



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

Resumen

El uso del RFID hoy en día está tomando gran importancia ya que permite la trazabilidad individual de un elemento con una gran velocidad de lectura de datos reduciendo costes y tiempos. Su uso está siendo mayoritariamente industrial pero poco a poco va adentrándose en otros sectores. El objetivo de este trabajo es la aplicación de dicha tecnología a eventos deportivos de gran envergadura, en este caso el triatlón. El estudio se divide en dos: por un lado, la gestión del flujo del material e infraestructura necesarias para cubrir las necesidades del evento (recepción y descarga de camiones, almacén, stands de la organización...) y, por otro lado, la trazabilidad de los competidores y de su material personal, procesos clave para la clasificación de la competición y seguridad del participante respectivamente. Este proyecto tiene como finalidad analizar cómo se está controlando actualmente todos estos flujos antes, durante y después de la competición. Seguidamente, se propone la implementación del RFID como solución innovativa encaminada a suplir las carencias del sistema tradicional, demostrando que se ahorra una gran cantidad de tiempo y dinero, satisfaciendo mejor las necesidades tanto de la organización como de los competidores. Además, se plantea usos derivados de esta tecnología para aumentar el valor de actividades complementarias o de apoyo que están ligadas con los procesos clave.

Palabras clave

“RFID”, “trazabilidad”, “mejora continua”, “eventos deportivos”, “gestión de flujos”.

Abstract

The use of RFID nowadays is becoming very important as it allows the individual traceability of an element with a high speed of data reading, reducing costs and time. Its use is mainly industrial but is gradually entering other sectors. The objective of this work is the application of this technology to large-scale sporting events, in this case the triathlon. The study is divided in two: on the one hand, the management of the flow of material and infrastructure necessary to cover the needs of the event (reception and unloading of trucks, warehouse, stands of the organization...) and, on the other hand, the traceability of the competitors and their personal material, key processes for the classification of the competition and safety of the participant respectively. This project aims to analyze how all these flows are currently being controlled before, during and after the competition. Then, the implementation of RFID is proposed as an innovative solution devoted to overcome the shortcomings of the traditional system, demonstrating that it saves a great amount of time, improving the needs of the organization and the competitors. In addition, other uses derived from this technology are proposed to increase the value of complementary or support activities that are linked to the key processes of the event.

Key words

"RFID", "traceability", "continuous improvement", "sport events", "flow management".

Índice

Índice de ilustraciones	4
Índice de gráficos	4
Índice de tablas	5
Índice de ecuaciones	5
Objeto del TFM	6
Introducción a la tecnología del RFID	7
Proceso actual del control de personas y materiales en eventos deportivos	13
Antes de la prueba:	14
Recepción de la mercancía	14
Control de las bicicletas de los competidores	16
Durante la prueba:	17
Entrada a boxes	17
Control de los tiempos de la clasificación	18
Después de la prueba	20
Recogida de material de los triatletas	20
Implantación de la tecnología del RFID al proceso actual	21
Antes de la prueba	21
Recepción de la mercancía	21
Control de las bicicletas de los competidores	22
Durante la prueba	23
Entrada a boxes	23
Control de los tiempos en clasificación	24
Después de la prueba	26
Recogida del material de los triatletas	26
Presupuesto final RFID	27
Comparativa entre las dos variantes	29
Recepción de la mercancía	29
Control de las bicicletas	30
Control de la entrada a boxes	32
Control de la clasificación de la carrera	34
Recogida del material de boxes	37
Resumen general de la comparación	38
Limitaciones	39
Indicadores	39
Futuras líneas de desarrollo	40

Conclusiones	41
Anexo I	42
Bibliografía	45

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Etiqueta antirrobo que se colocan a los artículos en tienda. Fuente: Google imágenes	7
Ilustración 2: Gráfico con el funcionamiento del EPC. Fuente: Google imágenes.....	8
Ilustración 3: Los diversos usos que tiene el NFC en la actualidad. Fuente: Google imágenes.....	8
Ilustración 4: Etiqueta activa RFID, se puede apreciar su gran tamaño. Fuente: Google imágenes.	9
Ilustración 5: 5 Etiquetas pasivas RFID. Fuente: Google imágenes.	10
Ilustración 6: Lector portátil RFID. Fuente: Google imágenes.	10
Ilustración 7: Lector RFID fijo. Fuente: Google imágenes.	11
Ilustración 8: Proceso completo de un sistema RFID. Fuente: Google imágenes.....	11
Ilustración 9: Logo de la empresa que organiza esta prueba deportiva. Fuente: Google imágenes....	13
Ilustración 10: El chip en el tobillo es uno de los elementos anticuados que se siguen usando actualmente en competición. Fuente: Google imágenes.	13
Ilustración 11: Camión propio de la franquicia para tener un mejor control de la mercancía. Fuente: Google imágenes.....	14
Ilustración 12: Ejemplo de área de transición en un triatlón, generalmente ocupa mucho espacio... 16	16
Ilustración 13: Jueces controlando la entrada a boxes en un triatlón. Fuente: Google imágenes.....	17
Ilustración 14: El tamaño del chip es considerable y no destaca por ser ergonómico. Fuente: Google imágenes.....	17
Ilustración 15: Pulseras RFID que sustituirían al chip en el tobillo tradicional. Fuente: Google imágenes.....	24
Ilustración 16: modelo empleado para realizar las tareas de identificación de mercancías e inventario. Fuente: (Etiden)	27
Ilustración 17: Detector de etiquetas RFID dispuestas en la entrada y salida de boxes. Fuente: (theRFIDstore).....	27
Ilustración 18: prototipo de pulseras RFID para todos los integrantes del evento deportivo. Fuente: (jmband).....	28
Ilustración 19: Diseño del almacén donde se custodian las bicicletas. Fuente: Elaboración propia....	30
Ilustración 20: Vista de una zona de transición de un Ironman, con una participación de cerca de 2000 participantes.	31
Ilustración 21: Chip actual en las competiciones de triatlón. Fuente: Elaboración propia.	34
Ilustración 22: Prototipo de un chip de pulsera para las competiciones Ironman. Fuente: Elaboración propia.	35

Índice de gráficos

Gráfico 1: Porcentaje de las diferentes respuestas dadas a la rapidez en la validación de la entrada a boxes.....	32
Gráfico 2: Porcentaje de respuestas a la pregunta del inconveniente de usar un chip en el tobillo. ...	34
Gráfico 3: Porcentaje de respuestas a la obligación de comprarse un chip para las competiciones nacionales.	35
Gráfico 4: Porcentaje de las diferentes respuestas sobre el precio del chip. Fuente: Elaboración propia.	36

Gráfico 5: Porcentaje de respuestas sobre la nueva alternativa del chip. Fuente: Elaboración propia.	36
Gráfico 6: Porcentaje de respuestas acerca de la rapidez de la retirada de material de boxes. Fuente: Elaboración propia.	37

Índice de tablas

Tabla 1: Tabla resumen con las diferentes bandas de frecuencias y su utilidad final.	12
Tabla 2: Tabla resumen de la inversión en la tecnología RFID. Fuente: Elaboración propia.	28
Tabla 3: Tiempos empleados en los dos métodos. Fuente: Elaboración propia.	29
Tabla 4: Diferencias entre los dos métodos en cuanto al inventario de las bicicletas. Fuente: Elaboración propia.	31
Tabla 5: Comparativa de tiempos en la gestión de la entrada a boxes de las dos alternativas. Fuente: Elaboración propia.	32
Tabla 6: Ahorro de personal en el proceso de verificación de la entrada de boxes. Fuente: Elaboración propia.	33
Tabla 7: Comparación de gastos entre las dos alternativas. Fuente: Elaboración propia.	36
Tabla 8: Comparación de las dos alternativas en cuanto a la retirada de boxes. Fuente: Elaboración propia.	37
Tabla 9: Tabla resumen de las diferencias de tiempo entre el método tradicional y el método con RFID.	38
Tabla 10: Costes monetarios por evento. Fuente: Elaboración propia.	38

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: cálculo del salario del programador por evento en España en un año. Fuente: Elaboración propia.	28
Ecuación 2: cálculo de número de pallets totales recepcionados. Fuente: Elaboración propia.	29
Ecuación 3: Cálculo del tiempo necesario para el inventario de las bicicletas. Fuente: Elaboración propia.	31
Ecuación 4: Cálculo del coste total en dos años por el método tradicional. Fuente: Elaboración propia.	38
Ecuación 5: Cálculo del coste que supone las tres pistolas RFID en la primera inversión. Fuente: Elaboración propia.	38
Ecuación 6: Cálculo del coste que supone los dos sensores RFID en la primera inversión. Fuente: Elaboración propia.	38
Ecuación 7: Cálculo del coste total en dos años por el método con RFID. Fuente: Elaboración propia.	38
Ecuación 8: Indicador del porcentaje de participantes satisfechos. Fuente: Elaboración propia.	39
Ecuación 9: Indicador del porcentaje de fallos cometidos por el sistema RFID. Fuente: Elaboración propia.	39
Ecuación 10: Indicador del porcentaje de tiempo ahorrado mediante RFID respecto a otras competiciones internacionales de la franquicia. Fuente: Elaboración propia.	39

Objeto del TFM

El objeto del presente Trabajo Fin de Máster es demostrar el uso de la tecnología RFID más allá del industrial, en concreto, en la gestión de eventos deportivos de gran envergadura como es el triatlón, donde la trazabilidad de objetos y de personas constituyen un factor crítico para que la organización de dichos eventos deportivos sea exitosa.

La tecnología que se emplea hoy en día es bastante rudimentaria, nunca ha sufrido una modificación a favor de ahorrar costes y tiempo, ni para la organización que se encarga de gestionar toda la competición ni para el competidor.

Este proyecto quiere reafirmar la necesidad de un cambio en la forma del chip RFID para que sea mucho más cómodo y barato para poder tener un mejor control de la clasificación de la competición y de otros procesos importantes a los cuales se les puede aplicar esta tecnología con el fin de optimizar dichos procesos.

Introducción a la tecnología del RFID

Para poder realizar una buena introducción al RFID, se va a seguir un artículo realizado por José Manuel Huidobro en el que explica con detenimiento esta tecnología.

RFID (en inglés, *Radio Frequency IDentification*) es una tecnología parecida al código de barras pero que utiliza ondas electromagnéticas o electrostáticas para captar la señal que contiene la información a identificar. Dicha información está contenida en etiquetas electrónicas o tags en inglés. Cuando estas etiquetas se encuentran en el rango de cobertura emiten una señal al receptor con la información pertinente. Uno de los factores clave del RFID es que no necesita de un contacto físico o visual, únicamente estar en el área de lectura, lo cual es una gran ventaja sobre los códigos de barras.

Los primeros usos del RFID se remontan a la II Guerra Mundial, con el fin de identificar a la flota amiga o la flota enemiga, combinando las señales electromagnéticas con las propias del radar. En la actualidad tiene un uso más industrial con la idea de que se llegue a implementar en la vida cotidiana, ya que los productos que adquiere el cliente final pueden portar perfectamente las etiquetas RFID en vez de la de código de barras.

Las primeras aplicaciones comerciales de la tecnología RFID datan de los años sesenta, su uso estaba destinado para evitar robos en las tiendas guardando solo un bit de información, suficiente para detectar en el arco en la entrada si se le había quitado la etiqueta a un producto o no.



Ilustración 1: Etiqueta anti-robos que se colocan a los artículos en tienda. Fuente: Google imágenes

En los últimos años existen estándares internacionales para las bandas de frecuencias más comunes en el campo del RFID, todo ello supervisado por las Administraciones Públicas que son las responsables de asignar dichas frecuencias, las que permiten el continuo desarrollo de estas tecnologías para un uso internacional debido a la globalización en la que el mundo está sometido.

El primer gran uso del RFID fue cuando Walmart decidió que todos los pallets de sus proveedores usasen los tags EPC (Electronic Product Code) para identificar con un código único a nivel mundial cualquier objeto existente. Posteriormente nace un sistema unificado llamado GS1, lo cual permitió que el EPC se proponga para utilizar en el transporte de información.

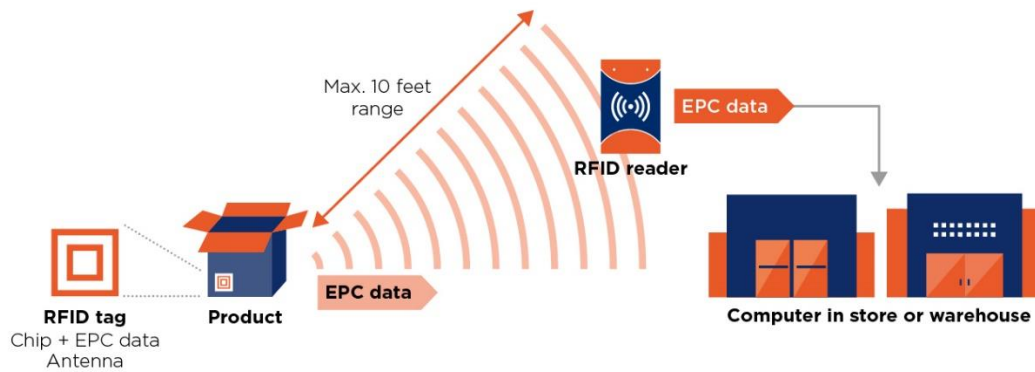


Ilustración 2: Gráfico con el funcionamiento del EPC. Fuente: Google imágenes.

Las principales aplicaciones del RFID es en el mundo de la logística, la gestión de inventarios logrando ahorrar costes y tiempos en la optimización de stock, Inditex y El Corte Inglés. Todavía se sigue usando para evitar el robo de mercancía, ya que, si no hay una intervención humana en la desactivación de las etiquetas, el sistema alerta cuando se produce un hurto.

En añadidura, esta tecnología está presente en los pagos contactless con el NFC (Near Field Communication) lo que permite realizar pagos con el móvil o con tarjetas provistas de dicha tecnología. Su funcionamiento es igual que el del RFID, aunque el área de reconocimiento es mucho menor debido a que se debe garantizar el pago seguro con el datáfono al que estemos acercando nuestra tarjeta, ya que se incitaría al fraude con otros dispositivos si el campo de cobertura es amplio.



Ilustración 3: Los diversos usos que tiene el NFC en la actualidad. Fuente: Google imágenes.

La rápida propagación del uso de esta tecnología es debido a los factores de seguridad, privacidad, los costes de la implementación, el precio de las etiquetas RFID. Al principio, las empresas que querían destacar por ser innovadoras fueron las que apostaron por el RFID. Hoy en día son muchísimas empresas las que se apoyan en ella para mejorar sus procesos de negocio.

En el sistema RFID existen dos elementos clave: las etiquetas y los lectores:

- La etiqueta: incorporan una antena y un microchip permitiendo la lectura sin necesidad de la visión directa. Las etiquetas son clasificadas en función de la frecuencia que empleen: baja, intermedia y alta. Las etiquetas necesitan de programarse, bien por el fabricante o bien por el usuario mediante un dispositivo final. Dentro de las principales características encontramos:
 - Adhesión: las etiquetas deben tener una parte adhesiva como si fuese una pegatina para poder pegar en cualquier superficie.

- Lectura: debe permitir la comunicación mediante radiofrecuencia.
- Inhabilitación: algunas etiquetas permiten ser desactivadas con un comando introducido manualmente por el usuario con el lector.
- Una sola escritura: el lector puede introducirle un cierto valor a una etiqueta únicamente una vez.
- Varias escrituras: el lector puede introducirle cualquier valor las veces que desee con un límite de intentos muy elevado, lo que hace que sea prácticamente que se pueda realizar infinitas veces.
- Anticolisión: para evitar interferencias entre muchas etiquetas y el lector, existen protocolos de comunicación para que se puedan leer todas sin ningún tipo de problemas.
- Seguridad y encriptación: la comunicación entre el lector y las etiquetas pueden ser encriptadas para que ningún dispositivo externo pueda comunicarse con dichas etiquetas.
- Estándares soportados (conformidad): las etiquetas pueden responder a determinados estándares para comunicarse con dispositivos que compartan estos estándares.

Las etiquetas pueden clasificarse de diferentes formas según su uso:

- Activa/Pasiva: Las etiquetas activas usan sus propias baterías que tienen incorporadas para alimentarse, pero tienen un gran tamaño mientras que una pasiva no, ya que se alimenta de la energía que se le transmite a través de la antena. Por lo tanto, las activas tienen una vida útil de 30 años y son más caras y las pasivas son mucho más baratas (0,10 euros) pero duran menos, alrededor de 10 años. También existen etiquetas semi-pasivas o semi-activas. Las etiquetas activas tienen un radio más amplio de identificación que las pasivas.



Ilustración 4: Etiqueta activa RFID, se puede apreciar su gran tamaño. Fuente: Google imágenes.

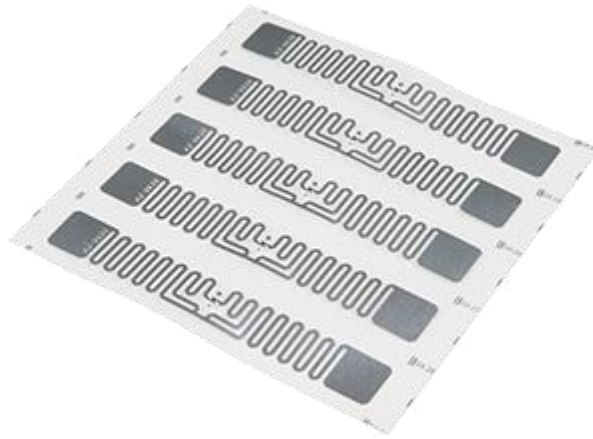


Ilustración 5: 5 Etiquetas pasivas RFID. Fuente: Google imágenes.

- Solo lectura/lectura-escritura: las etiquetas de solo lectura son capaces de guardar como máximo 128 bits de información y solo se pueden escribir en ellas una sola vez, por otro lado, las de lectura-escritura pueden ir desde los 512 bits hasta 1 MB y se pueden escribir en ellas más de una vez.
Cabe destacar que existen etiquetas específicas para cada tipo de material al que va a ser adherido como puede ser papel, vidrio, metal o madera ya que, si no hay compatibilidad con el material seleccionado y la etiqueta, puede haber errores de lectura.
- El lector y la antena: el dispositivo para leer las etiquetas consta de un lector con módulo RF y una lógica de control (decodificador) y una antena, la cual transmite y recibe las señales radio-electromagnéticas o electroestáticas que activan las etiquetas y mostrando su información en menos de 100 ms. La potencia de emisión está en torno a 100 mW y por norma general, nunca puede superar 1 vatio.



Ilustración 6: Lector portátil RFID. Fuente: Google imágenes.



Ilustración 7: Lector RFID fijo. Fuente: Google imágenes.

Este dispositivo envía señales de petición a las etiquetas para leer su información guardada y recibe las respuestas a estas peticiones. Se considera un dispositivo receptor ya que tiene una o varias antenas RF, las cuales las puede llevar incluidas en el hardware o con conectores especiales para dichas antenas, en determinados entornos como en un hospital, lo más práctico es usar un lector tipo PDA con la antena ya incorporada. A medida que aumente la capacidad de procesamiento, la memoria y la velocidad, el tamaño del dispositivo será cada vez más grande. Además, las antenas tienen diferentes formas dependiendo de las necesidades del entorno de trabajo y funcionan con polaridad lineal en caso de lectores fijos o polaridad circular en el caso de un dispositivo portátil.

A parte del lector y de las etiquetas es necesario una base de datos para poder organizar de forma organizada toda la información obtenida de las etiquetas. Se tiene que almacenar la información en un formato común para que cualquier usuario de nivel superior sea capaz de acceder a la misma y trabajar con ella de una manera más fácil. En añadidura, debe existir una interfaz middleware que trate los datos previos en bruto generados por el lector.

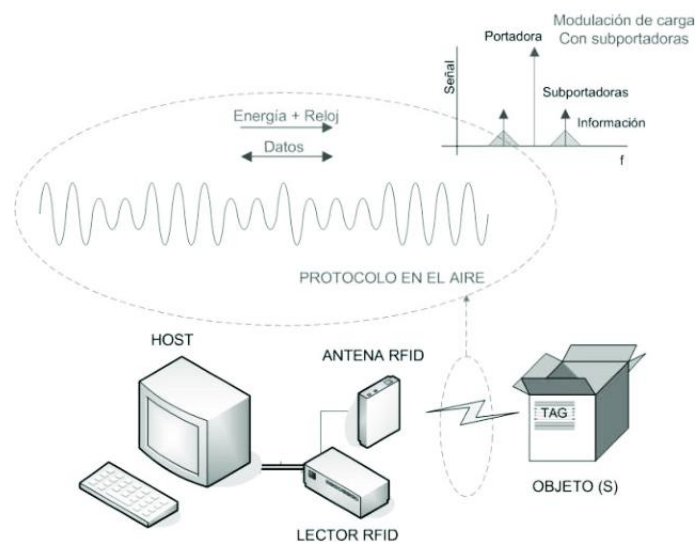


Ilustración 8: Proceso completo de un sistema RFID. Fuente: Google imágenes.

Algunos de los estándares más utilizados en la actualidad dentro del ámbito profesional son el ISO 11784 e ISO 11785, que trabaja a baja frecuencia (LF) y se emplea en la identificación de animales mediante chips subcutáneos. En el caso de control de personas en un edificio se emplea el ISO14443 con chips RFID HF. En la identificación de pacientes en hospitales se utiliza chips RFID HF con el ISO 15693. En el mundo industrial, en la gestión de la cadena de suministro se emplea el estándar internacional ISO 18000-6C que incluye el estándar mundial EPC Global Class 1.

Como líneas futuras es interesante el pasaporte digital para aumentar la seguridad en los aeropuertos, empleando un cifrado en los documentos de identificación para la identificación de personas de forma segura evitando la falsificación y suplantación de identidad.

Los rangos de frecuencia de los sistemas RFID determinan su rendimiento o tasa de transferencia de datos. La antena es capaz de emitir ondas de radios con un rango de alcance desde los 2cm hasta los 30 metros o más, dependiendo de su frecuencia y potencia. En la siguiente tabla se detalla las diferentes frecuencias empleadas.

Banda de frecuencias	Descripción	Rango (metros)	Ejemplo de uso
125 y 134 kHz	LF (baja frecuencia)	<0,5	Identificación de objetos
13,56 MHz	HF (alta frecuencia)	1-3	Control de accesos
433 y 860-960 MHz	UHF (ultra alta frecuencia)	3-10	Sistemas de telepeaje
2,45-5,8 GHz	Microondas	>10	Calentar comida

Tabla 1: Tabla resumen con las diferentes bandas de frecuencias y su utilidad final.

Fuente: (Huidobro, 2010)

A medida que aumentamos la frecuencia, el rendimiento mejora, ofreciendo un mayor alcance y velocidad de lectura (hasta los 2 Mbit/s) aunque aumentan también los costos y la necesidad de una línea de visión directa. Dependiendo de las necesidades a satisfacer, se usarán un tipo de frecuencia u otra.

Se espera que el código de barras se sigue usando de aquí a 10 años debido a que es prácticamente cero su incorporación a los objetos, pero la tecnología RFID se está desarrollando cada vez más rápido y al final acabarán coexistiendo en el mundo doméstico, aunque se tiene que desarrollar unos estándares abiertos en los que se está trabajando ahora mismo para que las etiquetas entre fabricantes sean compatibles entre sí.

Proceso actual del control de personas y materiales en eventos deportivos.

El evento deportivo seleccionado a aplicar esta tecnología para la mejora de la trazabilidad es el triatlón, deporte que combina tres disciplinas: natación, ciclismo y carrera a pie. Dentro de este deporte, existe diferentes distancias y formatos que influyen en el número total de participantes. Para este proyecto, se propondrá la franquicia Ironman Group, ya que su volumen de participación es la más grande a nivel nacional e incluso internacional.



Ilustración 9: Logo de la empresa que organiza esta prueba deportiva. Fuente: Google imágenes.

Ironman Group es una empresa que se encarga de gestionar el triatlón de larga distancia y media distancia, también conocidos como Ironman (de ahí su nombre) y medio Ironman o 70.3 Ironman. Su volumen de facturación es el más grande a nivel internacional en la organización de triatlones (The IRONMAN Group). Cada año se celebran muchas pruebas en diversas zonas geográficas, en las cuales se puede obtener plaza para poder participar en el Ironman de Kona, el triatlón más importante, ya que se dice que la primera prueba del mundo surgió en esa isla hawaiana.

Sin embargo, el modelo de gestión de la prueba es bastante anticuado y nunca ha sufrido un cambio sustancial en la mejora de los procesos de la trazabilidad de los materiales y de las personas. Al ser una prueba que se disputa en un fin de semana, cabe clasificar los procesos antes de la prueba, durante y después de la misma. Además, se debe tener un control del cuerpo técnico de la competición, de todos los voluntarios y sobre todo de los competidores, ya que el control de su seguimiento por todo el recorrido es crucial para poder realizar la clasificación de la competición, proceso que sigue la tecnología RFID, pero se propone un sistema alternativo más barato y de mayor valor para el triatleta. Dentro de todos estos procesos, se seleccionarán aquellos a los que se les puede aplicar esta tecnología, en los que algunos será un cambio mayor que en otros.



Ilustración 10: El chip en el tobillo es uno de los elementos anticuados que se siguen usando actualmente en competición. Fuente: Google imágenes.

Antes de la prueba:

Recepción de la mercancía

Con una semana de antelación suelen empezar a llegar los primeros camiones de la organización con todo el material, se va comprobando que la mercancía que se recepciona es la que se necesita de una forma visual y se ubica en un lugar determinado en el almacén que previamente se montó. La ubicación fija es debido a que se debe tener organizado por sectores cada material para que sea más fácil después poder sacar el material y tardar menos en encontrarlo.



Ilustración 11: Camión propio de la franquicia para tener un mejor control de la mercancía. Fuente: Google imágenes.

Para el montaje de las infraestructuras de la prueba como, por ejemplo, la carpa de la organización, la tienda o el mencionado ya almacén se encarga la propia organización con un personal que únicamente tiene destinada esa tarea y no estará dentro de la gestión de la competición, por lo que no será necesario tener controlado a este personal.

Es evidente que lo primero que se debe recibir son dichas infraestructuras para poder gestionar de mejor forma todos los demás procesos.

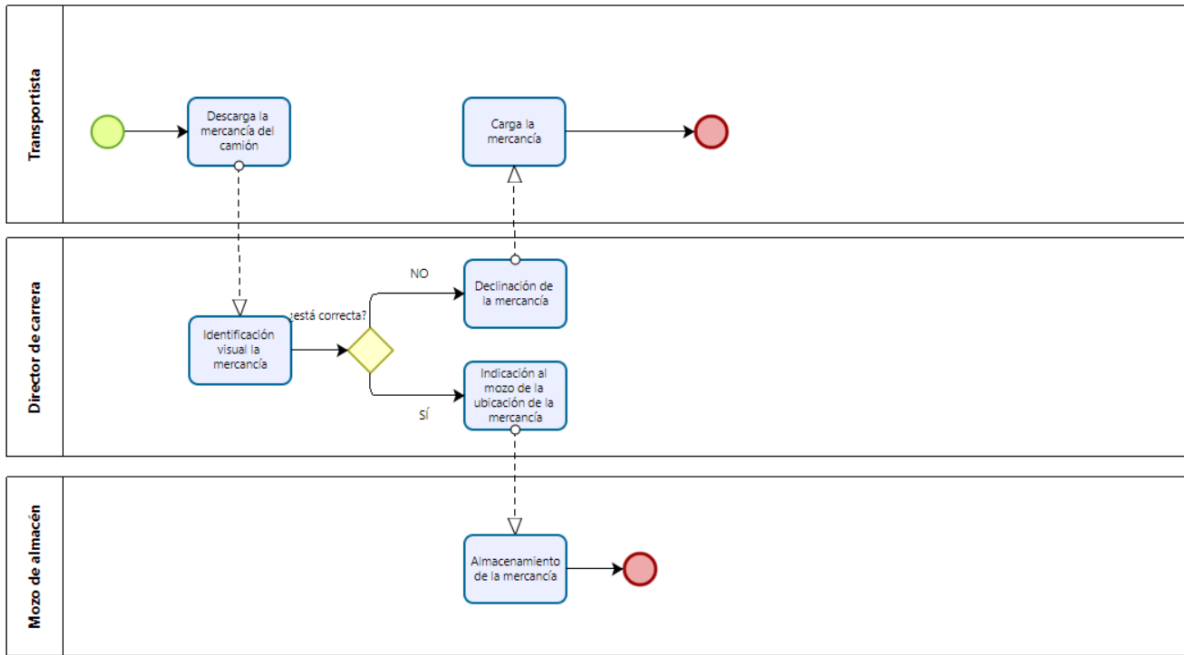


Figura 1: Modelado del proceso de recepción de mercancía mediante la herramienta Bizagi. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 1, este proceso tiene una actividad que es la que produce el cuello de botella, la cual es la identificación visual de la mercancía. En ella, se demora mucho tiempo en poder comprobar qué es para luego determinar qué se hace con ella. Por eso, en el siguiente capítulo se le dará una solución a dicho problema. Por lo demás, son actividades necesarias para completar el proceso, no hay nada especial que destacar.

Control de las bicicletas de los competidores

Antes del día de la prueba, las bicicletas son custodiadas por la noche en una parte del almacén para que, al día siguiente, los deportistas recojan la suya y las coloquen en la zona destinada para ella, conocido también como box o área de transición en el lugar determinado por la organización.



Ilustración 12: Ejemplo de área de transición en un triatlón, generalmente ocupa mucho espacio.

Fuente: Google imágenes.

Se realiza esta operación para poder comprobar que todas las bicicletas cumplen con la normativa de la prueba, para garantizar la igualdad entre competidores y para poder optimizar el espacio final del área de transición en cuanto a tamaño se refiere, a partir del número de bicicletas, se obtiene el área total a ocupar por la organización en el espacio público.

Como el proceso más importante es el de “inventario de las bicicletas” se ha modelado con la herramienta Bizagi.

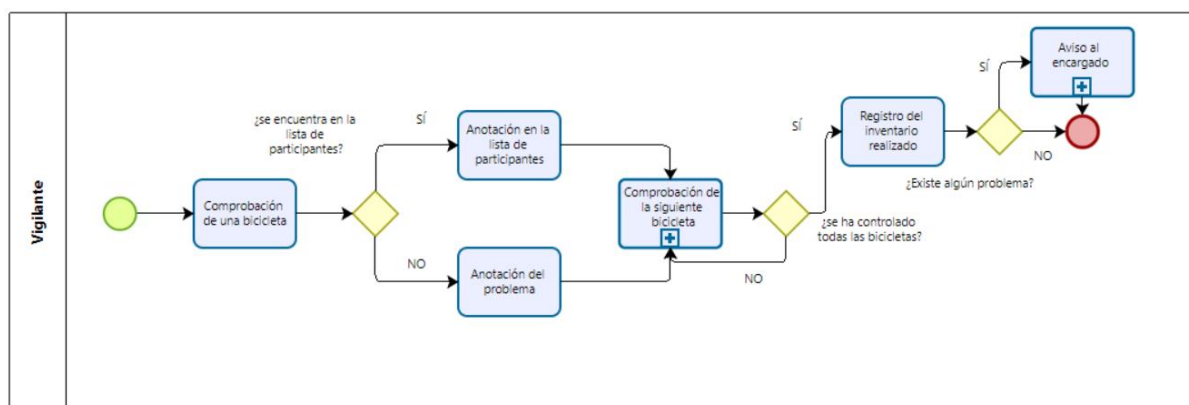


Figura 2: Modelado del proceso del control del inventario de bicicletas. Fuente: Elaboración propia.

Este proceso empieza con la actividad más lenta que es comprobar si la bicicleta del participante se encuentra en la lista de participantes para poder validar y anotar si se encuentra ahí. El proceso termina cuando se tiene toda la lista chequeada y se avisa al encargado de si hay algún problema. Este proceso se debe realizar cuatro veces la misma noche previa al día de competición.

Durante la prueba:

El día de la prueba tiene muchos procesos importantes, de los cuales se pueden destacar:

Entrada a boxes

Los deportistas deben entrar con todo el material necesario para la zona de boxes para la parte del ciclismo y de la carrera a pie. En la entrada, están los jueces de la carrera controlando uno por uno todo el material necesario (bicicleta, casco, zapatillas de ciclismo y zapatillas de correr).



Ilustración 13: Jueces controlando la entrada a boxes en un triatlón. Fuente: Google imágenes.

Generalmente, al haber un gran volumen de deportistas, alrededor de 1000, hay varios jueces que realizan esta operación. Una vez se haya pasado este control, se le entrega al deportista el chip para poder controlar que pasa por todos los puntos del recorrido para realizar la clasificación final.

Este chip tiene un tamaño considerable que debe ser cubierto por una pieza de neopreno que se coloca en el tobillo, esto puede provocar rozaduras al deportista e incluso engancharse a partes móviles de la bicicleta, pero lo más importante es que se pierde mucho más tiempo a la hora de quitarse el neopreno ya que en la zona del tobillo no pasa con facilidad debido al gran volumen que ocupa en esta zona. Para más detalles, ver la ilustración



Ilustración 14: El tamaño del chip es considerable y no destaca por ser ergonómico. Fuente: Google imágenes.

Este proceso conlleva grandes colas desde que se abre la entrada a boxes, es aconsejable llegar con tiempo para poder dejar el material tranquilamente y que las prisas no afecten psicológicamente al rendimiento en la prueba.

En Bizagi, el diagrama quedaría tal que así:

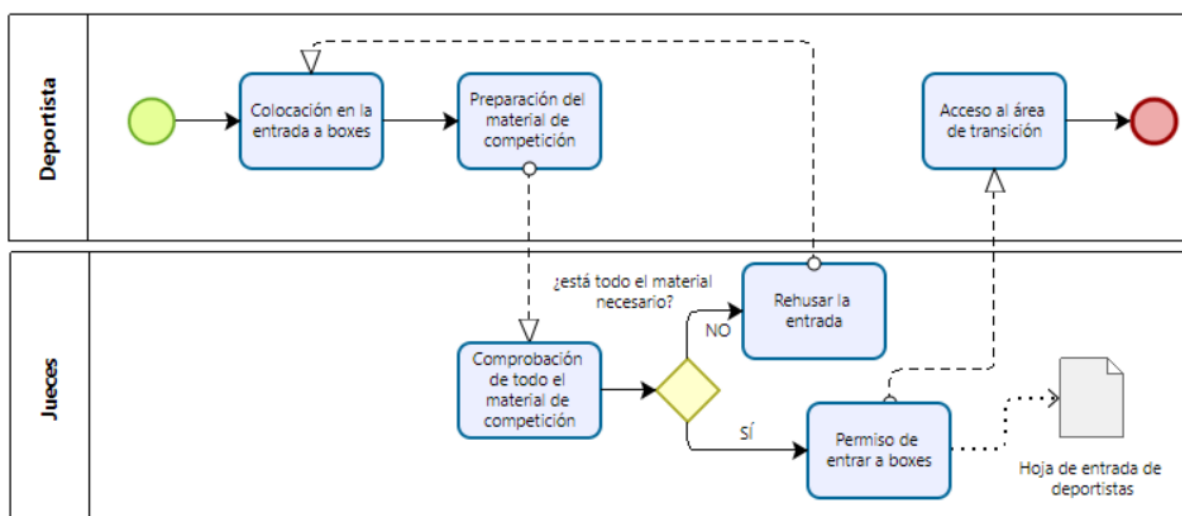


Figura 3: Modelado del proceso de la entrada a boxes. Fuente: Elaboración propia.

El paso que genera colas es el de la comprobación de todo el material de competición, ya que hay que analizar casco, que debe de estar abrochado y perfectamente colocado y bicicleta. Este proceso se puede demorar 20 segundos más o menos, pero como participan alrededor de 1000 deportistas, pues es necesario de varios jueces y un periodo de entrada a boxes excesivamente alto, cerca de 2 horas.

Control de los tiempos de la clasificación.

Como se ha mencionado antes, el uso del chip es imprescindible para la clasificación final, ya que otorga los tiempos de cada deportista y también si ha pasado por todos los controles para evitar cualquier tipo de trampas en cuanto a recortar en el recorrido se refiere.

El sistema que se emplea en la actualidad no ha sufrido cambios en los últimos 15 años y es el mismo que se utiliza tanto en un triatlón popular como en los campeonatos mundiales de triatlón.

Este proceso es el único que emplea la tecnología RFID, aunque de una forma que no es la más óptima, ya que no cuenta con una ergonomía aceptable y sus costes son altos. Está dividido en dos:

- Chip: El chip se coloca en uno de los tobillos mediante un portachip, la elección del tobillo es libre para el deportista, pero lo más sensato es colocarse el chip en el tobillo izquierdo, ya que, a la hora de pedalear, en el pie derecho se encuentra cerca del plato y de la cadena, lo que podría engancharse y provocar un accidente.
- Alfombrilla o checkpoint: Las alfombrillas permiten detectar el chip cuando el triatleta pasa encima de ella, están compuestas por un material antideslizante y funcionan incluso en condiciones climatológicas adversas como la lluvia. Por norma general, están colocadas a la entrada y a la salida de boxes y a la entrada de meta. Están conectadas al ordenador de la organización para poder controlar la clasificación y resolver cualquier incidencia. Se puede dar el caso de que no reconozca el chip, por lo que los jueces siguen haciendo un control de paso mediante papel y bolígrafo.

Por ello, se ha diseñado el modelo en Bizagi para poder identificar mejor las tareas que conllevan problemas.

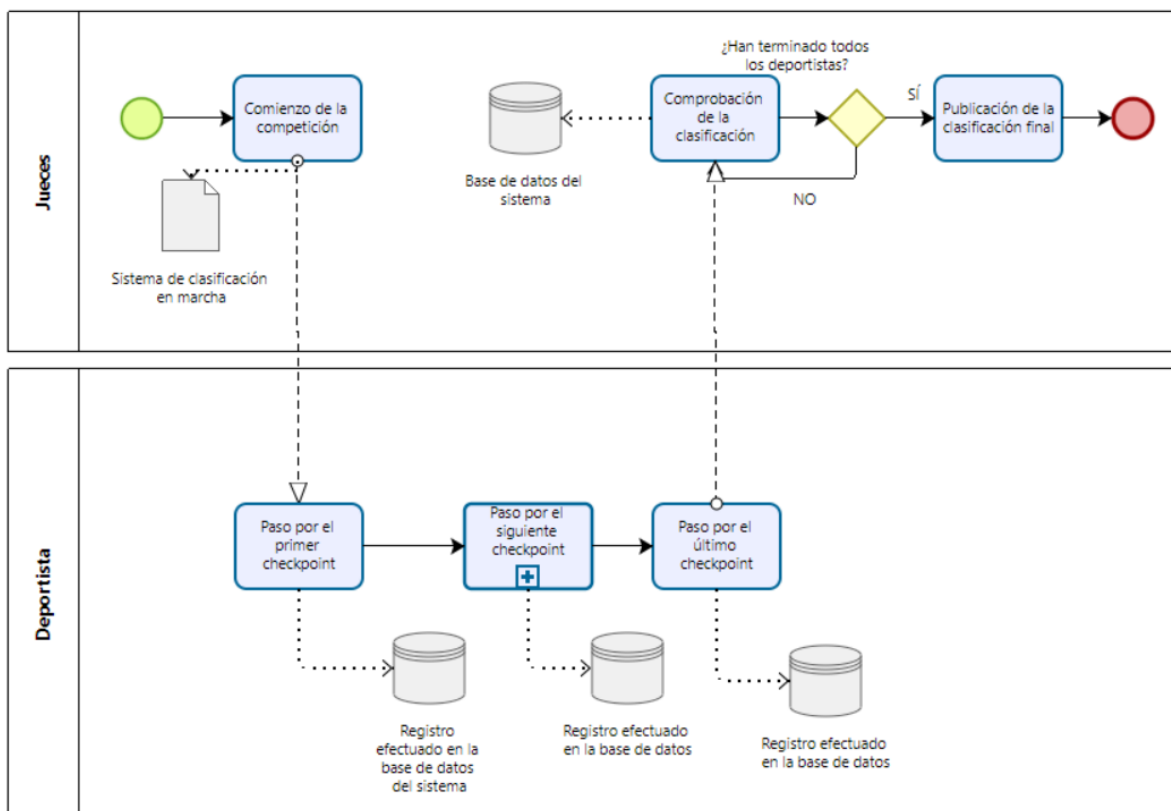


Figura 4: Modelo del proceso de la clasificación de un triatlón. Fuente: Elaboración propia.

Según la figura 4, se debe pasar por un número determinado de checkpoints o zonas donde se colocan las alfombrillas para reconocer el chip del tobillo. No existe un número máximo de dichos checkpoints pero sí debe haber mínimo 3: uno para la entrada a boxes, otro para la salida y otro para la meta.

Por otro lado, debe haber mínimo un juez que controle y gestione la base de datos y el programa que genera la clasificación final y debe estar atento a cualquier tipo de problema que pueda surgir como por ejemplo que no se reconozcan los chips. Es por ello por lo que se sigue anotando en una hoja y en un papel el paso de los deportistas en diferentes partes del circuito ya sea en ciclismo o en la carrera a pie. En natación es mucho más complicado identificar de forma visual a los competidores ya que el dorsal está escrito en el gorro y con las olas pues no es posible realizar este proceso satisfactoriamente.

Después de la prueba

Recogida de material de los triatletas

Una vez que todos los deportistas han finalizado o ya se encuentran en el sector de la carrera a pie, se procede a realizar la recogida de material de boxes. Este proceso tiene duración extensa para que a todo los competidores les dé tiempo a tomar su material de boxes. El flujo de este proceso es de un único sentido, es decir, se entra por uno de los lados de boxes, se recoge el material de cada uno y se sale por el otro extremo. En la salida, hay jueces que comprueban uno por uno que cada uno ha recogido su material de competición. Se realiza un chequeo visual, ya que el material de cada uno tiene unas pegatinas con el número del dorsal y así se realiza esta acción de forma más rápida.

Sin embargo y como ocurre a la entrada a la zona de transición, se forman grandes colas y se necesita mucho personal para poder realizar este proceso satisfactoriamente. En el Ironman 70.3 de Marbella, por ejemplo, había tres voluntarios controlando que cada participante recogía su material y no se confundiera de casco o de bolsa personal. Hubo muy pocos errores por parte de los competidores y fue todo un éxito esa actividad. En la salida, oficialmente se comprobaba todo y se apuntaba de que ya había abandonado el triatleta la zona de boxes con todo verificado.

Cuanto más participantes haya, mayor será la cola que se forme a la salida de boxes, principal problema que existe en este proceso y es necesario poder reducir este defecto.

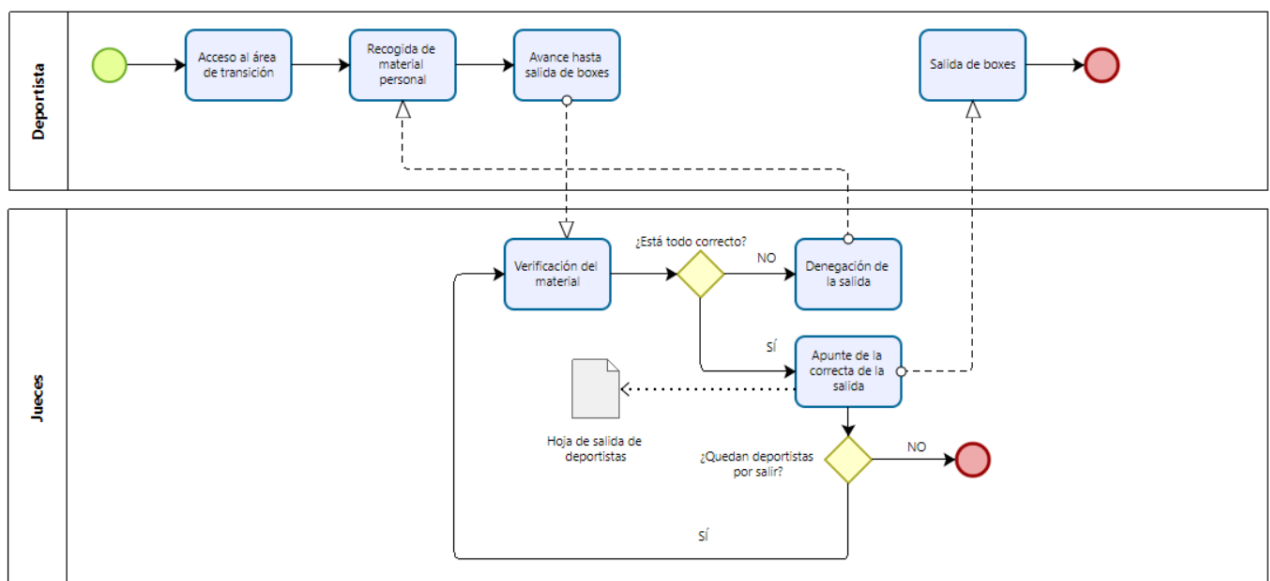


Figura 5: Modelado del proceso de la salida de boxes. Fuente: Elaboración propia.

Como pasaba a la entrada a boxes, se forman grandes colas para salir del proceso debido a que el chequeo del material tiene una duración alta respecto a las demás actividades y al gran volumen de participación. Esto va acompañado de la actividad de apuntar en un papel el control de la salida del área de transición, características de la actividad que hacen poco atractivo dicha actividad.

Implantación de la tecnología del RFID al proceso actual.

Antes de la prueba

Recepción de la mercancía

A la hora de recepcionar, controlar y colocar toda la mercancía se realiza de forma manual y se demora la acción mucho tiempo. Si la mercancía llegase con un etiquetado RFID y con un lector portátil de dichas etiquetas, la comprobación de la carga sería mucho más rápida y en seguida se podría clasificar dicha mercancía y proseguir con su desembalado.

Por ejemplo, cuando un tráiler llega a la zona de descarga, una persona con un lector portátil RFID y dos personas más para trasladar la mercancía validada sería suficiente para completar este proceso de forma más eficiente. El tiempo ahorrado en la comprobación de la mercancía manual se invierte en el desmantelamiento del pallet y en montar la infraestructura que provenga de dicho pallet.

Por motivos de tamaño del almacén no se guardará la mercancía paletizada, ya que ocuparía mucho espacio y el tamaño del almacén tendría que ser de grandes dimensiones, hay que tener en cuenta que las competiciones se realizan en un espacio público donde generalmente minimizar el espacio ocupado es un requisito esencial.

Como en los procesos actuales, se ha elaborado los diagramas explicando todos estos procesos que mejorarían con la implementación del RFID. Para este caso, véase la figura:

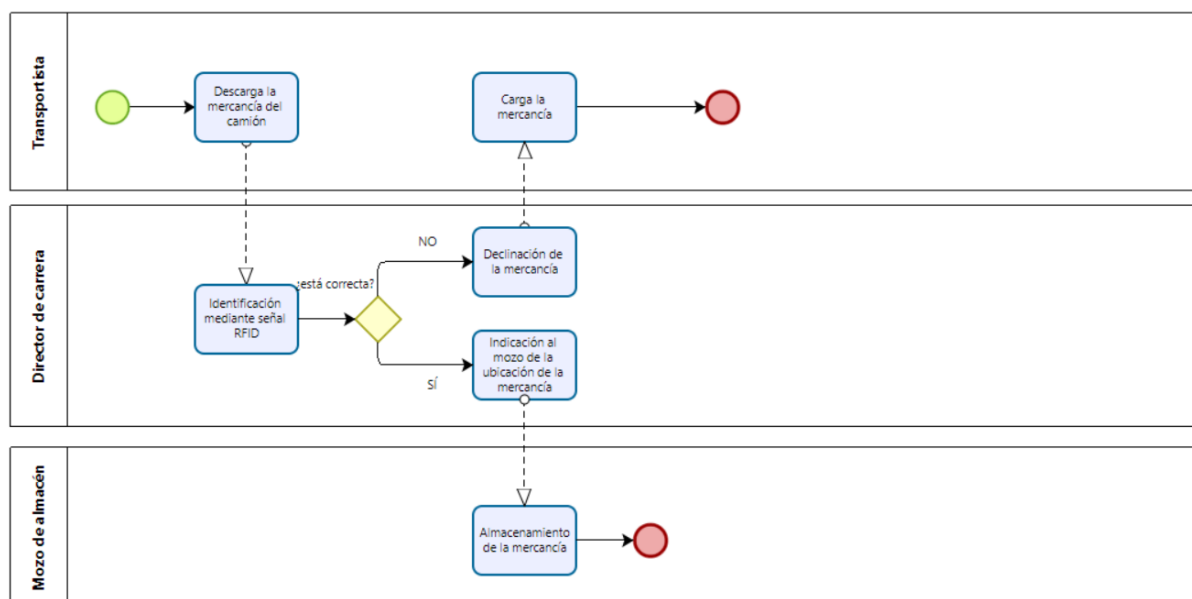


Figura 6: Modelado del proceso de recepción de mercancías usando RFID. Fuente: Elaboración propia.

La única diferencia respecto al anterior proceso de recepción de la mercancía es en la identificación de ésta. En este caso, se utiliza un emisor portátil RFID que identifica rápidamente qué mercancía es y en consecuencia donde debería ubicarse. Además, se podría enseñar al mozo de almacén a usar la pistola RFID para así no molestar al director de carrera una vez éste haya validado la mercancía recepcionada. Así, el director de carrera puede dedicarse a otro proceso y el mozo haría el trabajo independientemente.

Control de las bicicletas de los competidores

Como las bicicletas de los participantes deben ser almacenadas el día anterior de la prueba todas juntas, Las pegatinas RFID permitirán controlar que todas las bicicletas se encuentran en la zona de almacenamiento si la hacemos pasar por los dos sensores RFID que se usarán al día siguiente en la entrada de boxes, de esta manera, se ahorrará tiempo y dinero al utilizar un mismo dispositivo para dos procesos diferentes.

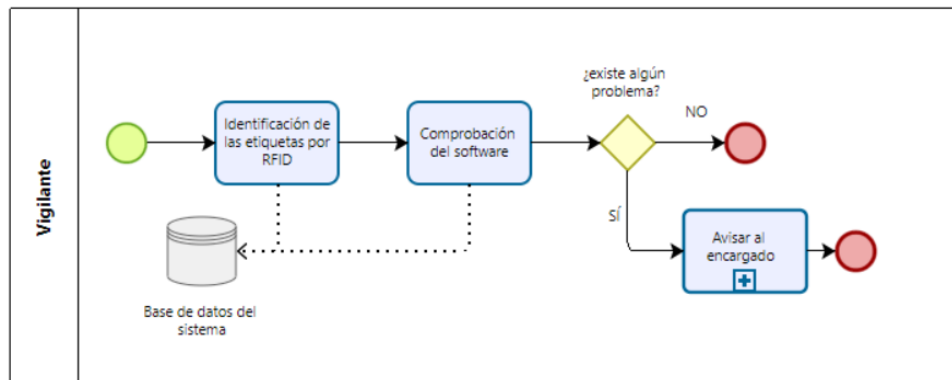


Figura 7: Modelado del control de bicicletas de los competidores. Fuente: Elaboración propia.

Observando la figura 7, la actividad de identificación de las etiquetas RFID es muchísimo más rápido que apuntarlo en un papel. El software utilizado permite también que el encargado pueda acceder a los datos chequeados en la base de datos, esto desencadena en que el subproceso de avisar al encargado sea mucho óptimo y permita mejorar la toma de decisiones del encargado.

Durante la prueba

Entrada a boxes

A la hora de entrar a boxes y con el objetivo de disminuir las colas que se pueden generar a la entrada se utilizarán pegatinas RFID para cada material necesario a controlar. El protocolo para entrar es el siguiente:

El deportista debe de entrar caminando con su bicicleta al lado y con el casco perfectamente abrochado y con el dorsal visible, como en el proceso anterior a la implementación del RFID

La propuesta es que las pegatinas que se usan para identificar el casco y la bicicleta con el número de dorsal sean RFID para que la entrada de los deportistas sea mucho más rápida utilizando sensores RFID que permitan validar el material del triatleta. Mediante el uso de una base de datos se auto rellenaría con la entrada de deportistas al pasar el sensor del RFID y que todas las pegatinas están perfectamente validadas. Esto liberaría el puesto de al menos un juez en esta sección, ya que con un único juez es suficiente para atender a las incidencias que pudieran aparecer.

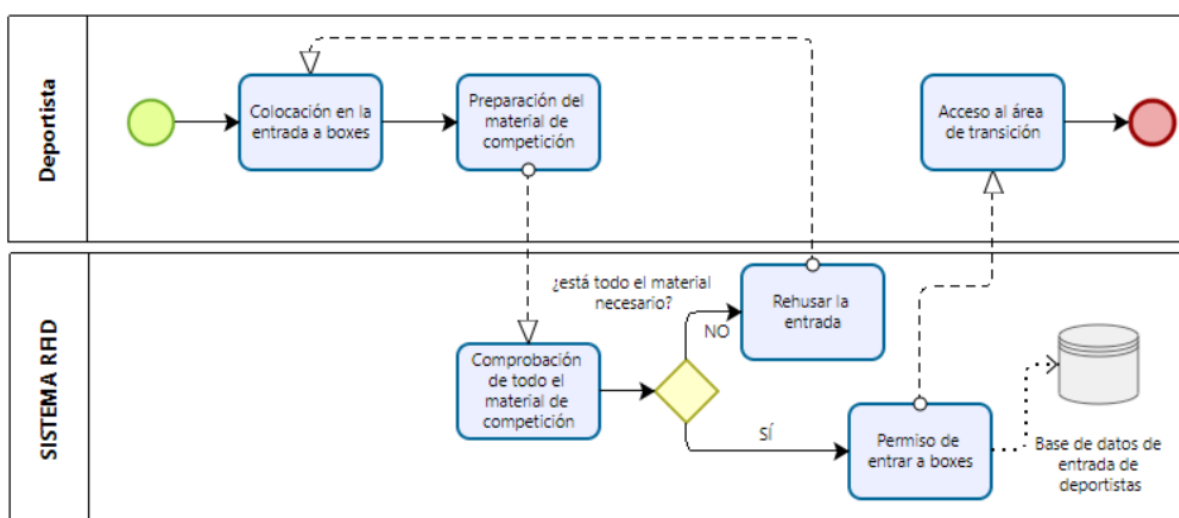


Figura 8: Modelado del proceso de entrada a boxes. Fuente: Elaboración propia.

Para que el proceso sea incluso más óptimo, se debe de usar una pistola RFID en la que valide automáticamente la entrada a boxes y complete la base de datos de la entrada de deportistas en el caso de que el participante va perfectamente equipado para poder entrar al área de transición.

Control de los tiempos en clasificación

Este proceso es el que, aunque use tecnología RFID, supone un cambio sustancial en cuanto a satisfacer mejor las necesidades del deportista. El cambio principalmente está motivado debido al tamaño y coste del chip (necesario tener uno personal y no transferible para las competiciones nacionales). Se propone el uso de una etiqueta RFID como muñequera, la cual no molesta en absoluto a la hora de competir y supone un gasto ínfimo, (0,47 euros cada pulsera, valor aproximado (Etiquetas Deikast)) para los organizadores de la prueba.



Ilustración 15: Pulseras RFID que sustituirían al chip en el tobillo tradicional. Fuente: Google imágenes.

Además, las alfombrillas que se empleaban para detectar el chip deben ser cambiadas por un sensor en vertical de alta frecuencia para poder detectar estas nuevas etiquetas, ya que se pasa de tenerlo en el tobillo a tenerlo en la muñeca. Estas pulseras, que están asociadas a cada participante y no se pueden transferir, se le entrega al deportista con el dorsal y las pegatinas de bicicleta y casco.

El modelado de este proceso es exactamente el mismo, únicamente cambian los elementos que la conforman: las etiquetas RFID en la muñeca de menor volumen y los emisores de señal de alta frecuencia que se colocarían verticalmente.

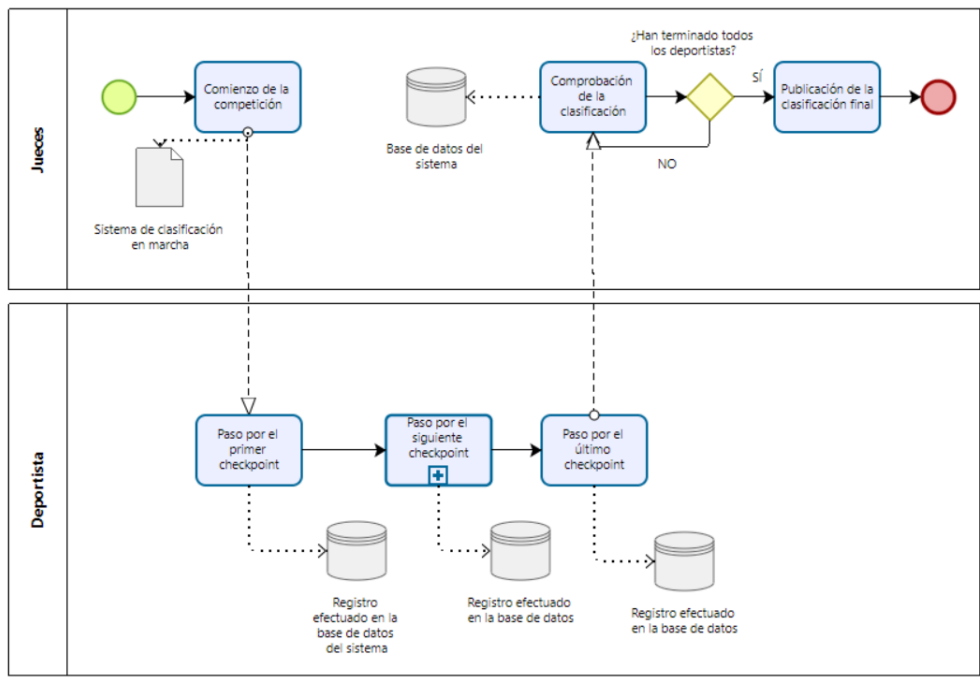


Figura 9: Modelado del proceso de clasificación de la competición. Fuente: Elaboración propia.

Estas pulseras pueden ser usadas para otros procesos, como, por ejemplo, la identificación del personal de la organización (con diferentes colores de pulseras, se puede identificar visualmente a qué colectivo pertenecen).

Se podría clasificar a los integrantes de la organización como el equipo técnico, los jueces de carrera y los voluntarios. Con esto, se podría controlar la trazabilidad de todos y anticiparse a las cargas de trabajo que pueden ocurrir en diferentes partes del recorrido empleando sensores RFID estratégicamente colocados para tal fin.

Después de la prueba

Recogida del material de los triatletas

Una vez se pueda acceder a boxes, es el mismo proceso que a la entrada, pero al revés, los deportistas recogen su material de la zona y sin necesidad de que nadie controle el material que llevan, únicamente con el sensor para detectar las pegatinas RFID del casco y de la bicicleta sería suficiente para aligerar el proceso y disminuir las posibles colas, ya que no hace falta pararse para que un juez verifique uno por uno, la correcta salida de boxes.

Por razones de posibles incidencias, se recomienda que haya un juez para resolver dichas incidencias en caso de que la identificación del RFID falle.

A continuación, se explica el diagrama realizado en Bizagi.

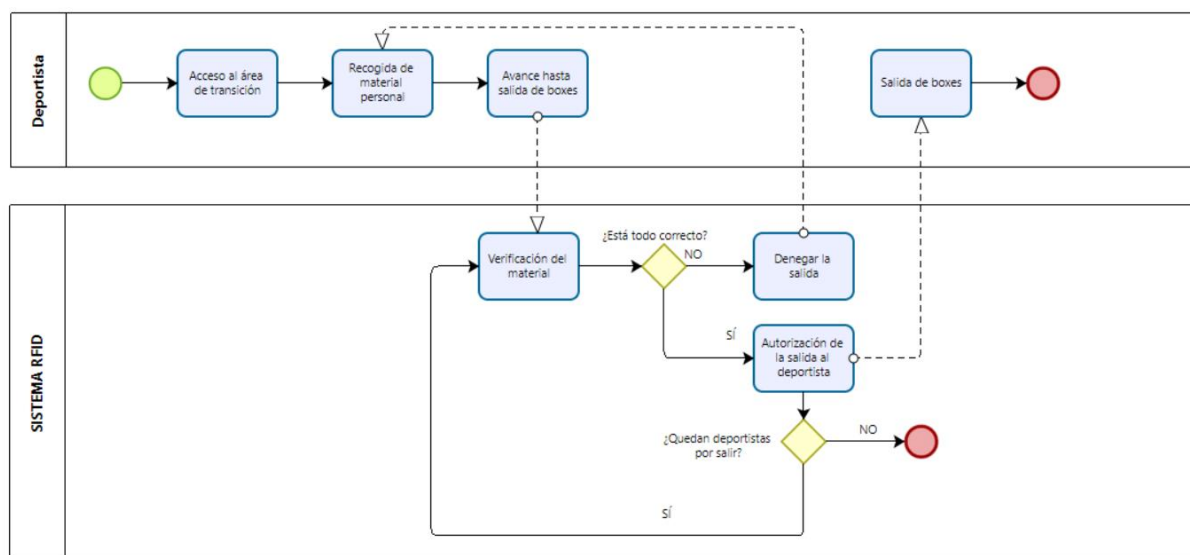


Figura 10: Modelado del proceso de retirada de material de boxes. Fuente: Google imágenes.

Este proceso comienza con el deportista entrando a la zona de transición y recogiendo su material de su ubicación en boxes. Continúa andando hasta la salida de dicha zona de transición, allí un juez controla mediante RFID que todo el material se encuentra en orden. Si todo está validado, el sistema automáticamente permite la salida del deportista, en caso contrario, se le deniega la salida y debe volver el participante a pasar a recoger el material. Así hasta que todos los participantes hayan recogida sus pertenencias.

Presupuesto final RFID

Teniendo en cuenta todo lo descrito anteriormente se necesitarán por cada evento deportivo que se realice:

- 3 pistolas portátiles para reconocer la mercancía, para ello se ha escogido el siguiente modelo (Zebra RFD2000) por un precio de venta al público de 679€.



Ilustración 16: modelo empleado para realizar las tareas de identificación de mercancías e inventario. Fuente: (Etiden)

- 2 sensores RFID colocados cada uno a la entrada y a la salida del área de transición que sirva también para la clasificación de la prueba. El modelo UHF R2 Bluetooth terminal con un precio de 536€ es el que se ha escogido.



Ilustración 17: Detector de etiquetas RFID dispuestas en la entrada y salida de boxes. Fuente: (theRFIDstore)

- Las pulseras RFID con un coste de 0,47 € la unidad (jmband), se necesitarán 2500 uds para cubrir un triatlón con 2000 participantes.



Ilustración 18: prototipo de pulseras RFID para todos los integrantes del evento deportivo. Fuente: (jmband)

- También es necesaria la contratación de un programador que se dedique a reconocer cada participante con su pulsera RFID correspondiente. Sería incluirlo en la plantilla de Ironman con un contrato a jornada completa por unos 1500 euros mensuales. Suponiendo que solo se va a trabajar en Ironman España y que se celebran 8 competiciones de esta franquicia en España (Triatlonnoticias, 2021), se ha calculado el salario por eventos en España.

$$1500 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \cdot 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{8 \text{ eventos}} = 2250 \frac{\text{€}}{\text{evento}}$$

Ecuación 1: cálculo del salario del programador por evento en España en un año. Fuente: Elaboración propia.

Recapitulando todos los gastos con la tecnología RFID se tiene:

Tipo	Gasto (€)
3 Pistola RFID	3x679=2037
2 sensores para entrada y salida boxes	3x536= 1608
2500 pulseras RFID desechables	2500x0.47= 1175
Sueldo del programador por evento	2250
TOTAL	7070€

Tabla 2: Tabla resumen de la inversión en la tecnología RFID. Fuente: Elaboración propia.

Estos 7070€ representan la primera inversión que se debe realizar por evento, pero una vez que se tengan los sensores y la pistola de recepción, únicamente costará 3425 € (esto incluye el sueldo del programador y las pulseras desechables) la tecnología RFID en el siguiente evento a gestionar.

Por lo que se puede realizar una amortización de estos dispositivos para mínimo 2 años de competiciones, ya que los dispositivos se encuentran en garantía durante este periodo de tiempo.

Comparativa entre las dos variantes

Para poder sacar unos resultados concluyentes, es necesario realizar unos cálculos que demuestren que el uso del RFID es ventajoso para la organización en cualquiera de sus procesos, para ello, se ha realizado una entrevista con el director de carrera de Ironman en Marbella y Barcelona y se seguirán los siguientes supuestos, (Pérez, 2021):

- El número de tráileres y de furgonetas a recepcionar depende del número de participantes. Como norma general en todos los Ironmans que se celebran a nivel mundial, por cada 1000 atletas, se descargan 2 tráileres y 3 camiones. En este supuesto, se va a suponer 2000 participantes (4 tráileres y 6 furgonetas). Además, se transportan pallets no remontables, ya que no puede haber carretillas elevadoras circulando libremente por la zona de montaje de las infraestructuras necesarias en un espacio público.

Recepción de la mercancía

En este caso, cabe recordar que en un tráiler entran 33 pallets no remontables y en una furgoneta 6 pallets. Como se esperan 2000 participantes, se tiene en total:

$$33 \frac{\text{pallets}}{\text{tráiler}} \cdot 4 \text{ tráiler} + 6 \frac{\text{pallets}}{\text{furgoneta}} \cdot 6 \text{ furgoneta} = 168 \text{ pallets}$$

Ecuación 2: cálculo de número de pallets totales recepcionados. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que, durante el proceso de la recepción de mercancía, si se hace como en la actualidad, la tarea descrita en el modelado “verificación de la mercancía” que se realiza por pallet, se tarda una media de 15 s en saber lo que es y qué es lo que se debe realizar a continuación.

Con el sistema RFID, se controla el pallet en 5s y en seguida se actualiza en la base de datos para tener gestionado qué mercancía es la que falta, mejorando así el control.

Traduciendo esto a números, se obtiene que para validar los 168 pallets:

Método	Tiempo (s)
Método tradicional	2500
Método con RFID	900
Diferencias	1600

Tabla 3: Tiempos empleados en los dos métodos. Fuente: Elaboración propia.

Tiempo que se podría emplear para realizar otras tareas, permitiendo alcanzar los objetivos diarios de una forma más eficiente, al disponer de mayor tiempo para solventar incidencias de última hora.

Control de las bicicletas

A la hora de realizar el inventario de 2000 bicicletas que se realiza por la noche, el tiempo que se necesita sin tecnología RFID es altísimo comparado con el que usa esta tecnología. Además, mediante RFID se puede obtener la lectura de varias bicicletas a la vez por lo que es mucho más rápido este modelo.

En un almacén con tantas bicicletas, lo normal es que se coloquen en 2 pasillos y filas para aprovechar el ancho y la longitud lo máximo posible. Un ejemplo es el que se muestra a continuación:

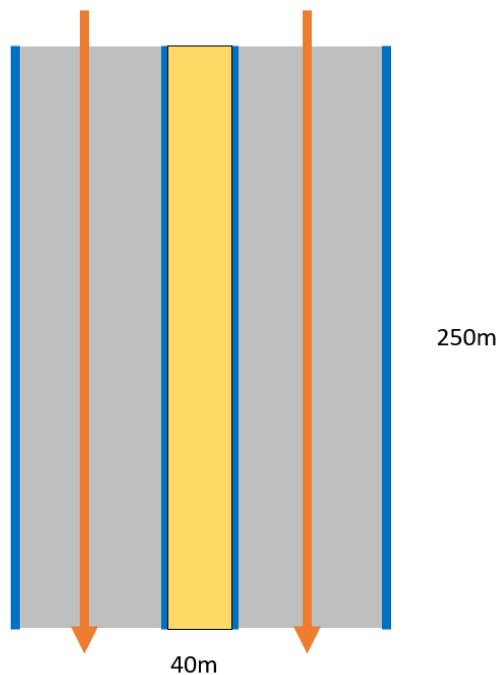


Ilustración 19: Diseño del almacén donde se custodian las bicicletas. Fuente: Elaboración propia.

En azul se ha representado la zona donde se colocan las bicicletas, con un espacio de 0,5 metros por bicicleta, quedan dos pasillos de 250 metros de largo y 40 metros en total de anchos para poder optimizar el espacio al máximo. La zona amarilla separa los dos pasillos. Las flechas naranjas representan el flujo durante la competición y durante la recogida de bicicletas. A la hora de realizar el check in, existe mayor libertad de circulación.



Ilustración 20: Vista de una zona de transición de un Ironman, con una participación de cerca de 2000 participantes.

Fuente: Google imágenes.

Una vez que se tengan todas las bicicletas colocadas, se procede a realizar el inventario de éstas. Por el método tradicional, se demora la acción 5 segundos por bicicleta, es decir, 10000 s mientras que, si se realiza mediante RFID, con andar lentamente en cada fila de bicicletas, es suficiente. La ecuación a continuación expresa en valores numéricos la demora total mediante esta tecnología.

$$4 \text{ filas} \cdot 250 \frac{m}{\text{fila}} \cdot 1,39 \frac{m}{s} = 300s \text{ aprox.}$$

Ecuación 3: Cálculo del tiempo necesario para el inventario de las bicicletas. Fuente: Elaboración propia.

Recapitulando, se obtiene la siguiente tabla:

Método	Tiempo total (s)
Tradicional	10000
Mediante RFID	300
Diferencia	9700

Tabla 4: Diferencias entre los dos métodos en cuanto al inventario de las bicicletas. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro de tiempo es abismal, se reduce un 97 % de lo que se tarda en la actualidad. Además, con el RFID, se guarda en una base de datos las bicicletas controladas y las que aún quedan por controlar para que a la hora de atender los posibles faltantes, se pueda gestionar de forma mucho más rápida, ya que el registro queda marcado en un programa informático y no en una libreta apuntada de forma desactualizada.

Control de la entrada a boxes

La entrada a boxes es un proceso crucial, tanto para los participantes, cuanto menos tiempo se demore en la entrada mejor, y para los jueces, ya que son el filtro del material legal para la competición.

Es por ello por lo que, mediante una encuesta por formularios de Google contestada por 88 triatletas de todas partes de España sobre la optimización de los procesos que afectan al deportista en un triatlón, un poco más de la mitad piensan que el control del acceso a la zona de transición es de una duración normal o peor. Esto representa un porcentaje bastante alto que mediante la implementación de la tecnología RFID reducirá dicho porcentaje en gran cantidad.

A la hora de entrar en boxes, ¿Cuánto de rápido crees que es el chequeo del material para entrar a boxes?

88 respuestas

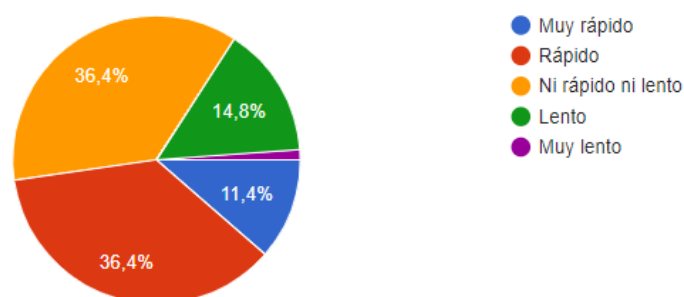


Gráfico 1: Porcentaje de las diferentes respuestas dadas a la rapidez en la validación de la entrada a boxes.

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de verificación manual tarda alrededor de 20 s por participante. Al haber 2000 atletas, en total se tardaría 40000 segundos. Es por ello por lo que generalmente, la entrada a boxes tiene una duración de 2 horas y media para que todos los participantes puedan entrar sin ningún tipo de problema.

Si se pusiese la tecnología RFID, en teoría con pasar a través de los sensores, se verificaría si todo el material detectado mediante las pegatinas RFID está correcto o no. Por lo tanto, se ha determinado que se tardan 4 segundos en cruzar dichos sensores y que el sistema valide la entrada, es decir, 8000 segundos en total en verificar la entrada de los deportistas.

Método	Tiempo total (s)
Tradicional	40000
Mediante RFID	8000
Diferencia	32000

Tabla 5: Comparativa de tiempos en la gestión de la entrada a boxes de las dos alternativas. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla, la reducción del tiempo necesario es del 80%. Con este ahorro de tiempo se podría empezar los preparativos del día de la prueba un poco más tarde para que todos los involucrados en el evento puedan descansar un poco más, aspecto que se infravalora en este tipo de eventos deportivos.

Como ocurre en la entrada a boxes, la proporción tiempo/juez deja en evidencia el ahorro sustancial de personal que se podría dar en el caso de incorporar la tecnología RFID como así muestra la siguiente tabla:

Método	Proporción tiempo (s)/juez	Personal necesario
Tradicional	10000	4 jueces
Mediante RFID	8000	1 juez

Tabla 6: Ahorro de personal en el proceso de verificación de la entrada de boxes. Fuente: Elaboración propia.

El ahorro del personal en total es de 3 jueces, ya que es la misma plantilla la que se encarga de validar la entrada y la salida de la entrada de boxes. Por lo tanto, como cada juez cobra 160€ por evento (Pérez, 2021), el coste se reduce a 480€ en total.

Control de la clasificación de la carrera

Como se explicó anteriormente, este proceso ya de por sí emplea tecnología RFID. Aquí se pretende que el chip cambie de diseño y de colocación. A continuación, se exponen las opiniones del cuestionario realizado a este problema.

Respecto al uso del chip, ¿te ha perjudicado alguna vez al quitarte el neopreno y has perdido tiempo?

88 respuestas

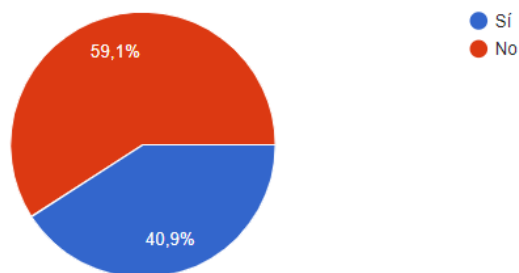


Gráfico 2: Porcentaje de respuestas a la pregunta del inconveniente de usar un chip en el tobillo.

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en el gráfico, existe un gran porcentaje, casi el 41 % de personas que han perdido más tiempo del necesario en la primera transición (paso de la natación al ciclismo). Porcentaje bastante alto debido a que en el tobillo dicho chip se atasca a la hora de quitarse el neopreno.

Lo que se quiere proponer en este caso es el cambio de un chip de tobillo a uno de pulsera. Esto provocaría una reducción del porcentaje de triatletas con problemas en la primera transición.



Ilustración 21: Chip actual en las competiciones de triatlón. Fuente: Elaboración propia.

La ilustración 18 muestra cómo es el chip de las competiciones nacionales, en otros casos es incluso más grande en competiciones donde se subcontrata los chips como es el caso de Ironman. La propuesta es muy simple, un chip desechable que solo sirva uno por competición donde la empresa Ironman se encarga de su gestión, es decir, no se externaliza el proceso.



Ilustración 22: Prototipo de un chip de pulsera para las competiciones Ironman. Fuente: Elaboración propia.

En la imagen se puede observar el tamaño tan reducido que tiene este chip y, como es una pulsera molesta menos al participante. Además, tiene un precio muchísimo menor que el actual modelo.

Por otro lado, estos chips son caros e intransferibles y se los tiene que comprar cada uno para las competiciones nacionales. En el caso de Ironman, subcontrata a la empresa de chips para la gestión de los tiempos de clasificación.

Respecto al uso del chip, ¿estás de acuerdo con que tienes que comprarte uno para poder competir en competiciones nacionales?

88 respuestas

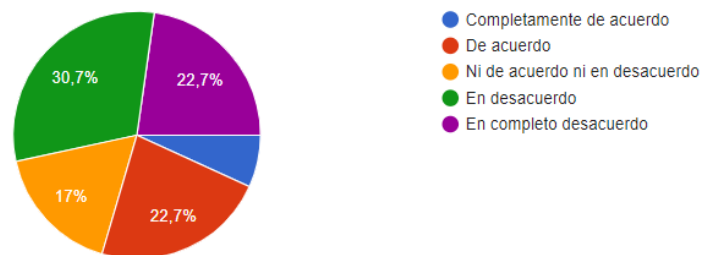


Gráfico 3: Porcentaje de respuestas a la obligación de comprarse un chip para las competiciones nacionales.

Fuente: Elaboración propia.

Observando el gráfico, la gran mayoría no está de acuerdo en tener que comprarse un chip para todas las competiciones nacionales, esto es debido en gran parte al precio exagerado que tiene como se muestra en el siguiente gráfico.

Respecto al uso del chip, ¿ te parece caro el chip para las competiciones nacionales?

88 respuestas

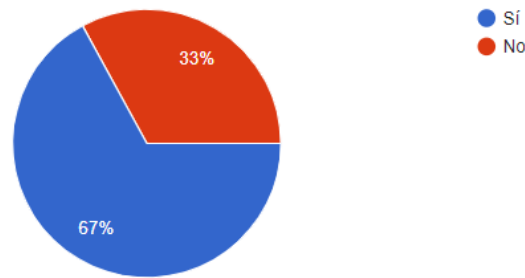


Gráfico 4: Porcentaje de las diferentes respuestas sobre el precio del chip. Fuente: Elaboración propia.

Evidentemente, el precio elevado del chip, 25€, afecta mucho a la predisposición de competir en pruebas nacionales. Por eso, en Ironman tienen que diseñar un chip RFID barato para captar a más participantes como se explicó anteriormente.

Respecto al uso del chip, ¿Cómo verías el uso de un chip más pequeño y colocado en otra zona del cuerpo para que molestase menos? Este chip se entregaría con la bolsa del corredor de cada triatlón para un uso único en dicha competición.

88 respuestas

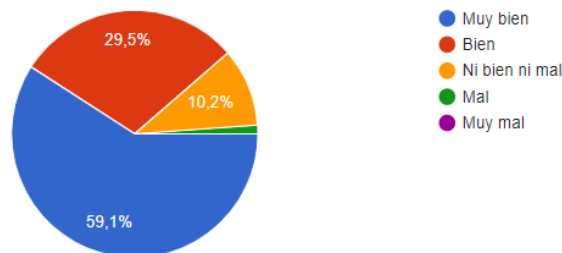


Gráfico 5: Porcentaje de respuestas sobre la nueva alternativa del chip. Fuente: Elaboración propia.

Como era de esperar, la introducción de un nuevo chip más económico y con un mejor diseño tiene una gran bienvenida por parte de los triatletas. Por lo tanto, se debería implementar este nuevo chip lo antes posible para ser pionero en el cambio.

Para poner en perspectiva las dos alternativas, en la siguiente tabla se expone los gastos de ambas:

Método	Proceso externalizado	Costes globales (€)
Tradicional	Sí	7000
Nuevo	No	7070
Diferencia		-70

Tabla 7: Comparación de gastos entre las dos alternativas. Fuente: Elaboración propia.

En el primer evento se debe gastar un poco más de lo que le correspondería por carrera, pero como se amortiza el material, al final sale más rentable. Véase el apartado Resumen general de la comparación.

Recogida del material de boxes

Una vez que está abierto el área de transición, cada participante puede retirar el material de boxes. Siguiendo un flujo de un único sentido, los jueces controlan la retirada de dicho material. Este proceso es algo más rápido que la entrada, ya que el primer filtro de los materiales se realizó a la entrada, aún así, el siguiente gráfico refleja las opiniones de los triatletas.

A la hora de retirar el material de boxes, ¿Cuánto de rápido es piensas que es este proceso?

86 respuestas

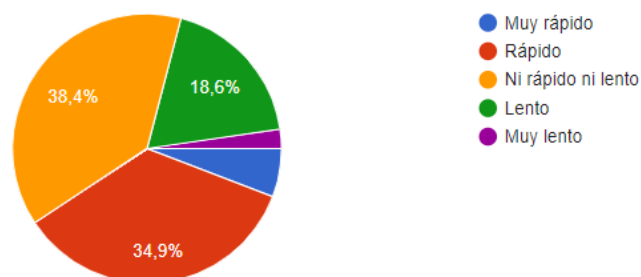


Gráfico 6: Porcentaje de respuestas acerca de la rapidez de la retirada de material de boxes. Fuente: Elaboración propia.

En este caso, se manifiesta que de verdad es más rápido este proceso que el de la entrada. Suponiendo que por cada triatleta se tarda unos 10 segundos en apuntar que ha retirado todo su material, en total se tardaría 20000 segundos.

En cambio, mediante RFID, el tiempo de la salida es igual al tiempo de la entrada mediante los sensores RFID, por lo tanto, se toma el mismo valor, que es 8000 segundos. Exponiendo los datos en una tabla, quedaría:

Método	Tiempo (s)
Tradicional	20000
Mediante RFID	8000
Diferencia	12000

Tabla 8: Comparación de las dos alternativas en cuanto a la retirada de boxes. Fuente: Elaboración propia.

Se recortaría el tiempo hasta un 60%, permitiendo a la empresa a desmontar antes todas las infraestructuras para que se reabra el tráfico en la zona en la que se está localizada.

Como se explicó anteriormente, este proceso pasa a tener solo a 1 juez permitiendo el ahorro de 3 personas para la empresa.

Resumen general de la comparación

En cuanto al ahorro de personal solo se tendrá en cuenta a la entrada y salida de box, ya que en los otros procesos es necesario en ambos métodos, tradicional y con RFID, ese número mínimo de personas, por lo que se propone que, gracias al ahorro de tiempo, se pongan a realizar otras tareas.

Para poder sintetizar todo, se ha realizado una tabla:

Método	Recep. Merc.	Invent. Bicl.	Entrada box	Salida box
Tradicional	2500s	10000s	40000s	20000 s
Con RFID	900s	300	8000s	8000 s
% ganancias	66,67%	97%	80%	60%

Tabla 9: Tabla resumen de las diferencias de tiempo entre el método tradicional y el método con RFID.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al ahorro de costes se tiene que:

El ahorro del personal total en los procesos de entrada y salida de boxes son de 480€

En el apartado de la clasificación con RFID, los 7070 € corresponderían a la primera inversión que se debe realizar para el primer evento. A partir del siguiente evento a gestionar, solo se tiene en cuenta las pulseras desechables y el sueldo del programador, que son 3425 €. Por eso, se realiza una amortización de dos años de dichos dispositivos RFID quedando de la siguiente manera:

La garantía de los dispositivos es de 2 años, periodo que se realizan en total 16 competiciones de la franquicia Ironman en España (Triatlonnoticias, 2021).

Por el método tradicional se ha calculado:

$$7000 \frac{\text{€}}{\text{evento}} \cdot 16 \text{ eventos} = 112000\text{€}$$

Ecuación 4: Cálculo del coste total en dos años por el método tradicional. Fuente: Elaboración propia.

Por el método RFID se ha calculado teniendo en cuenta la inversión inicial en los dispositivos:

$$3 \text{ pistolas RFID} \cdot 679 \frac{\text{€}}{\text{pistola RFID}} = 2037\text{€}$$

Ecuación 5: Cálculo del coste que supone las tres pistolas RFID en la primera inversión. Fuente: Elaboración propia.

$$2 \text{ sensores RFID} \cdot 536 \frac{\text{€}}{\text{sensor}} = 1608\text{€}$$

Ecuación 6: Cálculo del coste que supone los dos sensores RFID en la primera inversión. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el coste de los dispositivos RFID, se calcula el coste que supondría este método durante los dos años de competición asignados determinados anteriormente:

$$2037\text{€} + 1608\text{€} + 3425 \frac{\text{€}}{\text{evento}} \cdot 16 \text{ eventos} = 58445\text{€}$$

Ecuación 7: Cálculo del coste total en dos años por el método con RFID. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, se ahorran 53555€ en este periodo de tiempo y al haber 16 eventos, el ahorro por carrera es de 3347€. En la siguiente tabla se expresa el ahorro en costes por evento.

Método	Coste jueces boxes	Coste RFID
Tradicional	640€	7000€
Con RFID	160 €	3653€

Tabla 10: Costes monetarios por evento. Fuente: Elaboración propia.

Limitaciones

El presente trabajo presenta una serie de limitaciones a la hora de su elaboración. Dichas limitaciones son:

- Los cálculos del tiempo necesario de las tareas clave de los procesos son meras aproximaciones basadas en una experiencia de diez años compitiendo en triatlón y de las opiniones de otros triatletas.
- Suponer que a la entrada no se reconoce más de un atleta con el método RFID. Una de las ventajas del RFID es que permite leer multitud de etiquetas que se encuentren en un rango. En este proyecto se ha supuesto que, a la hora de entrar en boxes, los participantes acceden de uno en uno. Si fuese de acceso libre, se leerían más etiquetas en menos tiempo, haciendo el proceso mucho más rápido.
- El presupuesto por prueba ha sido sacado de internet de una forma con poco nivel de detalle. En el caso de que se implementase el RFID a todos los procesos descritos anteriormente, la inversión lo más seguro es que sea mayor a lo supuesto.

Indicadores

Debido a estas limitaciones anteriormente mencionadas, se proponen los siguientes indicadores para una mejor gestión del evento mediante la tecnología RFID:

- 1) **Porcentaje de satisfacción de los competidores:** este indicador demuestra la satisfacción de los participantes con el nuevo sistema de gestión, a partir de un 80% se consideraría un éxito por parte del equipo de la organización.

$$\frac{n^{\circ} \text{ de participantes satisfechos}}{n^{\circ} \text{ de participantes totales}}$$

Ecuación 8: Indicador del porcentaje de participantes satisfechos. Fuente: Elaboración propia.

- 2) **Porcentaje de acierto de los sensores RFID:** mediante este indicador se pretende reflejar la cantidad de etiquetas que es capaz de leer de manera satisfactoria sin que ninguna persona tenga que emplear un tiempo extra en realizar este proceso por el dispositivo. Si el indicador supera el 10%, no se puede decir que el sistema RFID sea un éxito.

$$\frac{n^{\circ} \text{ de etiquetas no leídas}}{n^{\circ} \text{ de etiquetas totales leídas correctamente}}$$

Ecuación 9: Indicador del porcentaje de fallos cometidos por el sistema RFID. Fuente: Elaboración propia.

- 3) **Porcentaje de ahorro de tiempo respecto a otros Ironmans internacionales:** en el caso de que se implementase el RFID en Ironman España, se podría comparar con otras competiciones internacionales de la franquicia para poder observar si la gestión con esta tecnología es mejor que la gestión en otros triatlones con el método tradicional. Esta comparación se haría por cada proceso descrito anteriormente, para poder observar las diferencias de tiempo con cada región del mundo.

$$\frac{\text{tiempo dedicado en el proceso } x \text{ mediante RFID}}{\text{tiempo dedicado en el proceso } x \text{ método tradicional}}$$

Ecuación 10: Indicador del porcentaje de tiempo ahorrado mediante RFID respecto a otras competiciones internacionales de la franquicia. Fuente: Elaboración propia.

Futuras líneas de desarrollo

Como futuras líneas de investigación se proponen que el modelo presentado con tecnología RFID se llegue a utilizar en competiciones nacionales gestionadas por la Federación Española de Triatlón (FETRI) e incluso en competiciones élite internacionales de gran importancia como son las *World Triathlon Championship Series (WTCS)* o la *Super League Triathlon*.

Por otro lado, se podría desarrollar un chip más duradero para generar menos residuos por competición que se podría implementar en el mono de competición. Así, se seguiría manteniendo la comodidad a la hora de competir y asegurando un precio menor al que existe ahora mismo.

Finalmente, se podría dar el caso de que el propio usuario mediante una aplicación del móvil pueda configurar su participación con su etiqueta RFID para dicha competición, solo bastaría con vincular el número del dorsal con la pulsera RFID. De esta manera, el programador no se ocuparía de gestionar dicho proceso y podría dedicarse a otras labores ahorrando tiempo.

Conclusiones

Las conclusiones a las que se ha llegado es que se ha demostrado mediante cálculos simples el gran ahorro de tiempo y de dinero que supone implementar la tecnología RFID a los procesos más importantes dentro de un triatlón. En cuanto a la clasificación mediante el chip, se pueden dar dos casos, o que directamente Ironman gestionase por sí misma este proceso, lo cual es más barato, o las empresas dedicadas a ofrecer estos servicios se tengan que reinventar y otorgar mejores soluciones a cualquier administración gestora de triatlones que quiera dar las mejores soluciones a las necesidades de los triatletas que vayan a participar en dicho triatlón.

Se partía de la idea de incluir uno de los aspectos de la industria 4.0 en la gestión de eventos deportivos de gran escala al observar que existía una carencia en cuanto a la rapidez de los procesos, es decir, analizando detenidamente estos procesos que son los más importantes dentro de la gestión de triatlones con un volumen de participación altísimo, se llegó a la conclusión de que la tecnología RFID era la alternativa perfecta para poder agilizar todos estos procesos llegando incluso a ahorrar un gran porcentaje de costes. Lo único que quedaría es poder poner en práctica lo que se ha querido demostrar con el trabajo para que quede constancia de lo ventajoso que es utilizar dicha tecnología.

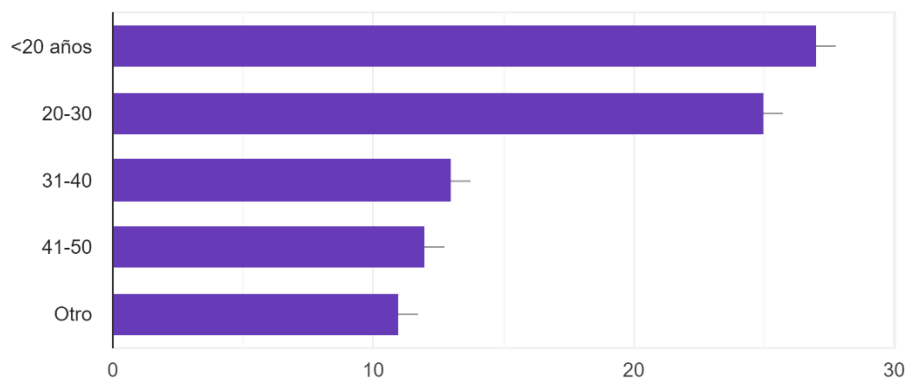
En cuanto a los cálculos, se ha demostrado que se puede minimizar en tiempo, dinero y personal en la gestión de los Ironmans que se celebran en España. Concretamente, todos los procesos presentan mejoras entre 60 y 98% en cuanto a ahorro en tiempo se refiere. Los costes de la implementación del RFID suponen un ahorro de 3347€ por competición, es decir, cerca de un 53% de ganancias. Por último, se puede minimizar los costes de personal al ahorrarse 3 personas en la gestión mediante RFID.

Anexo I

En este apartado se va a incluir el formulario con las preguntas realizadas y el porcentaje de las diversas respuestas que tiene cada cuestión. En total suman 88 respuestas de triatletas a nivel nacional. El formulario se ha realizado a través de Google Formularios.

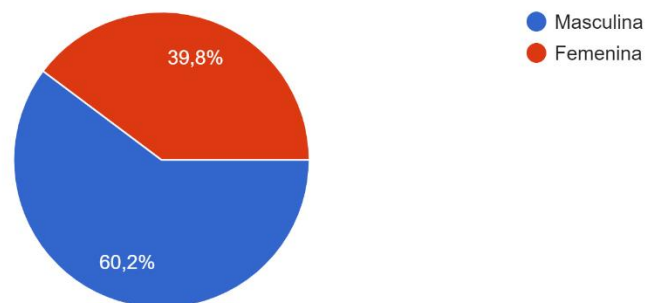
Edad

88 respuestas



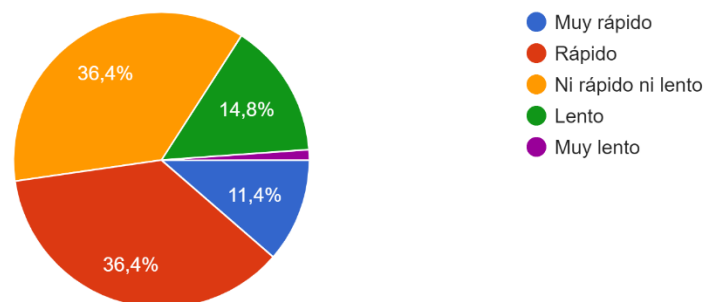
Categoría

88 respuestas



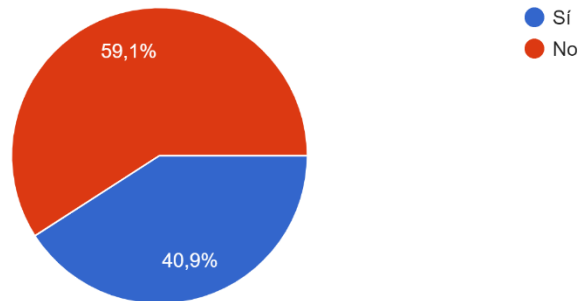
A la hora de entrar en boxes, ¿Cuánto de rápido crees que es el chequeo del material para entrar a boxes?

88 respuestas



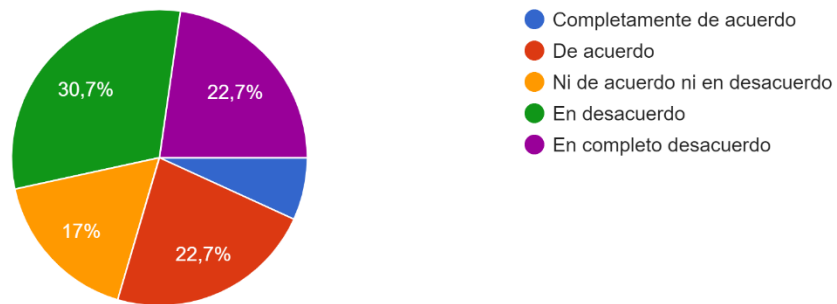
Respecto al uso del chip, ¿te ha perjudicado alguna vez al quitarte el neopreno y has perdido tiempo?

88 respuestas



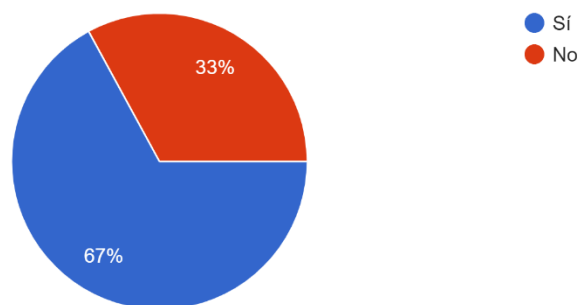
Respecto al uso del chip, ¿estás de acuerdo con que tienes que comprarte uno para poder competir en competiciones nacionales?

88 respuestas

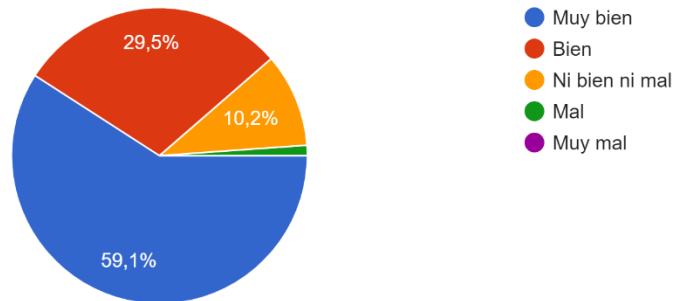


Respecto al uso del chip, ¿ te parece caro el chip para las competiciones nacionales?

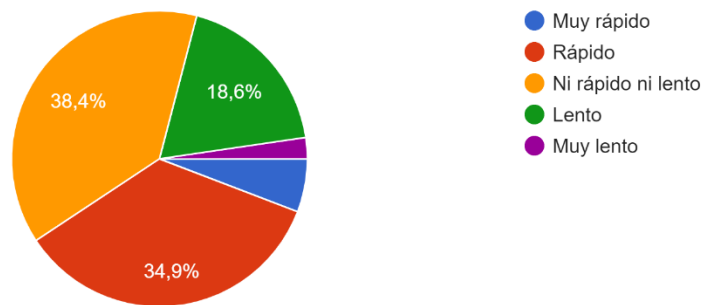
88 respuestas



Respecto al uso del chip, ¿Cómo verías el uso de un chip más pequeño y colocado en otra zona del cuerpo para que molestase menos? Este chip se ent...triatlón para un uso único en dicha competición.
88 respuestas



A la hora de retirar el material de boxes, ¿Cuánto de rápido es piensas que es este proceso?
86 respuestas



Bibliografía

- Etiden. (s.f.). *Etiden*. Obtenido de https://www.etiden.com/ES/zebra-rfd2000-rfid-uhf-2686.html?gclid=CjwKCAjw64eJBhAGEiwABr9o2ATJUn_Pvh5qSMnlrzed5Kor82lOij8kleK3RmC8lCVjOyEd-KufpRoCaywQAvD_BwE
- Etiquetas Deikast. (s.f.). *Etiquetas Deikast*. Obtenido de <https://www.etiquetasdeikast.es/pulsera-Tyvek-con-etiqueta-rfid>
- Huidobro, J. M. (2010). La tecnología RFID. *AUTORES CIENTÍFICO-TÉCNICOS Y ACADÉMICOS*, 37-46.
- jmband. (s.f.). *jmband*. Obtenido de <https://jmband.es/rfid-pulseras/239-pulseras-de-papel-rfid.html>
- Pérez, P. Z. (15 de 07 de 2021). ¿Cómo se gestiona un Ironman en España? (Á. C. García-Salguero, Entrevistador)
- The IRONMAN Group. (s.f.). *Ironman*. Obtenido de <https://www.ironman.com/about-ironman-group>
- theRFIDstore. (s.f.). *theRFIDstore*. Obtenido de <https://www.therfidstore.eu/en/rain-uhf-rfid-reader/1806-uhf-r2-bluetooth-portable-terminal-r2ble.html>
- Triatlonnoticias. (28 de Mayo de 2021). *triatlonnoticias.com*. Obtenido de <https://www.triatlonnoticias.com/noticias-triatlon/calendario-ironman-espana-2021/>