

# SMARTEX

## PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE PRENDAS INTELIGENTES BASADAS EN SENSORES Y ACTUADORES

Informe Final de Resultados

<b>Programa:</b>	PROMECE – PLAN DE ACTIVIDADES ORIENTADAS A LA MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL
<b>Expediente:</b>	IMAMCI/2015/1
<b>Fecha:</b>	30/DICIEMBRE/2015



# 1. MOTIVACIONES

En la actualidad hay una tendencia creciente a la aplicación de las nuevas tecnologías en desarrollo y materiales en los productos, integrando sistemas electrónicos que ofrezcan nuevos servicios y propiedades a los mismos. En el ámbito textil esta integración viene restringida por las propiedades de los materiales utilizados, específicamente las características de la superficie de los sustratos textiles y sus propiedades altamente flexibles. Esto genera una necesidad de adaptar los elementos electrónicos a este tipo de materiales, diseñándolos para que adquieran flexibilidad y sea posible desarrollar dispositivos electrónicos compatibles con los textiles.

Paralelamente a esto, el rápido crecimiento de las tecnologías móviles al igual que la cantidad de dispositivos ligados a ellas están potenciando la aparición de gran cantidad de productos sensorizados, ofreciendo a los consumidores diversos y novedosos servicios aprovechando las propiedades de los dispositivos móviles inteligentes. Con la aparición de los smartphones han surgido una serie de dispositivos inteligentes como son los llamados “wearable”. Estos dispositivos ofrecen funcionalidades extras a los usuarios basadas en una serie de sensores que recopilan datos continuamente. El reto de estos dispositivos es que se integren completamente en la indumentaria habitual de forma cómoda y no intrusiva. En este sentido los tejidos juegan un papel muy importante ya que ofrecen la posibilidad de que sea el sustrato donde se integren estos sensores o dispositivos inteligentes.

Otro aspecto a considerar es la rápida evolución de diferentes materiales conductores y semiconductores en el ámbito flexible conocido también por el término “printed electronics”. Los desarrollos de electrónica evolucionan hacia el empleo de sustratos más flexibles, que doten a los dispositivos de mayor naturalidad en su aspecto e interfaces. En este sentido los procesos de fabricación electrónica y en general la industria electrónica cada vez más está incorporando la posibilidad de adaptar electrónicas a sustratos flexibles mediante empleo de tintas conductoras, polímeros conductores flexibles,.. Estas nuevas tecnologías pueden ser aplicables a los tejidos pudiendo embeber unidades de control o sensores en los propios tejidos aportando un valor añadido.

A través del proyecto SMARTEX se ha investigado y desarrollado dispositivos electrónicos embebidos en textiles, específicamente sensores y actuadores mediante materiales conductores compatibles con los textiles. A lo largo del proyecto se ha estudiado, diseñado y desarrollado diferentes sensores y actuadores haciendo uso de tintas conductoras y electroluminiscentes

mediante serigrafía o hilos conductores mediante una máquina bordadora, superando las barreras actuales de las tecnologías para introducirlas en el sector textil gracias a la especialización sobre ellas.

Aprovechando el ascendente número de productos que hace uso de estas tecnologías y de la tendencia del mercado a desarrollar nuevos productos inteligentes incorporando sobre ellos nuevas tecnologías ligadas a las tecnologías de la información y comunicación, se conseguirán amplios conocimientos sobre la temática para ser capaces, gracias a las tecnologías estudiadas, desarrollar productos innovadores que compitan con el amplio número de productos existentes en el mercado.

En definitiva, el objetivo del proyecto es la investigación de tecnologías que permitan el desarrollo de dispositivos electrónicos textiles haciendo uso de materiales conductores e inteligentes, desarrollando una serie de sensores y actuadores sobre textiles que puedan ser integrados en multitud de campos

## 2. OBJETIVOS

Como objetivos del proyecto se estableció el desarrollo diferentes prototipos haciendo uso de diferentes tecnologías que permitan realizar tejidos inteligentes para evitar que el sector textil se quede fuera de esta nueva tendencia y pueda hacer frente a sus competidores. Todos ellos estarán relacionados con el diseño y desarrollo de tejidos con propiedades inteligentes, investigando las limitaciones y alcance de las tecnologías para descubrir el potencial del sector.

Se espera que las tecnologías estudiadas permitan desarrollar bienes de consumo personalizados relacionados con las tecnologías de la información y comunicación que estén ligados a la vivienda y su entorno para ofrecer a los usuarios nuevos servicios que mejoren su calidad de vida enfocados a las necesidades individuales de los clientes y que por tanto aporten valor añadido a los productos.

Para ello se han seleccionado diferentes tecnologías de desarrollo de textiles inteligentes siendo estas muy versátiles, de forma que permitan dotar de capacidades especiales a los tejidos. Este tipo de características se obtienen gracias a una correcta selección de los materiales, siendo necesario integrarlos completamente en la prenda para obtener resultados de utilidad. Entre los materiales disponibles los más importantes son aquellos que permiten al tejido conducir electricidad por el de sus zonas y mediante los que es posible transmitir energía para alimentar ciertos dispositivos y los datos captados por ellos.

### 3. TECNOLOGIAS

Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Alternativamente, Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas. También suele referirse como el internet de todas las cosas o internet en las cosas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas de radio, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos.

El internet de las cosas debería codificar de 50 a 100.000 millones de objetos y seguir el movimiento de estos; se calcula que todo ser humano está rodeado de por lo menos 1.000 a 5.000 objetos. Según la empresa Gartner, en 2020 habrá en el mundo aproximadamente 26 mil millones de dispositivos con un sistema de adaptación al internet de las cosas. Abi Research, por otro lado, asegura que para el mismo año existirán 30 mil millones de dispositivos inalámbricos conectados al Internet. Con la próxima generación de aplicaciones de Internet (protocolo IPv6) se podrían identificar todos los objetos, algo que no se podía hacer con IPv4. Este sistema sería capaz de identificar instantáneamente por medio de un código a cualquier tipo de objeto.

Las tintas conductoras son tintas que resultan en un objeto impreso que conduce la electricidad. Estas tintas se pueden clasificar como sistemas de alto contenido de sólidos disparados o sistemas de película gruesa de polímero (PTF), que permiten a los circuitos se pueden extraer o imprimir en una variedad de materiales de sustrato, tales como poliéster para papel. Estos tipos de tintas generalmente contienen materiales conductores, tales como plata en polvo o en copos y materiales similares al carbono, aunque la conducción polimérica también se conoce.

Las tintas conductivas pueden ser una forma más económica de posar trazos conductores modernos, cuando se compara con los estándares industriales tradicionales, como el grabado de cobre (etching copper) a partir de sustratos de recubiertos de cobre (copper plated substrates), para formar las mismas trazas conductoras sobre soportes relevantes, ya que la impresión es un proceso puramente aditivo que produce poca o ningún flujo de residuos, que luego tienen que ser recuperados o tratados.

## 4. TAREAS LLEVADAS A CABO

Las tareas llevadas a cabo en el presente proyecto se han focalizado en cinco desarrollos principales:

- Aplicación de la tecnología de electroluminiscencia, donde se han analizado las diferentes alternativas empleadas actualmente sobre sustratos plásticos aplicables a textil. Para ello se ha estudiado los diferentes materiales y procesos de fabricación empleados. También se ha caracterizado fundamento físico-químico y la influencia que tiene las variaciones de voltajes y frecuencia.
- Análisis de sensores empleados para la detección de obstáculos empleando tecnología de visión artificial. También se han contemplado aspectos como el procesado de imágenes para asegurar una rapidez y autonomía en el sistema.
- Desarrollo empleando tecnología de movimiento y transmisión mediante bluetooth. Este tipo de solución ofrece gran cantidad de aplicaciones para monitorizar actividad de usuarios desde frecuencia de paso, a porcentaje de tiempo que una persona está en reposo o niveles de movilidad de extremidades.
- Desarrollo de un sensor que no incorpore batería empleando tecnología RFID. Para ello es necesario la selección de sensores de mínimo consumo.
- Soluciones de localización de usuarios. Para ello se plantea una electrónica con GPS que sea autosuficiente desde el punto de vista de envío de datos y tecnologías Beacons para tracking en espacios cerrados.

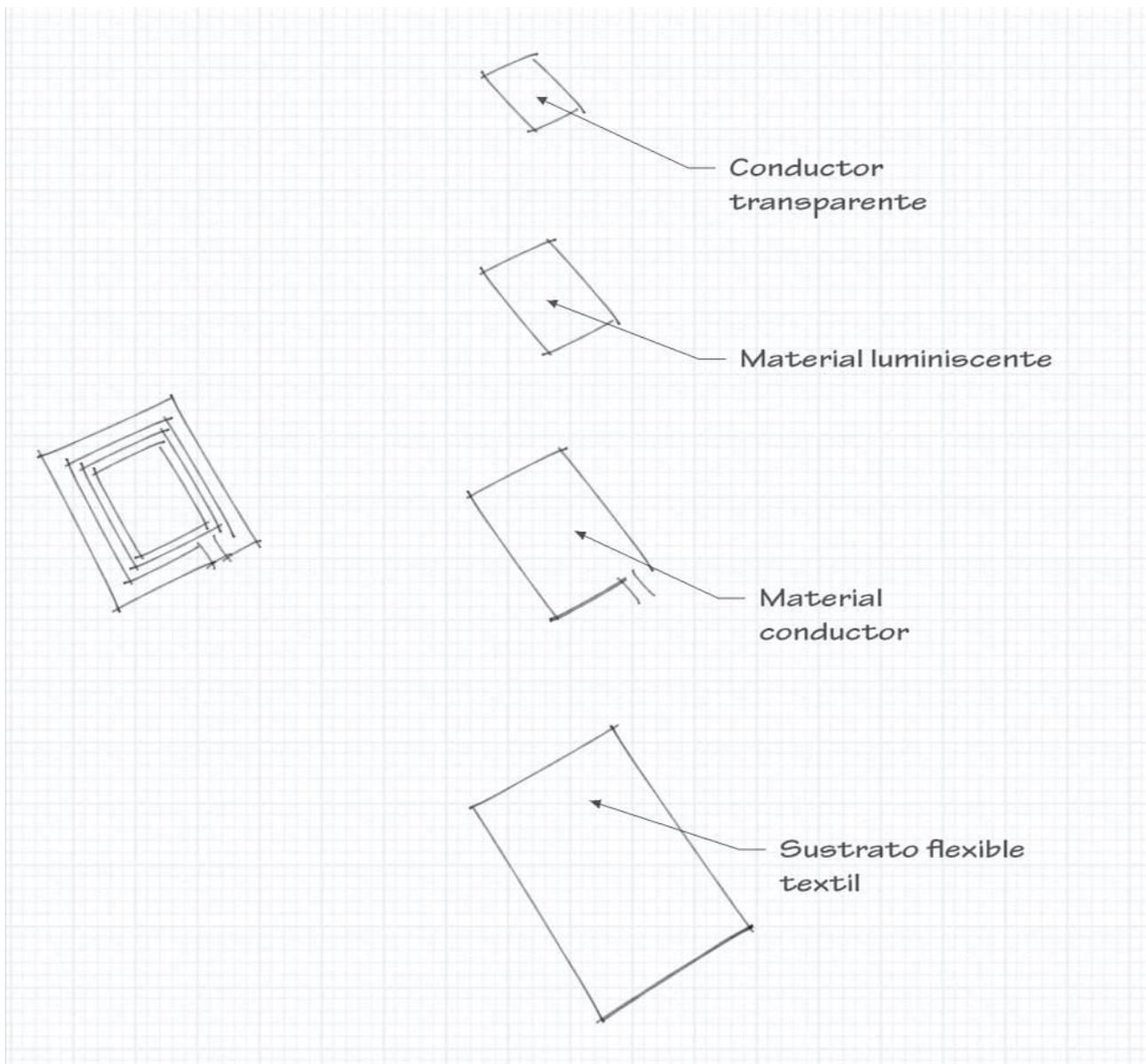
Para cada desarrollo se ha considerado una implementación software que permita gestionar las variables en cada caso, teniendo en cuenta aspectos más técnicos, como puedan ser protocolos de comunicaciones o frecuencia de envío de datos.

### 4.1. Diseño

Durante la fase de diseño se han definido los requerimientos de los diferentes desarrollos de la siguiente forma.

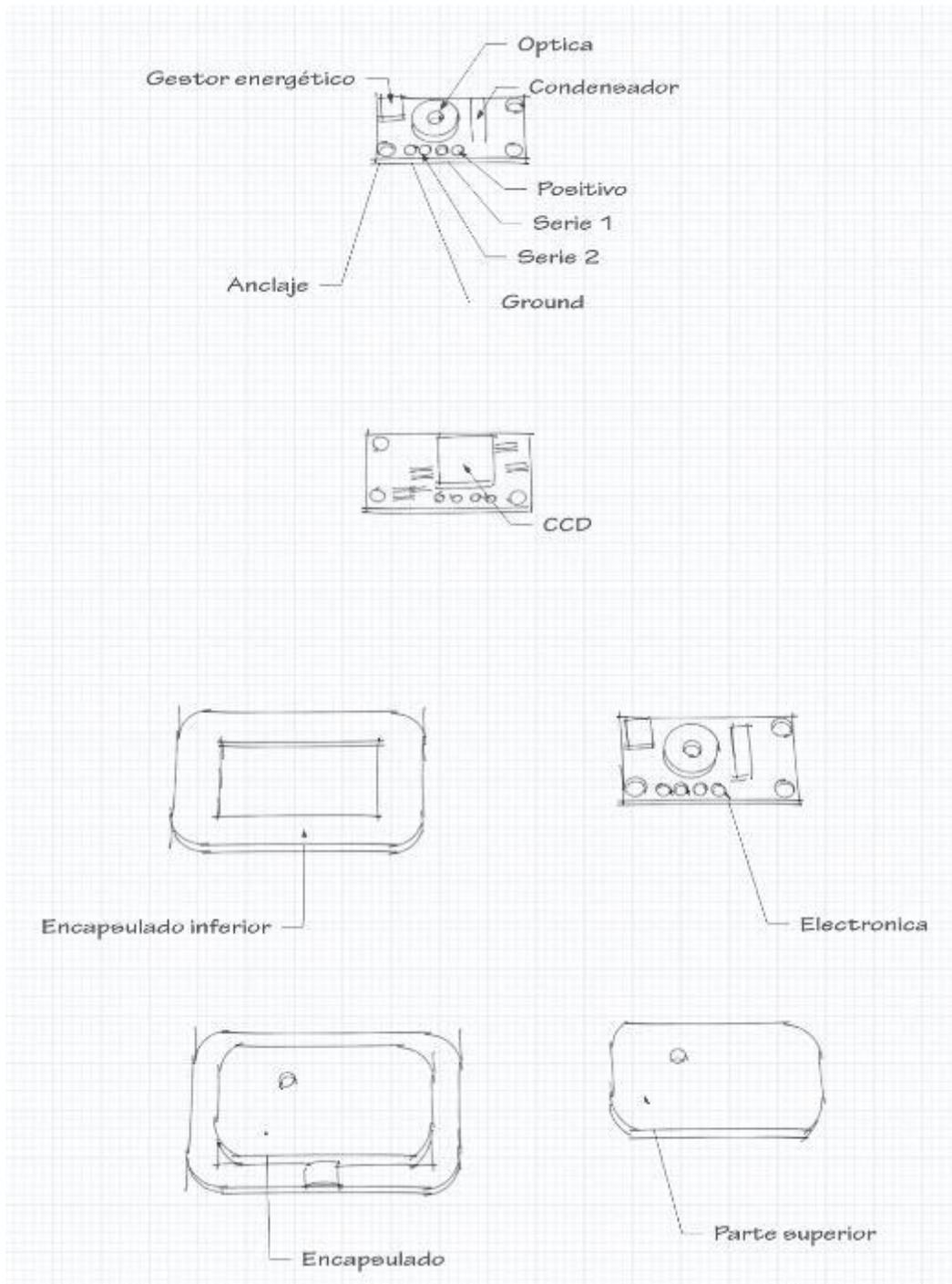
### 4.1.1. Pantalla electroluminiscente

Para las pantallas electroluminiscentes se realizará un sándwich donde la capa inferior y superior se realizará con materiales conductores para que trabajen como electrodos y en la parte central se ubicará el material polimérico de tipo fósforo. Se realizarán varios diseños empleando esta estructura para obtener las pantallas.



## 4.1.2. Sensor visión artificial para detección obstáculos

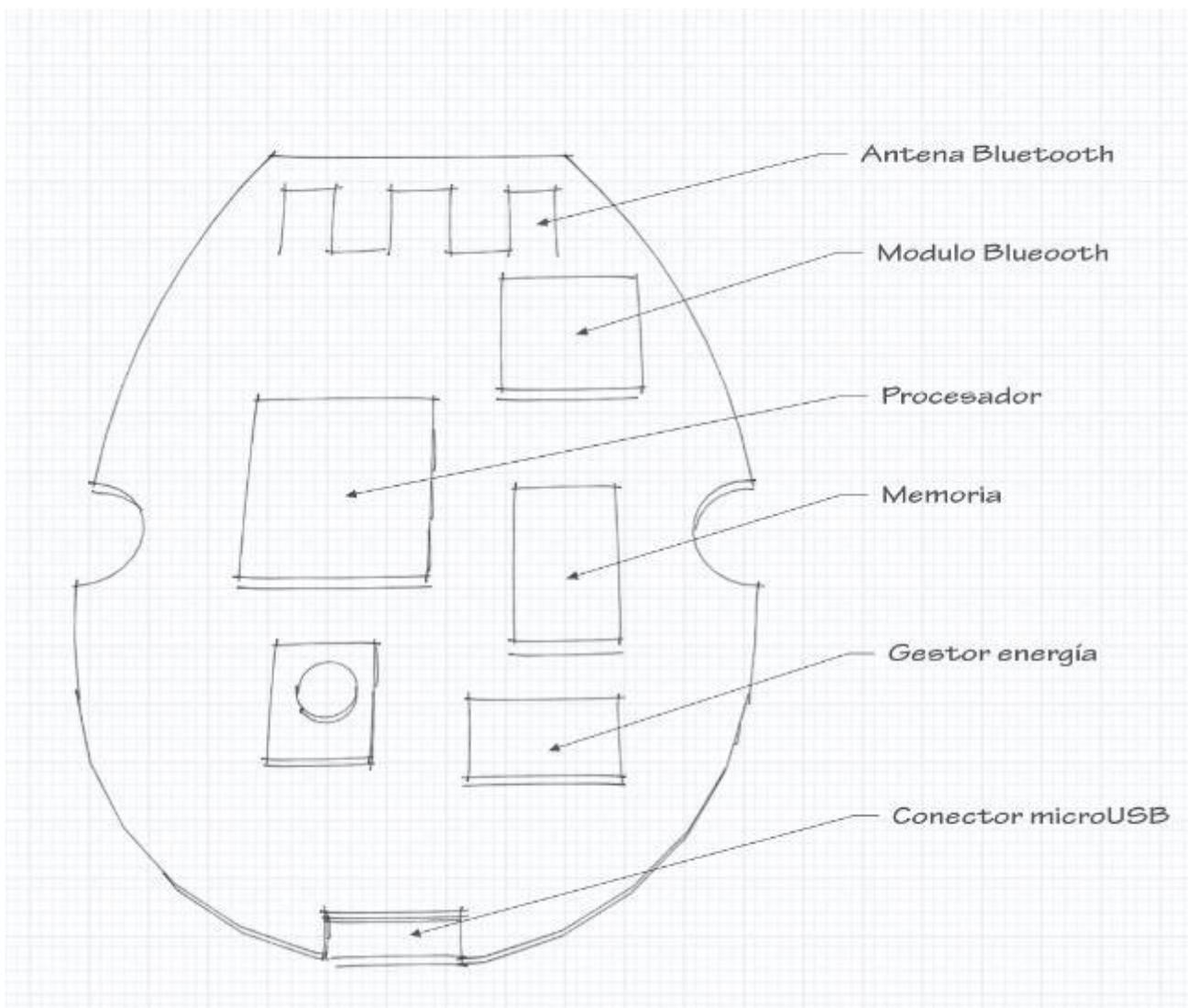
El sensor de visión artificial ha sido concebido mediante la incorporación de un visor de tipo CCD que permite recoger imágenes periódicamente. Con el fin de minimizar la electrónica se plantea que el sensor reciba la alimentación de forma remota mediante el empleo de hilos conductores.



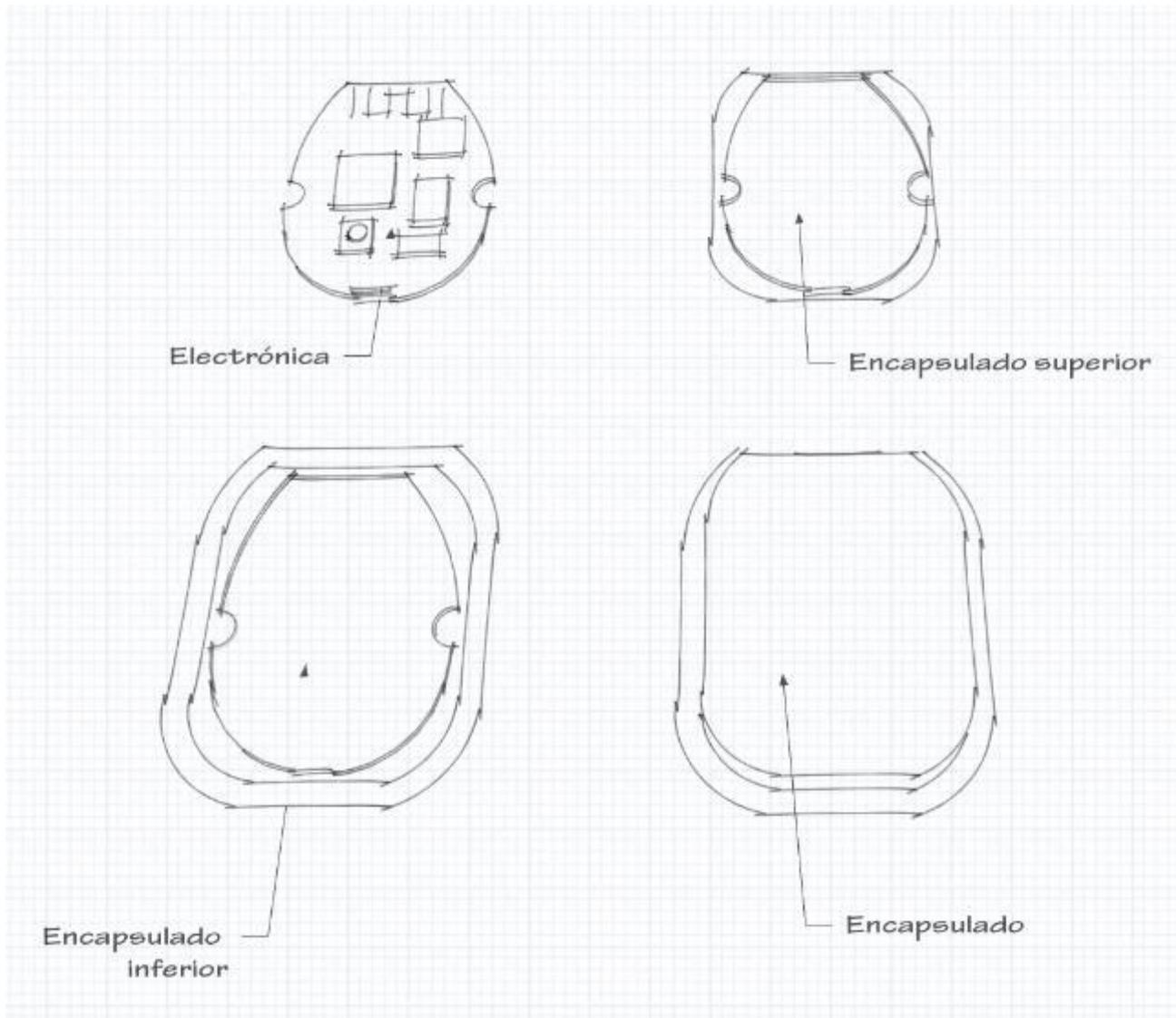
### 4.1.3. Sensor movimiento

Para el sensor de movimiento considerado es un sensor de 9 ejes que permite información proveniente de acelerómetro, giróscopo y magnetómetro. La información debe ser almacenada en una memoria intermedia a modo de caché. Para el envío de datos se considera emplear un módulo de bluetooth que permita enviar datos a dispositivo móvil Android.

Como interfaces externos se considera un botón de encendido y apagado en la parte superior y un conector usb para carga de dispositivo.



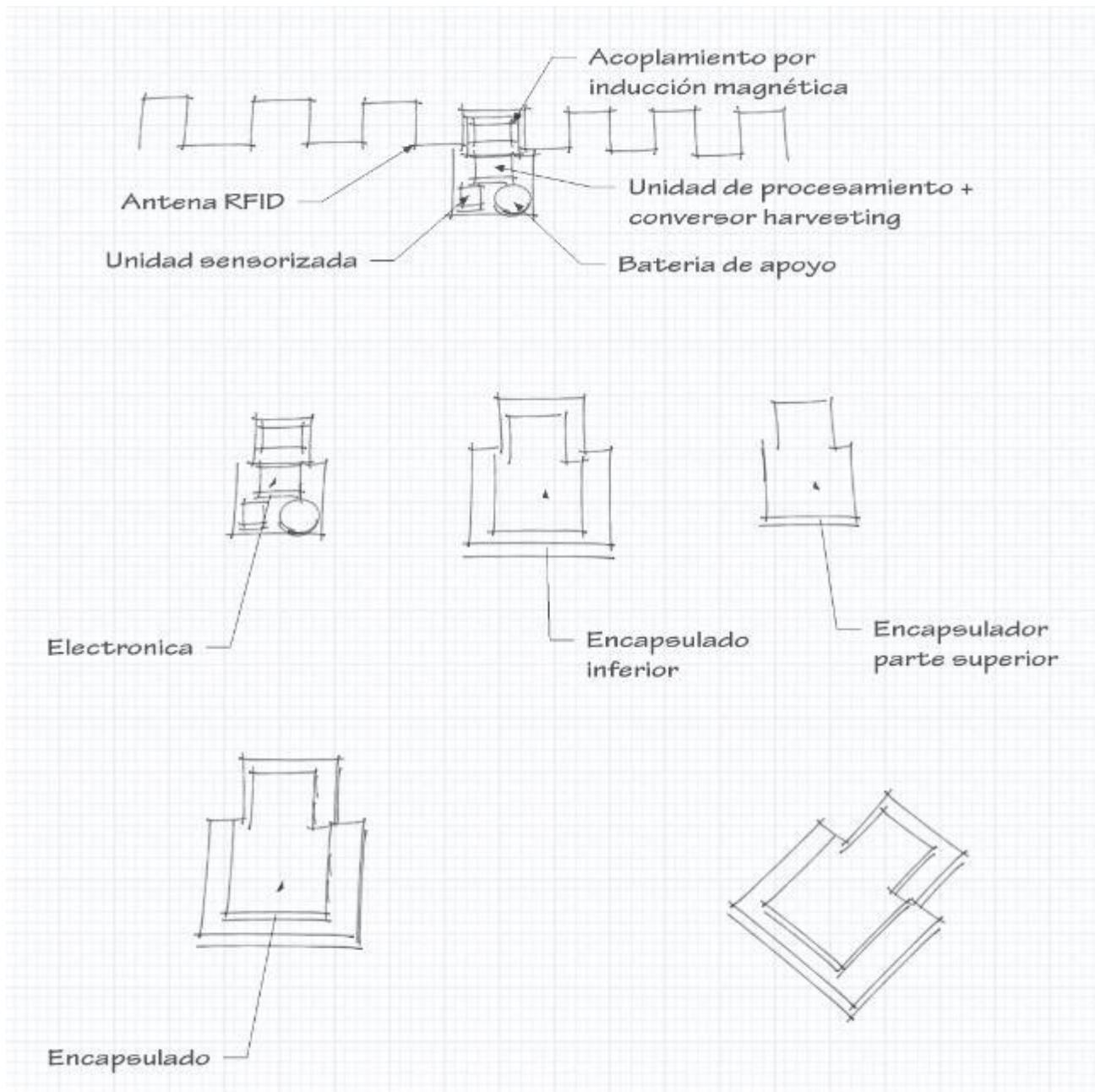
Para la protección de la electrónica e integración en prenda se plantea un encapsulado de dos piezas que permita embeber la electrónica.



El encapsulado se realizará mediante material flexible que permita ser cosido sobre prenda y al mismo tiempo le dé elasticidad para una mayor comodidad por parte del usuario final.

### 4.1.4. Sensor corporal

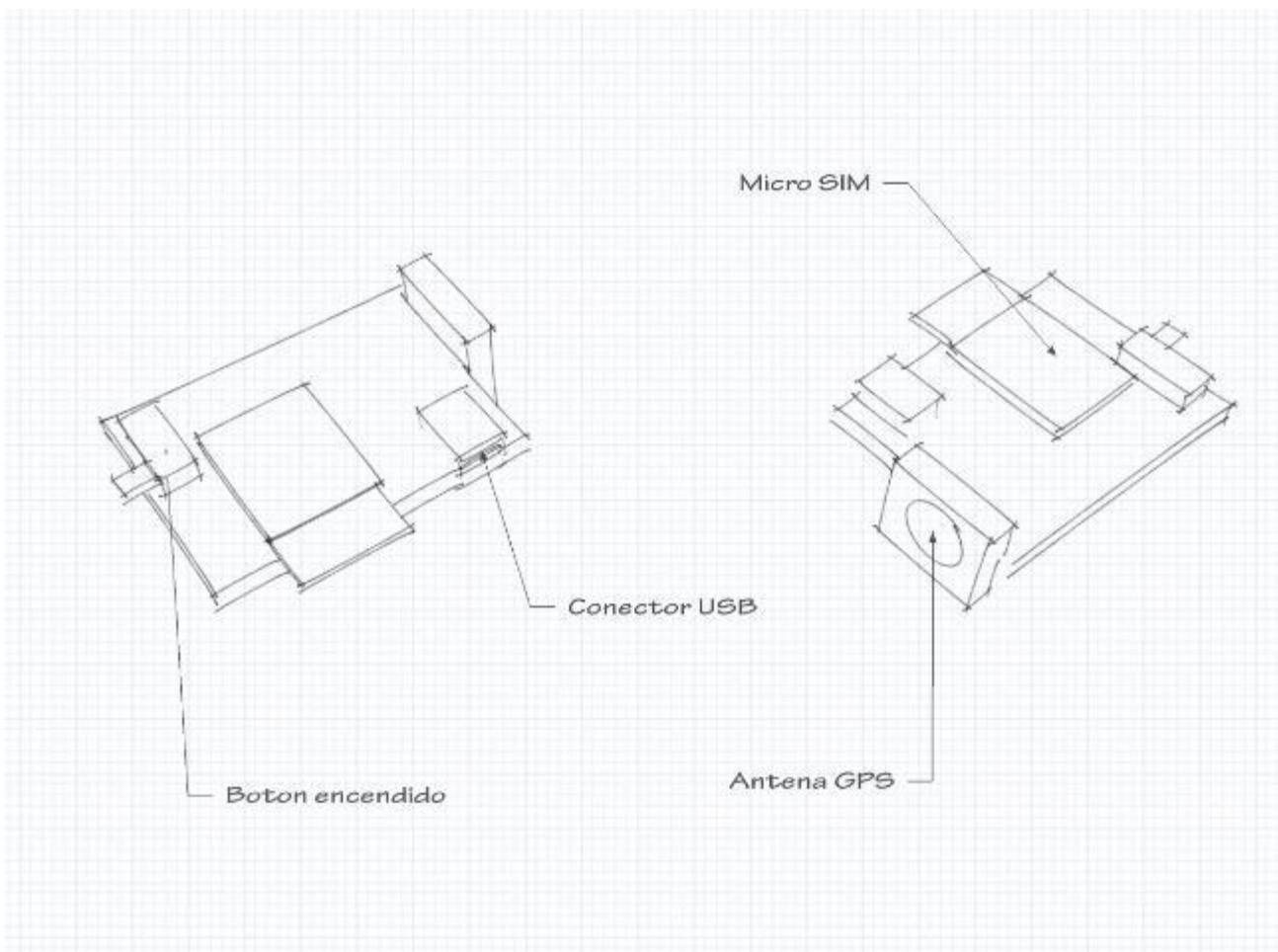
Como sensor corporal se considera el empleo de tecnología RFID para el envío de datos y gestión energética para la transmisión de datos. Con el fin de facilitar mediciones periódicas de sensores como temperatura, humedad y movimiento se incluye un sistema de registro de datos que funcione con una pequeña batería. Esto permitirá que aunque no exista un campo de radiación RFID próximo puedan registrarse las mediciones de los sensores de forma periódica.



### 4.1.5. Sensor posicionamiento

El sensor de posicionamiento se concibe como un dispositivo que permite registrar posición GPS de forma periódica. Adicionalmente se plantea incluir un sistema de envío de datos mediante tecnologías GSM.

En el siguiente boceto se incluyen los elementos básicos que contendrá el propio sensor. Cabe señalar que se ha remarcado aquellos elementos que permiten interactuar con el sensor con el fin de evaluar los interfaces más adecuados para ser integrados en prenda.



Se considera el empleo de una antena convencional GPS aunque sería posible también que la antena estuviera fuera de la electrónica posibilitando un mayor nivel de integración.

## 4.2. Desarrollo de prototipos

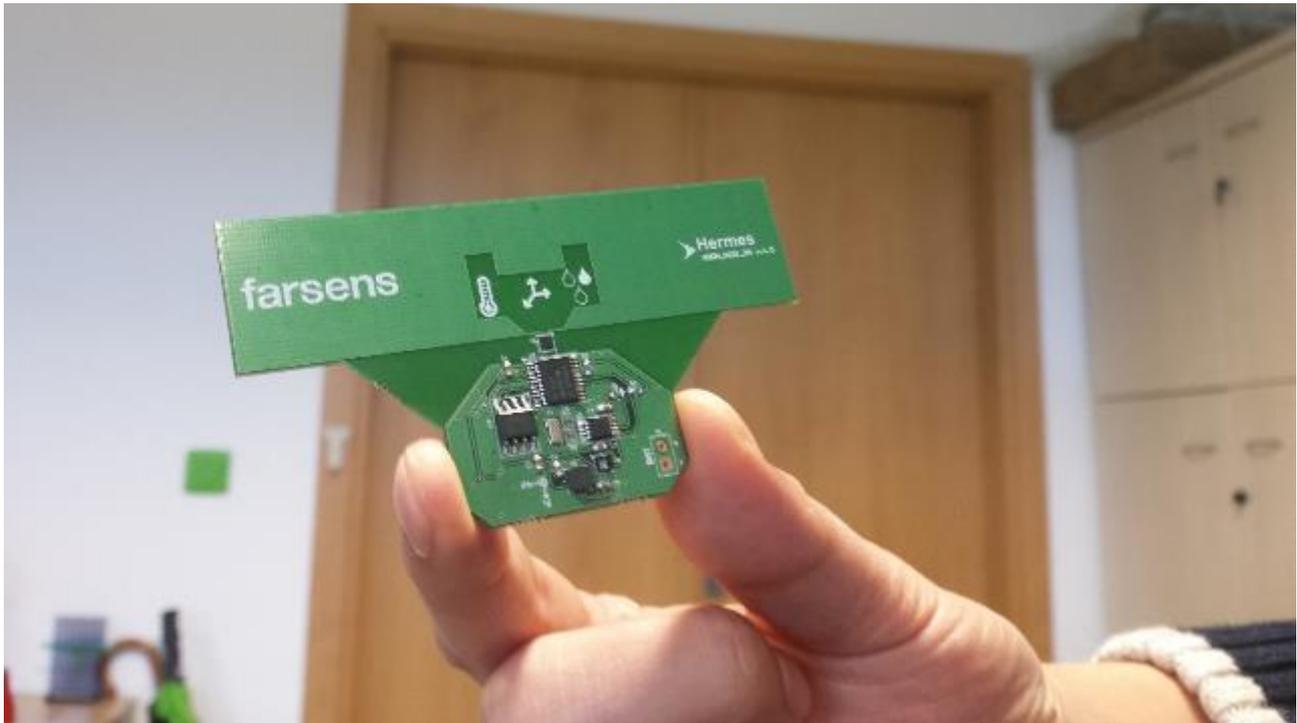
Durante la fase de desarrollo de prototipo se han establecido las funcionalidades y se han desarrollado prototipos demostradores para evaluar el funcionamiento de las tecnologías seleccionadas.

### 4.2.1. Prototipo monitorización corporal

El prototipo final del sistema de monitorización corporal se basará en la integración del sensor RFID en prenda. Para ello se ha considerado el emplear un encapsulado estanco que sea fácilmente colocable en prenda. Se buscará comodidad y una ubicación óptima para obtener unos valores adecuados.



El sensor trabajará de forma independiente obteniendo mediciones mediante los sensores. Únicamente cuando se encuentre cercano a la zona de lectura los datos serán volcados al sistema para su posterior análisis.



Se ha desarrollado una electrónica a medida que es alimentada de forma inalámbrica por RFID. Al activar la electrónica es capaz de activar un pequeño sensor de temperatura que registra el dato de temperatura y posteriormente es enviado el dato.

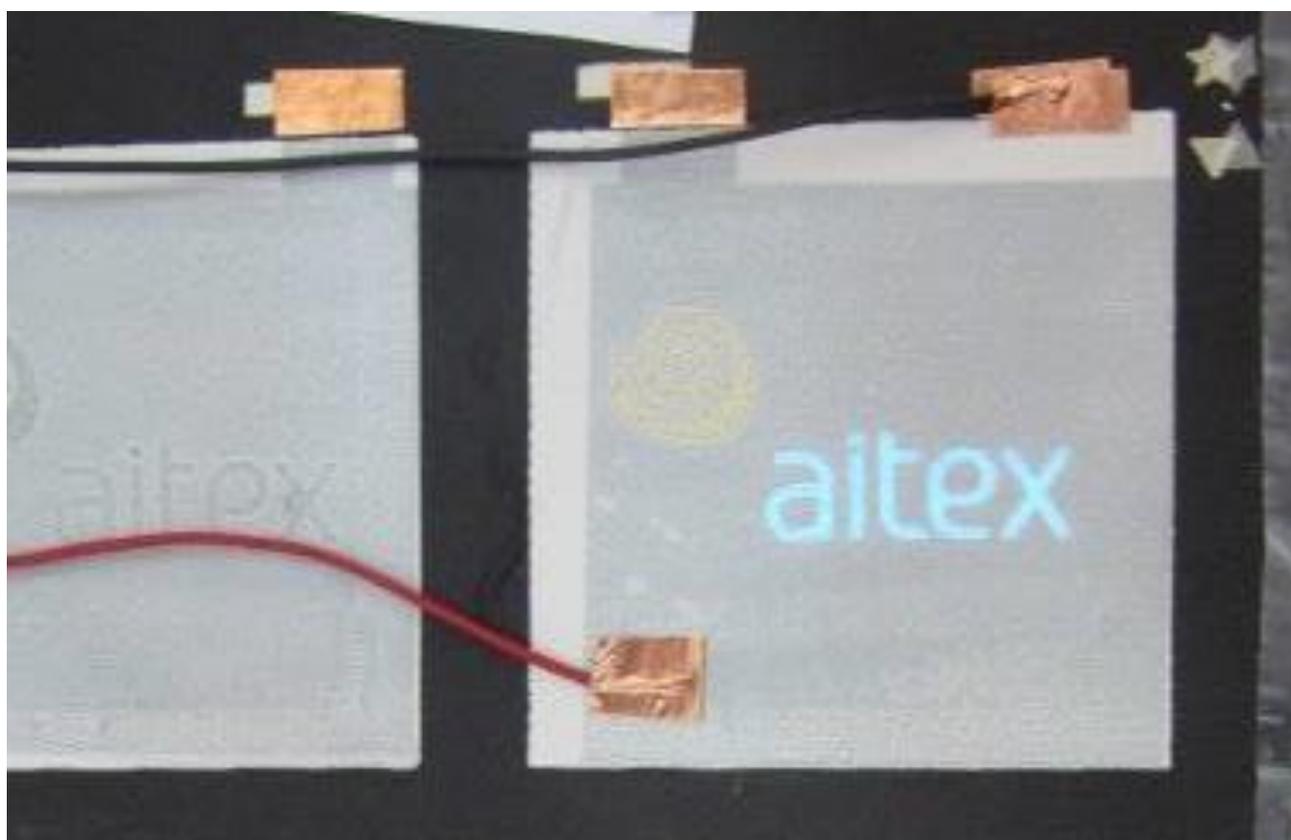
#### **4.2.2. Prototipo prenda señalización**

El prototipo de prenda de señalización consta de una serie de pantallas electroluminiscentes flexibles que puedan ser integradas en la prenda. Se plantea que su colocación sea por debajo del textil para que en cuando no esté activadas su presencia no se aprecie.

Al activar la pantalla durante la noche la luz será emitida a través de la capa de tejidos superior. Las pantallas deberán permitir personalización de colores y formas o motivos. Pudiendo también ser combinados ambos.



Se ha desarrollado una pequeña electrónica que permite ser embebida en prenda. Además se han realizado diferentes prototipos sobre sustrato textil mediante electroluminiscencia y tecnología led.

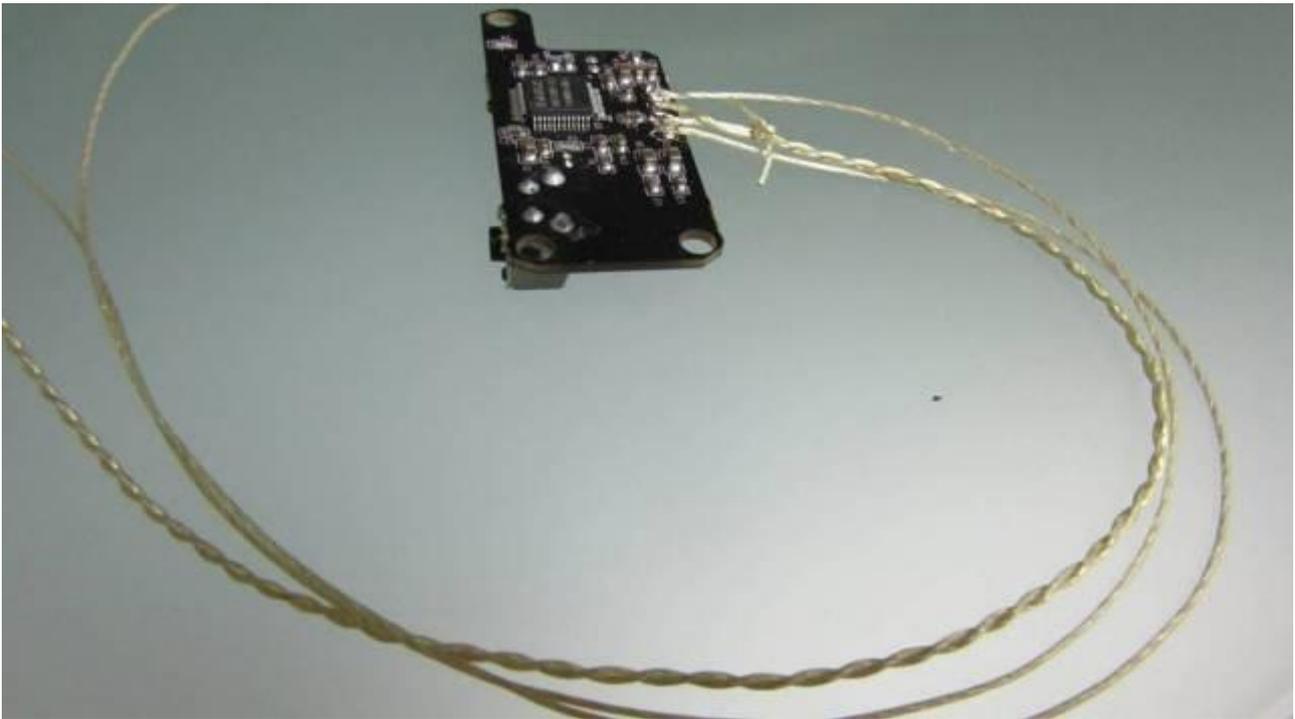


### 4.2.3. Prototipo prenda detección situaciones peligrosas

El prototipo de prenda de detección de situaciones peligrosas se basa en un sensor integrado en prenda capaz de recoger imágenes cercanas al usuario. Estas imágenes son enviadas a dispositivo móvil con cableado flexible para su procesado. El terminal móvil recoge las imágenes y las procesa, alertando ante situaciones de riesgo o peligrosas.



Para este desarrollo se ha considerado una pequeña cámara conectada a un Smartphone mediante hilo conductor.



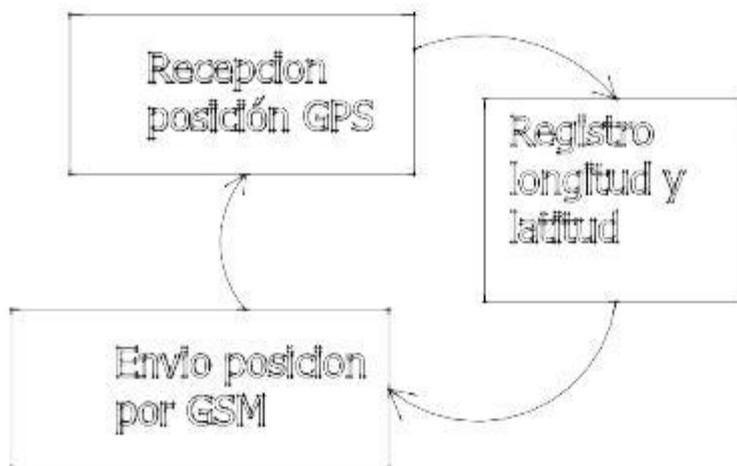
En el terminal móvil un software de análisis de imágenes analiza las variaciones de movimiento que se producen en la imagen pudiendo alertas de obstáculos inminentes.

#### **4.2.4. Prototipo prenda localización**

Se incluye un dispositivo de recepción de posición GPS que es almacenado y retransmitido mediante comunicaciones de datos móviles.



El funcionamiento sería cíclico enviado datos periódicamente de posición.

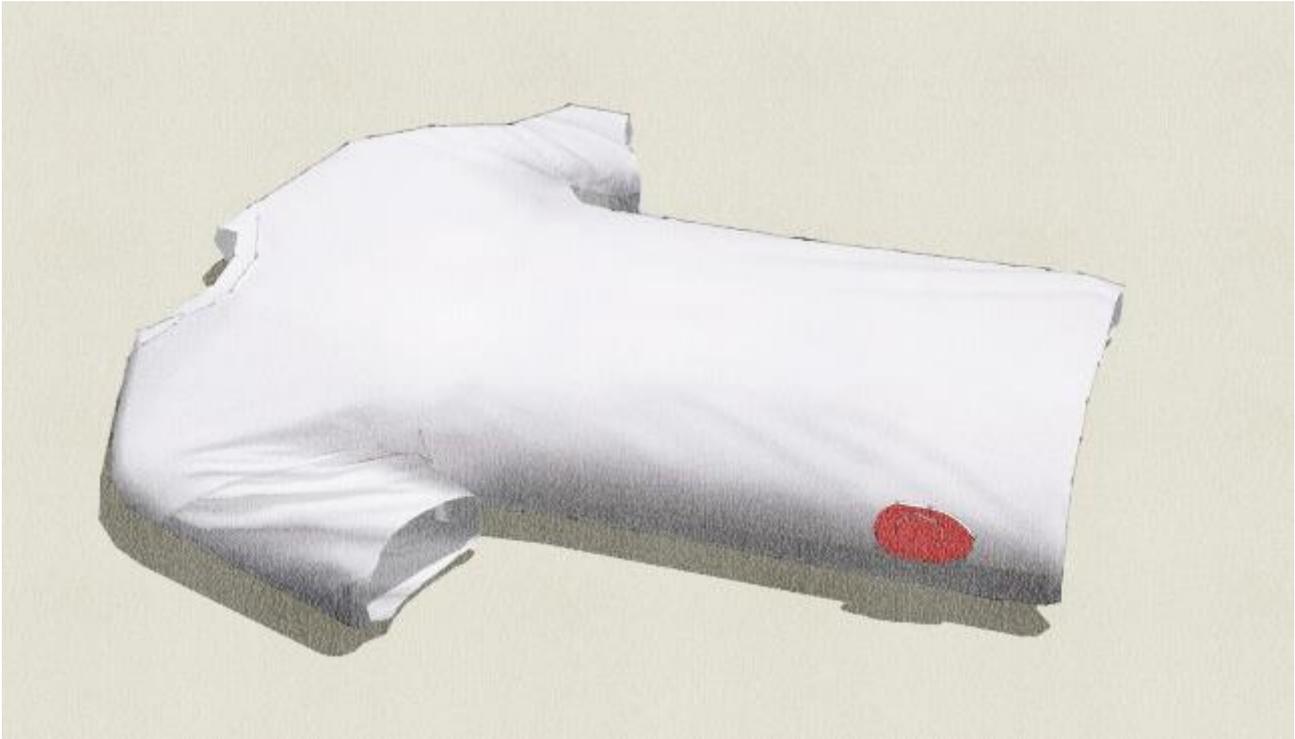




Durante el proyecto se ha desarrollado una pequeña electrónica con recepción GPS y transmisión de datos a red de telefonía móvil

#### 4.2.5. Prototipo prenda actividad

El sensor de actividad se integrará en prenda de tipo camiseta o similar para registrar información de movimiento durante 24h al día. El registro se realizará de forma periódica posibilitando variar la frecuencia de dicho registro dependiendo la necesidad. Se pueden realizar dos aproximaciones una de tipo medición de actividad en general pudiendo determinar cuántas horas al día la persona se encuentra de pie, tumbado, acostado, o andando. Otra aproximación sería con mayor frecuencia actividad de movimiento frecuencia de paso, o incluso detección de caídas.



La posición del sensor se ha evaluado durante la realización de los prototipos. Está en principio será independiente ya que se establece un sistema de calibración que permita determinar la posición del sensor respecto a un eje de referencia que sería la prenda colocada y la persona de pie. De este modo es posible ubicar el sensor en diferentes posiciones sin tener que modificar código.

Para realizar esta calibración se ha empleado un sistema de rotación de ejes que permiten desplazar las mediciones respecto a un eje de referencia que está desplazado respecto al eje del propio acelerómetro.

Toda la información será almacenada en una memoria interior de la electrónica. También es posible enviar dicha información bajo demanda, o periódicamente empleando Bluetooth Low Energy con el fin de maximizar la autonomía de la batería.



Desarrollo de pequeña electrónica bluetooth con sensor de movimiento que permite enviar información de actividad de forma remota. Además se ha considerado encapsulado flexible para facilitar su integración con el textil.



## 5. RESULTADOS OBTENIDOS

Mediante la realización del presente proyecto se han obtenido unos conocimientos técnicos sobre las tecnologías y materiales para el desarrollo de dispositivos electrónicos en el ámbito textil que sirvan a las empresas para diseñar y desarrollar nuevos productos que puedan hacer frente al actual y futuro mercado.

Para ello, además de obtener los conocimientos sobre las tecnologías se han realizado diferentes desarrollos utilizando las tecnologías enfocados al sector de la indumentaria y del hábitat. Todo ello mediante pequeños prototipos donde se ha evaluado las problemáticas de su fabricación así como una caracterización de su funcionamiento.

Estas investigaciones se enmarcan en el contexto del proyecto "SMARTEX - PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE PRENDAS INTELIGENTES BASADAS EN SENSORES Y ACTUADORES ". Este proyecto de investigación y desarrollo cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia, Industria, Turisme i Ocupació, a través del IVACE (Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial), y está cofinanciado por los fondos FEDER de la Unión Europea. Expediente: IMAMCI/2015/1.



<https://www.youtube.com/watch?v=o2e5khzrGSY>