

Prototipo de plantilla con sensor para monitoreo y evaluación de entrenamiento para marcha atlética

Trabajo Terminal 2020-A123

Alumnos: Fonseca Mira, Daniel Esteban; Ramirez García, Raúl Eduardo

*Directores: Cruz Torres, Benjamín; Linares Vallejo, Erick Eugenio
protocolomarcha.atletica@gmail.com*

Resumen. – Este proyecto tiene como fin realizar un prototipo de plantilla de sensado para calzado deportivo, usando un sensor capacitivo, el cual, por medio de la presión y sincronización paralela en ambos pies, ayudará a deportistas de marcha atlética de 16 años en adelante a mejorar y valorar su técnica de marcha. Asimismo, asegurará, según las reglas del deporte, que al menos un pie se encuentre siempre pisando el suelo, y almacenará los datos cada vez que se cometa una falta reglamentaria, con la finalidad de calificar y evaluar su desempeño en cada entrenamiento.

Palabras clave. – Marcha atlética, sensor capacitivo, sincronización paralela, monitoreo, tiempo real.

1. Introducción

El uso de la tecnología en los deportes es un campo de estudio muy amplio que permite notables mejoras en diversos aspectos, como el desempeño personal de los deportistas, las reglas de juego o los intereses económicos de las instituciones, por lo que la innovación es una pieza fundamental para el desarrollo del deporte moderno.

La marcha atlética es una disciplina del atletismo que fue incluida en el calendario olímpico en 1908, en la categoría masculina, posteriormente en 1992 se incluiría la femenina. Su técnica consiste en ejecutar una progresión de pasos de modo que el atleta mantenga siempre al menos un pie en contacto con el suelo, evitando que ambos pies estén flotando al mismo tiempo. La pierna que avanza debe de estar recta (no se puede doblar por la rodilla), desde el primer contacto con la tierra hasta que se halle en posición vertical [1].

Al ser un deporte con más de 100 años de antigüedad, es importante crear un mecanismo que le permita a los marchadores reconocer si su técnica es la correcta, a los jueces saber si no se está haciendo trampa. Además, la importancia de registrar tanto la distancia como el tiempo recorridos por el atleta durante su entrenamiento radica en que ayudará a saber a partir de qué punto ya está cansado, para conocer de qué manera esto repercute en el número de faltas que comete.

2. Objetivo

Realizar un prototipo de plantilla de calzado deportivo que ayude a atletas, específicamente de marcha atlética, a mejorar su técnica, evaluando el desempeño durante su entrenamiento, y considerando factores como tiempo de recorrido, distancia y faltas reglamentarias cometidas.

2.1. Objetivos específicos

- Investigar los elementos y reglas de la marcha atlética, para conocer los lineamientos en los que se basan los jueces para calificar a un atleta.
- Identificar los componentes en los sistemas sensores de presión, detallando su funcionamiento y aplicación.

- Explicar las normas de ejecución que un atleta debe seguir para realizar debidamente la técnica de marcha y así poder sentir su desarrollo.
- Determinar la distancia recorrida y el tiempo a partir del cual el atleta comienza a cometer faltas regulares.

3. Planteamiento del problema

Con el paso del tiempo, las disciplinas deportivas han ido adoptando las tecnologías actuales para facilitar y mejorar el desempeño de los atletas, creando inventos que van desde modelos de ropa deportiva y materiales de fabricación, hasta instrumentos de medición que sirven para evaluar los entrenamientos o para facilitar a los jueces la decisión de una calificación o de una sanción en alguna disciplina; como ocurre en las competencias de atletismo en donde se ocupan cámaras de respuesta rápida para identificar quién cruza la meta cuando el ojo humano no es capaz de notar la diferencia.

A pesar de esto, la marcha atlética no ha tenido como tal la inclusión de un avance tecnológico que le permita una mejora sustancial, situación que tendría que corregirse, tanto para mejorar la técnica de los atletas como para brindarle a los jueces una herramienta que los ayude a identificar las faltas cometidas, pues actualmente el único recurso de evaluación que tienen es su visión y experiencia, dejando siempre un espacio abierto a la posibilidad de cometer un error humano [4].

4. Justificación

La falta de un instrumento de monitoreo que almacene datos durante una competencia ha provocado que se cometan descalificaciones por parte de los jueces. En México, por ejemplo, el caso más reconocido fue el de Bernardo Segura, quien durante los Juegos Olímpicos de Sídney del año 2000, cuando competía en la carrera de marcha de 20 km, cruzó la meta en primera posición y resultó descalificado por un juez mientras estaba siendo felicitado telefónicamente por el presidente de México. Posteriormente, las autoridades deportivas mexicanas levantaron una apelación a las autoridades olímpicas, pues no existía un antecedente de este hecho donde el juez aseguraba se había cometido una falta [5].

Como parte de la viabilidad, en un futuro el sistema podría no solo enfocarse en el entrenamiento, sino también, como parte una herramienta oficial que utilicen los jueces en la evaluación de las competencias. Así mismo, el proyecto en sí, es una métrica para los atletas y sus entrenadores, pues gracias a los resultados de los entrenamientos que realicen con nuestro prototipo podrán contar con valores reales y, proporcionarles una forma de medir su técnica de marcha antes y después de alguna carrera.

4.1. Métricas de calidad

Al comienzo de este protocolo, la idea aún se encuentra en la etapa de diseño, por lo cual carece de pruebas y rendimiento técnico. Las métricas que consideramos hasta el momento corresponden a la funcionalidad y el crecimiento de nuestro prototipo.

- Peso de la plantilla menor a 300 gr.
- Conexión paralela entre ambas plantillas con velocidad de transmisión de datos entre 0.5 y 1 segundos.
- Notificación para el usuario cuando no se estén leyendo datos durante una carrera.
- Fácil control de datos desde la interfaz de usuario.

- Resistencia en caso de golpes o caídas.

5. Estado del arte

La siguiente tabla muestra las diferentes características de proyectos similares al que se planea desarrollar, comparándolo con el nuestro (última fila):

Tabla 1. Resumen de productos similares.

Proyecto	Características			
	Tipo	S.O.	Funcionamiento	Métricas
Nike Run Club [6].	Aplicación móvil.	iOs, Android .	<ul style="list-style-type: none"> - No enfocada para atletas marchistas. - No cuenta con un sistema para censar las faltas. - Requiere de un celular con la aplicación, necesita de diversos dispositivos específicos, como pulseras, tenis de la marca, etc. - Permite crear un plan personalizado para cada usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contador de pasos. - Distancia: ubicación de recorrido por GPS. - Cronómetro. - Frecuencia cardíaca.
Adidas Runtastic Steps [7].	Aplicación móvil.	iOs, Android .	<ul style="list-style-type: none"> - Para uso casual con una sencilla interfaz. - No adecuada para atletas de un deporte específico. - Requiere un celular. - Amigable con el usuario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contador de pasos. - Acelerómetro: velocidad de carrera. - Distancia recorrida.
Pulsera inteligente Garmin Vivofit 2 [8].	Smartwatch, app móvil.	iOs, Android .	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere dispositivos externos para la app. - Precio muy elevado. - Al ser un dispositivo de muñeca, no puede registrar si un atleta comete una falta para la marcha atlética. - Aprende el nivel de actividad. Asigna una meta diaria. - Hecha para no tener que quitarse de la muñeca. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contador de pasos. - Contador de calorías. - Distancia con cronómetro de recorrido. - Monitorea el sueño.
Tenis Under	Calzado inteligente	N/D	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado precio además de estar limitados por la compatibilidad dada por la marca del 	<ul style="list-style-type: none"> - Contador de pasos.

Armour Hovr Infinite Run [9].	aplicado (HW).		tenis con la app. - Llamativo. Un poco más preciso que otras apps, ya que el tenis cuenta con sensores.	- Distancia recorrida, además de tiempo. - Pulsaciones.
Propuesta.	Aplicación de escritorio, plantilla (prototipo).	Windows 8.1, 10.	- Registra la distancia recorrida, el tiempo y la cantidad de veces en las que el atleta cometió una falta reglamentaria durante su entrenamiento. - No depende de un celular ni una app durante el entrenamiento. - Adecuada para deportistas de marcha atlética. - Posibilidad de convertirse en un futuro, en un instrumento oficial para calificar en las competencias.	- Oscilación vertical. - Contador de contacto con el suelo: sincronizado con ambos pies. - Distancia: de corrido. - Cronómetro. - Contador de faltas.

6. Productos o resultados esperados

A continuación, se describen los resultados esperados de nuestra plantilla.

- 1) Manual de usuario.
- 2) Reporte técnico.
- 3) Proyecto final: Una plantilla, elaborada con algún tipo de material flexible, con sensores de presión capacitivos (aún por especificar), que consisten en una membrana y una cavidad de presión para crear un condensador variable, que en conjunto, ayudarán al usuario a almacenar datos en el tiempo que dure su entrenamiento, tales como: distancia recorrida, tiempo de carrera, además del número total de faltas cometidas; con los cuales podrá analizar e interpretar posteriormente para evaluar él mismo su propio desarrollo como deportista.

El usuario podrá:

- Colocar o retirar la plantilla censadora en cualquier tipo de calzado deportivo de entre 23 y 28 cm de largo.
- Realizar actividades al aire libre, en días sin lluvia, preferentemente sobre una pista de atletismo, o en su defecto, en un piso de concreto firme y recto.
- Consultar sus resultados obtenidos en una computadora: distancia, tiempo con las faltas cometidas.
- Reiniciar los datos en cero para un nuevo entrenamiento cuando así lo desee.

El producto final del desarrollo tiene como modelo inicial el mostrado en la figura 1.

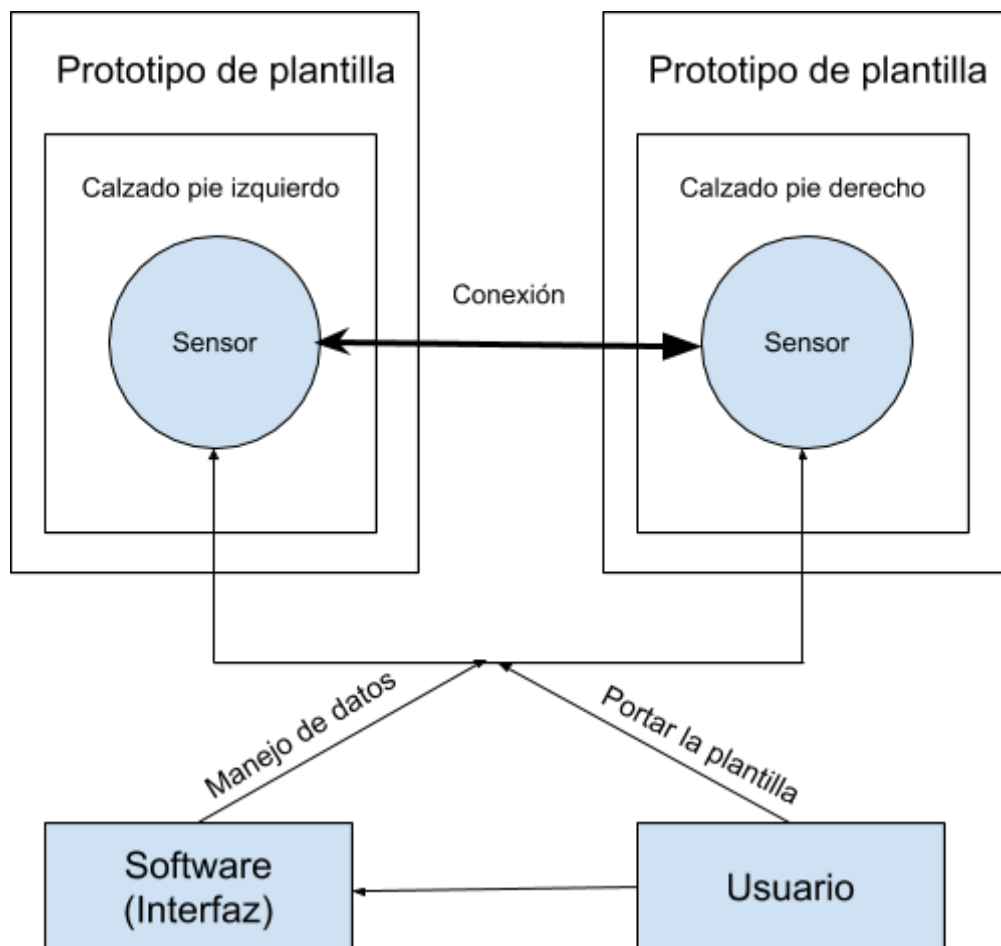


Figura 1. Bosquejo del modelo del prototipo.

El modelo describe la interacción del usuario con las plantillas, el cual debe colocarlas en su calzado y portarlas durante su entrenamiento. Una vez finalizado el entrenamiento, el software implementado para PC, le servirá al usuario para verificar los datos obtenidos.

A continuación, se muestra en la figura 2 el bosquejo inicial del modelo para el software; donde el usuario conectará nuestro prototipo a una computadora (por un medio aún por especificar). El software se encargará de detectar el dispositivo, leer y finalmente mostrar los datos de vuelta al usuario por medio de la pantalla.

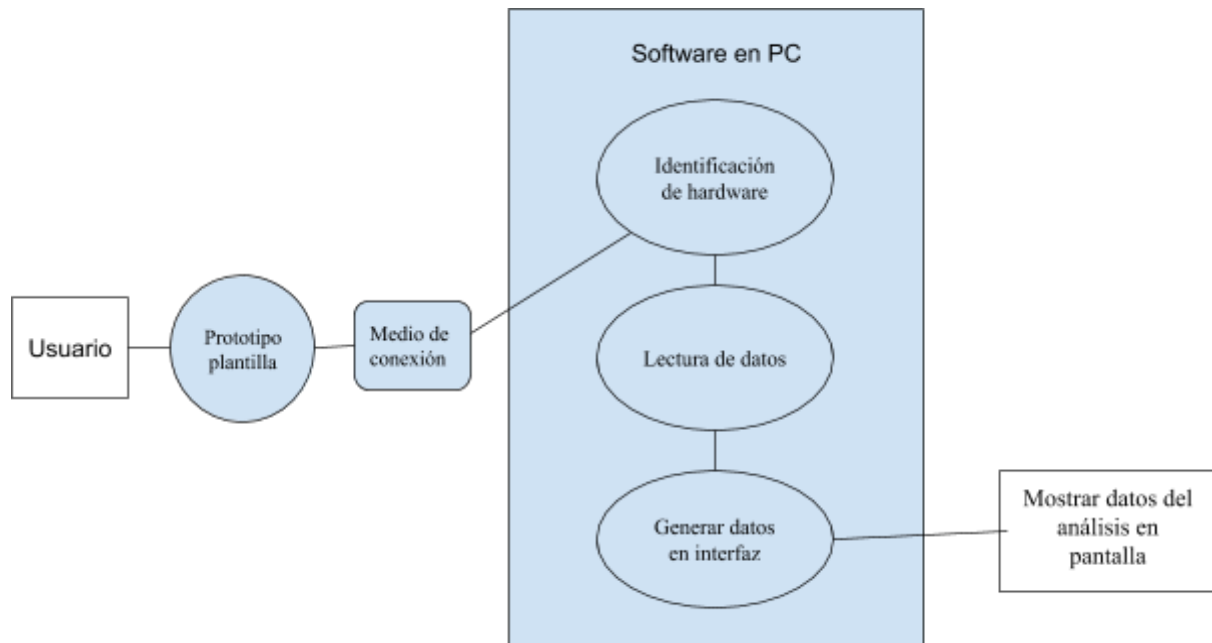


Figura 2. Bosquejo del modelo de software.

7. Metodología “Prototipado rápido”

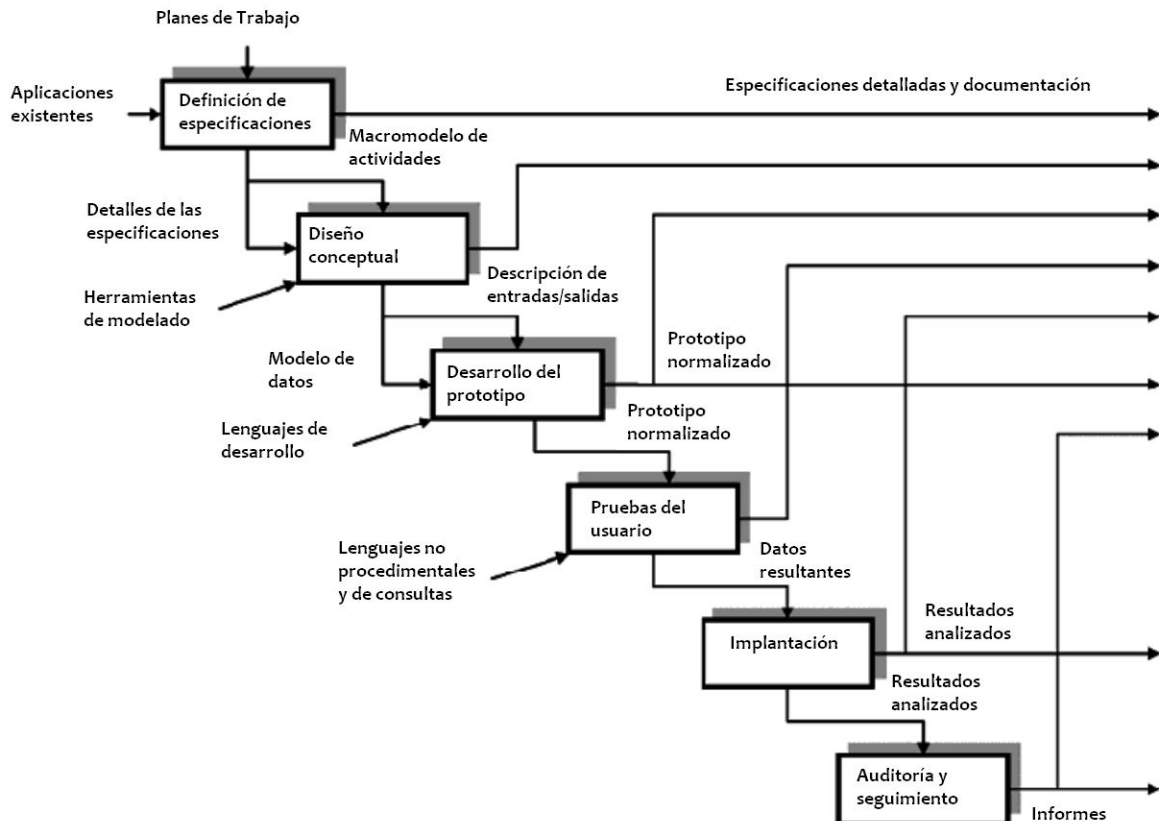
Con base en la forma en que se desarrollará el proyecto, la Metodología de Prototipado Rápido (MPR) es la que más se ajusta a las necesidades. Las razones que han llevado a la utilización de la misma son las siguientes:

- Se adapta perfectamente al contexto de trabajo, en el que los requisitos no están perfectamente claros al principio.
- La evolución cíclica del prototipo en la que se involucra al usuario en la mejora de la toma de requerimientos ayuda a obtener mejores versiones del prototipo que, finalmente, van a desembocar en la última aplicación.
- La captura de requisitos es más fácil en cada iteración debido a que puede usarse la versión actual del prototipo para concretarlos, simplificando de esta manera una de las etapas más críticas en la ingeniería del software.
- Se adapta a equipos de desarrollo reducidos y que cuentan con recursos limitados, como es el caso habitual en entornos académicos. Esto es debido a que permite la realización de las distintas fases de elaboración del producto final en pequeños incrementos, simplificando así la complejidad del proyecto [10].

7.1 Fases de la metodología

Las fases de la metodología elegida y sus características se describen en la Figura 2.

Figura 2. Fases de la Metodología de Prototipado Rápido (MPR).



- Definición de las especificaciones. Se realiza un plan de trabajo, tomando en cuenta aplicaciones existentes, por medio de especificaciones detalladas y documentación.
- Diseño conceptual. Por medio del detalle de las especificaciones y de herramientas de modelado, se realiza un diseño del prototipo con las características del mismo.
- Desarrollo del prototipo. Una vez hecho el diseño, se procede a usar un lenguaje de desarrollo para realizar el prototipo normalizado, que contendrá los elementos previamente previstos.
- Pruebas de usuario. Se realizan las pruebas necesarias del funcionamiento correcto del mismo.
- Implantación. Se analizan los resultados de las pruebas.
- Auditoría y seguimiento. Se generan informes finales para la documentación.

7.2 Justificación de la metodología

Consideramos que otras metodologías, como de espiral o cascada, no son muy útiles en sistemas embebidos, dado que este tipo de estructuras conllevan reiniciar frecuentemente el enfoque e ir haciendo crecer el proyecto poco a poco. En un sistema de hardware, se requiere crear una estructura precisa, para rediseñar el prototipo la menor cantidad de veces posible.

Por tal motivo, la metodología de prototipado rápido ha sido especialmente pensada para este tipo de proyectos, el cual se estructura una parte de diseño, análisis y una de fabricación.

8. Cronograma

Nombre del Alumno:		Ramírez García Raúl Eduardo				TT No.:		2020-A123					
Prototipo de plantilla con sensor piezoeléctrico para monitoreo y evaluación de marcha atlética													
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES													
ACTIVIDAD	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio		
PLANEACIÓN													
Análisis del problema													
Determinación de los objetivos													
Entrevistas													
Requerimientos funcionales													
ANÁLISIS DE RIESGOS Y DISEÑO													
Identificación de riesgos													
Resolución de riesgos													
Diagramas de clases													
Casos de uso													
Diseño de pantallas													
Elaboración de reporte técnico													
Evaluación TT1													
INGENIERÍA													
Correcciones generales													
Aplicación de correcciones													
Codificación del sistema													
Prototipo I													
Correcciones al sistema y documentación													
Prototipo II													
Correcciones generales													
EVALUACIÓN													
Pruebas													
Correcciones generales													
Pruebas													
Correcciones generales													
Elaboración de reporte técnico													
Elaboración de manual de usuario													
Evaluación TT2													

Figura 3. Cronograma de actividades de Raúl.

Nombre del Alumno:		Fonseca Mira Daniel Esteban				TT No.:		2020-A123			
Prototipo de plantilla con sensor piezoeléctrico para monitoreo y evaluación de marcha atlética											
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES											
ACTIVIDAD	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
PLANEACIÓN											
Análisis del problema											
Determinación de los objetivos											
Entrevistas											
Requerimientos funcionales											
ANÁLISIS DE RIESGOS Y DISEÑO											
Identificación de riesgos											
Resolución de riesgos											
Diagramas de clases											
Casos de uso											
Diseño de pantallas											
Elaboración de reporte técnico											
Evaluación TT1											
INGENIERÍA											
Correcciones generales											
Aplicación de correcciones											
Codificación del sistema											
Prototipo I											
Correcciones al sistema y documentación											
Prototipo II											
Correcciones generales											
EVALUACIÓN											
Pruebas											
Correcciones generales											
Pruebas											
Correcciones generales											
Elaboración de reporte técnico											
Elaboración de manual de usuario											
Evaluación TT2											

Figura 4. Cronograma de actividades de Esteban.

8.1 Fases del cronograma

- Análisis del problema. Se definirá la naturaleza, el alcance, las causas o las consecuencias específicos del tema para determinar el mejor modo de abordar esa cuestión, además de que puede cambiarse.
- Determinación de los objetivos. En esta fase se fijarán metas, tanto generales como específicas, para conocer qué se debe cumplir.
- Entrevistas. Una entrevista informativa, en la que el entrevistador obtendrá información sobre temas relacionados con la marcha atlética para así saber qué se puede mejorar o tomar en cuenta.
- Requerimientos funcionales. Son los requerimientos que tendrá una función del sistema de software o sus componentes. Un conjunto de entradas, comportamientos y salidas.
- Identificación de riesgos. Son los posibles contratiempos o daños que se pueden presentar a lo largo del trabajo terminal.
- Resolución de riesgos. Se resolverán los riesgos más inmediatos para evitar problemas posteriores. A lo largo del proyecto se resolverán los que surjan.
- Diagramas de clases. Es un tipo de diagrama que describe la estructura de un sistema mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones (o métodos), además de las relaciones entre los objetos.
- Casos de uso. Es una secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema.
- Diseño de pantallas. Es una delineación de las interfaces gráficas que se tendrán en el sistema mostradas al usuario.
- Evaluación TT1. Se hará la presentación correspondiente frente a directores y sinodales.
- Correcciones generales. Una vez anotados puntos y observaciones en la presentación, se procederá a identificar la solución, de manera general, de los más importantes.
- Aplicación de correcciones. Se aplicarán los resultados del punto anterior.
- Codificación del sistema. Se realizará el medio de comunicación del hardware con el software (aún por especificar).
- Prototipo I. Es el primer ejemplar que se realizará de la propuesta.
- Correcciones al sistema y documentación. En caso de hallar fallas, se procederá a sus correcciones.
- Prototipo II. Una vez corregidas, se hará un segundo prototipo con las mejoras finales.
- Evaluación TT2. Se llevará a cabo la evaluación final, mostrando el prototipo y sistema funcionando correctamente.

9. Referencias

- [1] Salom Iglesias, Julio. (2016). *Atletismo: Marcha*. [online]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/atletismoalgomasqueundeporte/diferentes-disciplinas/marcha>
- [2] Vélez, Ana Cristina. (2018). *Producción ácido láctico y dolor muscular en el entrenamiento*. [online]. Disponible en: <https://www.acidolactico.org/>

- [3] Flores Mendoza, Gabriela “La Bolsa del Corredor (LBDC)”. (2019). *Ácido Láctico en el deporte. ¿Qué es y cómo afecta?* 10/04/2019, Disponible en: <https://www.sport.es/labolsadelcorredor/acido-lactico-en-deporte/>
- [4] Moreno Bravo, Cesar. “Federación Mexicana de Atletismo”. (Diciembre 2018). *Jueces de marcha atlética; normas*. Disponible en: https://www.fmaa.mx/ver_noticia.php?id_noticia=130202
- [5] Sebastián Piñera (Octubre 2000). *Bernardo Segura pierde el oro en los juegos olímpicos [online]*. Disponible en: <https://www.emol.com/noticias/deportes/2000/10/06/34618/sydney-2000-segura-ya-no-es-heroe.html>
- [6] Nike (2019). *Nike+ Rune Club [online]*. Disponible en: https://www.nike.com/mx/es_la/c/running/nike-run-club
- [7] Adidas Runtastic Team (2017). *La app ME se convierte en Steps: Nueva app podómetro [online]*. Disponible en: <https://www.runtastic.com/blog/es/steps-app-podometro/>
- [8] Garmin (2017). *Manual del usuario de vivofit 2 [online]*. Disponible en: <https://www8.garmin.com/manuals/webhelp/vivofit2/ES-XM/GUID-48330A0B-5FB8-43B8-99B7-250ECB7181B.htm>
- [9] Under Armour (2019). *UA HOVR - Tennis para correr y entrenar [online]*. Disponible en: https://www.underarmour.com.mx/es-mx/tenis/hovr/?cid=PS|MX|PRO|gg|all|fw19-apex+rise_convert_search_brand|all|all|all|10142019|buentipo|6795267086|83697700007|390402381546|b|2Btenis&gclid=Cj0KCQjw0brtBRDOARIsANMDykb-woVGxyHfeFwIWQFiLmK_nKIVoVBataZDIEg7keaqxiRouOBwRi0aAmBWEALw_wcB
- [10] Dapena, Adriana. García Naya, José Antonio (Octubre 2010). *Fases de la Metodología de Prototipado Rápido (MPR) (Pressman, 2002)*. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fases-de-la-Metodologia-de-Prototipado-Rapido-MPR-Pressman-2002-Las_fig1_45513409

10. Alumnos y directores

Fonseca Mira, Daniel Esteban. Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2013630452 , Email: fonssek.mira@gmail.com, Teléfono: 0445548061449.

Firma: 

Ramírez García, Raúl Eduardo. Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2013630358, Email: rramirez.200794@gmail.com, Teléfono: 5545687066.

Firma: 

Cruz Torres, Benjamín. Doctor en Ciencias de la Computación, egresado del Instituto Politécnico Nacional - Centro de Investigación en Computación; M. en C. de la Computación, egresado del Instituto Politécnico Nacional - Centro de Investigación en Computación.

Áreas de interés: Inteligencia artificial, reconocimiento de patrones, bases de datos.

Oficina: 57296000 ext. 52032

Email: benji_slayer@hotmail.com

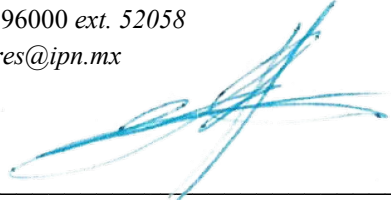
Firma: 

Linares Vallejo, Erick. Dr. en Ingeniería Eléctrica y Electrónica - University of Bristol 2019; M en C en Ingeniería Electrónica 2010; profesor de escom, departamento de sistemas computacionales desde 2010.

Áreas de interés: electrónica, mecánica automotriz, óptica, fotónica y electricidad.

Oficina: 57296000 ext. 52058

Email: elinares@ipn.mx

Firma: 

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II y
Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.