferentes entornos de prueba y bajo distintas condiciones de trabajo en varios escenarios deportivos.

Entrenamientos club de triatl3n UTN.

Gracias a los integrantes del club de triatl3n UTN, se pudo llevar a cabo pruebas de funcionamiento del sistema de cronometraje en distintas locaciones y bajo las condiciones ambientales que conllevan estar en las mismas. Estas pruebas se las realizo en diferentes d3as de la semana dependiendo del cronograma de entrenamientos establecido por el Lic. Jorge Pulles, como se puede apreciar en la tabla 14.

<i>Cronograma de pruebas realizadas al Club de triatl3n UTN</i>				
Fecha	Disciplina	Equipo de Triatl3n	Lugar de Entrenamiento	Detalle de entrenamiento
14/06/2017	Nataci3n	UTN	Complejo acu3tico UTN	750m distancia nataci3n Sprint Triatl3n, ritmo de competencia.
15/05/2017	Atletismo	UTN	YAHUARCOC HA	10km resistencia en pista a ritmo

19/06/2017	Ciclismo	UTN	YAHUARCOCHA	de competencia. Recorrido de 10 km en pista a un 70% 80% de consumo máximo.
21/06/2017	Triatlón	UTN	YAHUARCOCHA	Simulacro de competencia y control de tiempos.

Tabla 14. Cronograma de pruebas realizadas al Club de triatlón UTN.

Fuente: Autoría.

Como se puede apreciar en la tabla las pruebas del sistema de cronometraje fueron realizadas en diferentes escenarios deportivos y de acuerdo a la disciplina evaluada de igual forma las condiciones ambientales en las que se realizaron las mismas son distintas, lo que dio como resultado que el sistema de cronometraje y los equipos que forman el mismo realizan su trabajo sin ningún inconveniente.

Por último, los resultados obtenidos en las diferentes sesiones de entrenamiento son sometidos a un análisis para determinar el rendimiento físico de los integrantes del club en base a los registros manuales realizados por el entrenador, el cual se lo puede apreciar en la tabla 15.

Análisis de datos obtenidos por el sistema de cronometraje en base a registros realizados por el entrenador del club.

Disciplina y Detalle de entrenamiento	Integrante	Datos			Rendimiento deportivo
		Sistema de cronometraje	Registro realizado por el entrenador	Diferencia de tiempos	
Natación 750 m libre	Mateo López	11'30"	13'22"	1'52"	Excelente
	Carlos Granadas	11'05"	11'58"	53"	Bueno
	Brayan Vallejos	11'27"	11'34"	7"	Bueno
	Leonardo Caiza	12'39"	12'30"	9"	Bueno
	Michael Rosero	13'06"	Sin Registro	—	Regular
	Gabriel Sandoval	1°23'17"	1°21'40"	2'33"	Regular
Triatlón Sprint	Estefanía Farinango	1°30'12"	Sin Registro	—	Bueno
	Lorena Ramírez	1°33'24"	1°23'17"	—	Bueno

Jonathan Esparza	58'10"	1°02'20"	4'10"	Excelente
Jorge Pulles	1°15'51"	1°23'29"	8'22"	Excelente
Alejandro Gavilánez	1°08'51"	1°05'10"	3'41"	Regular
José Luis Jaramillo	1°12'02"	1°10'17"	2'15"	Regular

Tabla 15. Análisis de datos obtenidos por el sistema de cronometraje en base a registros realizados por el entrenador del club.

Fuente: Autoría.

Este análisis está elaborado conjuntamente con la ayuda del Lic. Jorge Pulles entrenador del club de triatlón UTN, por lo que se realizó una comparación entre los datos obtenidos por el sistema de cronometraje y los registros físicos que lleva el entrenador y se llegó a determinar que los integrantes del club se encuentran en un nivel Medio Bueno como para desempeñarse dentro de una competencia.

Entrenamientos equipo de triatlón FDI.

Las pruebas realizadas al equipo de triatlón FDI se las ejecuto en días previos al campeonato panamericano ITU WORD CUP realizado en YAHUARCOCHA, por lo que el sistema fue sometido condiciones semejantes a una competencia debido a la velocidad que llevan los deportistas durante estas sesiones de entrenamiento. El cronograma de pruebas realizadas al equipo de triatlón FDI se lo puede apreciar en la tabla 16.

Cronograma de pruebas realizadas al equipo de Triatlón FDI

Fecha	Disciplina	Equipo de Triatlón	Lugar de Entrenamiento	Detalle de entrenamiento
13/06/2017	Atletismo	FDI	Estadio Olímpico ciudad de Ibarra	Velocidad 400 m planos a un 60% de consumo.
15/05/2017	Atletismo	FDI	Estadio Olímpico ciudad de Ibarra	800m resistencia en pista a ritmo de competencia.

Tabla 16. Cronograma de pruebas realizadas al equipo de Triatlón FDI.

Fuente: Autoría.

En este caso, las pruebas fueron realizadas a campo abierto en el estadio olímpico ciudad de Ibarra sobre una superficie arenosa debido al desgaste de la pista sintética del mismo y a una temperatura ambiente de 24° C y con una concurrencia de 10 deportistas.

Campeonato Acuatlón FF.AA. (Fuerzas armadas del Ecuador).

El día 27 de junio del 2017 en el Autódromo de YAHUARCOCHA se pudo poner a prueba el sistema de cronometraje en la competencia de Acuatlón organizada por las FF.AA. Lo que hizo que este sistema pueda ser sometido a un entorno más fuerte en cuanto al desempeño del mismo.

Esta prueba demostró el desenvolvimiento de todos los elementos de hardware y software usados para el desarrollo del sistema, bajo condiciones ambientales como lluvia y sobre una superficie lodosa debido a la aglomeración de personas en el borde de la laguna de YAHUARCOCHA.

La distancia de separación de los nodos es un punto muy importante a señalar ya que a diferencia de los entrenamientos esta se fijó entre los 400 metros como se puede apreciar en la ilustración 52, sin dar ningún problema en cuanto a la transmisión de datos entre ellos, cumpliendo 100% una comunicación inalámbrica entre todo el sistema.

Conclusiones.

El uso de elementos de Software y Hardware libre permite el desarrollo de un sistema de cronometraje capaz de cumplir con todos los objetivos del mismo en cualquier ambiente en el que se ponga a prueba, y aún más importante con un costo accesible para su implementación.

Todo el análisis bibliográfico realizado permite tomar en cuenta todos los criterios necesarios para un correcto diseño del sistema de cronometraje, lo que lleva a determinar el equipamiento a usarse para el desarrollo e implementación del mismo.

Las manillas o tags proporcionadas son imperceptibles por parte de los deportistas, esto hace que sean fáciles de llevar durante las actividades en las que se ponga a prueba el sistema de cronometraje.

Durante una sesión de entrenamiento del club de triatlón UTN se es innecesario realizar un marcaje como lo indica el reglamento ITU esto se debe a que las manillas proporcionadas a los deportistas poseen una codificación única la cual ayuda a realizar el reconocimiento de quien la está llevando en ese momento.

Las pruebas realizadas al sistema de cronometraje en diferentes ambientes de trabajo, ayudo a determinar que no es apto para ser utilizado en durante una competencia debido a las limitaciones de distancia que presenta el módulo RFID RC522 durante la lectura de tags que llevan los deportistas.

El sistema de cronometraje desarrollado puede ser sometido todas condiciones ambientales o de estrés presentes durante el desarrollo de las sesiones de entrenamiento de los integrantes del club de triatlón UTN sin que estas puedan afectar de alguna manera al desempeño del mismo.

Este sistema reduce el número de personas involucradas en la toma de tiempos dentro de una competencia o una sesión de entrenamiento, ya que todo está digitalizado por lo que existe una mínima intrusión de individuos dentro del manejo del mismo o el procesamiento de los datos obtenidos.

En comparación con los diferentes sistemas de cronometraje presentes en el mercado en base al aspecto económico y funcional, el desarrollo de este proyecto conlleva un ahorro del 80% y cumple las mismas funciones que un sistema adquirido en el exterior.

La metodología de desarrollo usada para el desarrollo de este proyecto conlleva a seguir diferentes pasos sistemáticamente, que si se los cumple adecuadamente ayudan de gran manera durante la elección de los diferentes elementos de hardware y software usados, que conjuntamente forman el sistema de cronometraje desarrollado en este proyecto.

Referencias Bibliográficas.

- [1] International Triathlon Union, "ITU Competition Rules," ITU Executive Board, 2016-12-08.
- [2] ORIS, "Swiss Made Watches," 2016. [Online]. Available: https://www.oris.ch/data/4139_pm_sp.pdf.
- [3] International Triathlon Union - Rules, "ITU Competition Rules," 2015.
- [4] GUCA, "COMO FUNCIONA UN SISTEMA DE CRONOMETRAJE CON CHIP," 11 09 2014. [Online]. Available: <http://www.guca.cl/blog/como-funciona-un-sistema-de-cronometraje-con-chip/39>.
- [5] GES&CON-CHIP, "CHAMPIONCHIP," 2016. [Online]. Available: <http://www.gescon-chip.es/organizadores/championchip>.
- [6] LIBERA, "RFID: Tecnología, Aplicaciones y Perspectivas," Malaga, 2010.

- [7] J. García, a. Bermejo and I. Salles, "Tecnología de identificación por radiofrecuencia," Fundación madri+d para el conocimiento, Madrid, 2015.
- [8] L. M. B. d. Toro, "Sistemas de identificación por radiofrecuencia," 2009.
- [9] V. UTN, "COORDINACIÓN DE DEPORTES UTN," [Online]. Available: http://www.utn.edu.ec/deportes/?page_id=702.
- [10] IEEE, Especificación de Requisitos según el estándar, 2008.

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación de la Universidad Técnica del Norte, Obtiene su Maestría en Redes de Comunicación en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en el año 2016 Quito Ecuador.

Sobre los Autores.



Franklin G. FARINANGO CHANDI. Nació en Carchi-El Ángel, el 13 de septiembre de 1993. Realizó sus estudios primarios en la Escuela "Cristobal Colón" ciudad de Tulcán. Los estudios secundarios los realizó en la "Unidad Educativa Experimental Teodoro Gómez de la Torre" donde finalizó en el año

2011, obteniendo el título de Bachiller en Ciencias Especialización Físico Matemático. Actualmente, está realizando su proceso de titulación en Ingeniería en Electrónica y Redes de Comunicación, Universidad Técnica del Norte – Ecuador.

Curso Basic Linux Administration.

Curso Implementación de DHCP en Microsoft Windows Server



Jaime R. MICHILENA CALDERON. Nació en Atuntaqui – Ecuador el 19 de febrero del año 1983. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional en el año 2007. Actualmente es docente de la



O. Ona. Es un profesional en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones. Actualmente es profesor de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte en áreas como: Circuitos Eléctricos, Física, y otras áreas relacionadas. Tiene experiencia en áreas como: mantenimiento correctivo y preventivo de equipos de transmisión de datos. En instalación y mantenimiento de redes WLAN. Él ha trabajado consistentemente e incondicionalmente en el desarrollo de proyectos electrónicos y de telecomunicaciones.