



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CARACTERIZACIÓN DE SENSORES
INTEGRADOS EN PRENDAS TEXTILES
DEPORTIVAS PARA LA PRÁCTICA DEL
TRIATLÓN.

MÁSTER DE INGENIERÍA TEXTIL

CONVOCATORIA: DICIEMBRE 2016

MEMORIA PRESENTADA POR:

Joan Pla Company

TUTOR Y CO-TUTOR:

María Ángeles Bonet Aracil

Eva Bou Belda

Contenido

Introducción.....	3
Objetivo.....	6
Estado del Arte.....	7
Sensores aplicados a textiles.....	8
Impresión de tintas conductoras y su aplicación por serigrafía.....	12
Textiles conductores: hilos y tejidos conductores.....	16
Goma conductiva.....	31
Productos del mercado.....	32
Tintas conductoras.....	32
Hilos conductores.....	36
Telas conductivas.....	40
Gomas conductivas.....	49
Experimental.....	53
Materiales.....	54
Ensayo Preliminar 1: Medida de conductividad en agua.....	54
Ensayo Preliminar 2: Medida de conductividad en distintas disoluciones.....	55
Otros materiales.....	57
Equipos.....	57
Método.....	58
Ensayo Preliminar 1: Medida de conductividad en agua.....	58
Ensayo Preliminar 2: Medida de conductividad en distintas disoluciones.....	60
Resultados obtenidos.....	62
Resultados ensayo preliminar 1.....	62
Resultados ensayo preliminar 2.....	78
Holland shielding.....	78
Statex Shieldex.....	93

Comparativas	102
Pruebas en entorno real (Piscina).....	111
Conclusiones.....	112
Bibliografía.....	114

Introducción

Durante los últimos diez años, la industria textil tradicional, que durante décadas ha favorecido a la calidad, ha cambiado su estrategia para apoyar la innovación y la creación de nuevos productos y funcionalidades. Esto ha dado como resultado la producción de una gran cantidad de tejidos inteligentes en donde intervienen diferentes disciplinas, tales como ingeniería, ciencia, diseño, etc.

Para los analistas resulta imprescindible “la puesta en marcha de planes de reconversión industrial, con nuevas infraestructuras y equipamientos e inversiones en I+D+I, deberían ser un elemento de dinamización de la economía, de manera que se produjera un cambio cualitativo que superara el tradicional nivel tecnológico y de cualificación científico-técnica media-baja del sector”. Sólo innovando se podrá superar “esa debilidad tecnológica que supone un importante factor limitador del crecimiento, además de provocar que el tejido empresarial sea más vulnerable a la competencia internacional con el preocupante fenómeno de la deslocalización de actividades productivas y las nefastas consecuencias económicas y sociales que ésta conlleva”, según los expertos.

Esta inversión ha permitido la consolidación de la aparición de dos áreas: “Textiles Técnicos” y “Textiles Inteligentes y Tejidos Interactivos (SFIT)”.

Los textiles inteligentes se definen como textiles que piensan por sí mismos, que pueden detectar y reaccionar a condiciones medioambientales o a estímulos mecánicos, térmicos, químicos, fuentes eléctricas o magnéticas.

Estas investigaciones pretenden dotar a los textiles de una capacidad de percepción selectiva de su entorno, por ejemplo al reaccionar frente a diferentes temperaturas, campos eléctricos o magnéticos, condiciones de iluminación o de colores ambientes.

Una de las principales razones del rápido desarrollo de los textiles inteligentes es la importante inversión hecha por la industria militar. Esto es debido a que los utilizan en diversos proyectos tales como chaquetas de invierno para condiciones de temperatura extremas o uniformes que cambien el color para mejorar los efectos de camuflaje [1] [2].

Otro de los sectores donde se ha desarrollado este tipo de tejidos es el ámbito deportivo. Las prendas deportivas tienen que proporcionar un equilibrio entre el calor generado por el cuerpo mientras se practica una actividad física y el calor liberado al

ambiente. Las prendas deportivas comunes no satisfacen siempre este requisito. Existen algunas prendas comerciales que poseen microcápsulas - PCM que ayuda a prevenir ciertas incomodidades, este tejido absorbe la energía gracias al proceso de solidificación permitiendo llevar a cabo regulaciones térmicas de la prenda y del usuario.

Existen también materiales con memoria de la forma. Son materiales estables en dos o más estados de temperatura y tienen el potencial de asumir diversas formas cuando han alcanzado su temperatura de transformación. Además, existen otros materiales que pueden deformarse en respuesta a estímulos eléctricos.

Otros tipos de materiales inteligentes son los que cambian su color de forma reversible según las condiciones de estímulos externos que pueden ser: luz, calor, electricidad, presión o líquido.

Aparte de los campos mencionados anteriormente, existe un campo de la investigación y del desarrollo de textiles inteligentes que tiene que ver con la integración de la electrónica miniaturizada en la tela como los sensores y microchips, que detectan y analizan estímulos proporcionando una respuesta. Cuando se incorpora en el diseño de la ropa, la tecnología puede llegar a monitorear el ritmo cardíaco del portador, respiración, temperatura, y un abanico de funciones vitales, alertando al usuario o al médico si hay algún problema.

Según su actividad funcional los textiles inteligentes pueden ser clasificados en tres categorías [1] [3]:

- Textiles Inteligentes Pasivos: La primera generación de textiles inteligentes, los cuáles solamente pueden detectar las condiciones medioambientales o estímulos.
- Textiles Inteligentes Activos: La segunda generación son textiles que tienen la capacidad de detectar y de actuar frente a una determinada situación. Los detectores actúan sobre la señal detectada tanto directamente como de una unidad central de control. Los Textiles Inteligentes Activos tienen una memoria de la forma, son camaleónicos, hidrófugos y permeables al vapor (hidrofílico / no poroso), pueden almacenar calor, son termorreguladores, absorben el vapor, etc... Algunos de ellos contienen materiales eléctricos conductivos.
- Textiles Ultra Inteligentes: Los Textiles Ultra Inteligentes son la tercera generación de estos textiles. Éstos pueden detectar, reaccionar y adaptarse a

las condiciones y estímulos del medio. Un textil ultra inteligente esencialmente consiste en una unidad, la cual trabaja como cerebro, con capacidad cognitiva, que razona y reacciona. En la actualidad la producción de textiles ultra inteligentes es una realidad debido a una unión acertada de textiles tradicionales y nuevos tejidos con otras ramas de la ciencia como: ciencia de los materiales, mecánica estructural, tecnología de sensores y de detectores, avanzada tecnología de procesos, electrónica, comunicación, inteligencia artificial, biología etc.

Los nuevos materiales para fibras y los que forman parte de tejidos, junto a los componentes electrónicos miniaturizados hacen posible la creación de textiles inteligentes, de este modo se crean las verdaderas prendas inteligentes realmente llevables. Estas ropas inteligentes son utilizadas como prenda de diario, aportando soluciones o ayudas a varias situaciones según los usos diseñados.

Los materiales 'Inteligentes' o 'Funcionales' generalmente forman parte de un 'Sistema Inteligente' que tiene la capacidad de detectar el ambiente y sus efectos y, si es de segunda o tercera generación es también capaz de responder a ese estímulo externo gracias a un mecanismo activo de control. Los materiales Inteligentes y sistemas ocupan 'un espacio de la tecnología' que también incluyen las áreas de sensores y de detectores [4].

En el presente trabajo se caracteriza una parte muy importante de los textiles inteligentes ultra activos, los sensores encargados de captar y enviar los datos necesarios. La importancia de la incorporación de sensores al textil radica en la necesidad de que, por un lado no modifique las propiedades físicas y mecánicas iniciales del textil para que no pierda la confortabilidad y por otro lado, tendrá que soportar todas aquellas acciones cotidianas a las que se somete un textil durante su uso, tales como el lavado.

Este tipo de sensores se van a utilizar para desarrollar ropa deportiva para triatletas, con lo que además de soportar las acciones cotidianas comentadas anteriormente, también tendrá que soportar estar en contacto y funcionar estando sumergidos en distintas soluciones acuosas, con grandes concentraciones de sal como pueden ser las aguas marinas o clorada en el caso de las piscinas.

Objetivo

El objetivo de este proyecto es la investigación y selección de los materiales conductores que actúen como sensores para la monitorización de los parámetros vitales y relacionados con la actividad deportiva. Estos sensores deberán ir integrados en el textil, además que deberán resistir el agua y poder medir los valores que se requieren dentro de ella. Es necesario que los sensores puedan medir tanto en agua salada como en dulce como en la clorada, dado que la aplicación de este tipo de textil a desarrollar está enfocada a fabricar prendas para triatlón. Para ello se realizarán los ensayos necesarios para determinar el material conductor que actué mejor. Se obtendrán muestras de los productos seleccionados de las empresas que mejor respondan a nuestros requisitos.

Este proyecto forma parte del desarrollo de un producto por el instituto tecnológico de Aitex, es uno de los apartados que se requiere para la creación de dicho producto. Por tanto, el principal objetivo es investigar y desarrollar una prenda para la práctica del triatlón la cual integre por una parte una serie de sensores específicos, capaz de detectar parámetros que ayuden a obtener información útil para mejorar el entrenamiento y desarrollar el deporte; y por otra parte disponga de sistemas de liberación controlada de compuestos activos funcionales para una mejor recuperación del deportista una vez finalizado el ejercicio. A través de una previa investigación relacionada con el desarrollo final del proyecto, se conseguirá obtener un prototipo con el que se captará información sobre el recorrido realizado y parámetros vitales del usuario durante toda la sesión de realización del deporte. Esta información se volcara en un dispositivo móvil u ordenador para dar a conocer al usuario los resultados del entrenamiento y su progreso en el tiempo, al igual que consejos para seguir mejorando en el futuro. Además mejorar su recuperación muscular de forma rápida, segura y continua.

Estado del Arte

Los textiles inteligentes ultra-activos son aquellos que pueden detectar las condiciones medioambientales o estímulos del entorno. Para ello se precisa de elementos específicos incorporados en el textil como los sensores que proporcionan un sistema nervioso para detectar las señales, por lo tanto en un material inteligente ultra-activo, la existencia de sensores es esencial.

Los actuadores actúan sobre la señal detectada, ya sea de forma autónoma o desde una unidad de control central; junto con los sensores, que son el elemento esencial para materiales inteligentes activos. La detección y recopilación de parámetros vitales, basados en sensores incorporados en la tela ha sido un gran campo de investigación en las comunidades biomédicas y de seguridad. Los sensores de la tela se pueden utilizar para electrocardiograma (ECG), la electromiografía (EMG), y electroencefalografía (EEG) de detección. Los productos que incorporen los termopares se pueden usar para detectar la temperatura; elementos luminiscentes integrados en tejidos se podrían utilizar para la detección biofotónica; los tejidos "Shape-sensibles" pueden detectar el movimiento, y se puede combinar con sensor de EMG para derivar la aptitud muscular. Los electrodos de carbono integrados en telas se pueden utilizar para detectar características ambientales o biomédicos específicos tales como oxígeno, la salinidad, la humedad o contaminantes.

La funcionalidad activa podría incluir la generación de energía o almacenamiento, los elementos de interfaz humana, la funcionalidad de radio frecuencia (RF), o tecnología de asistencia. Todos los dispositivos electrónicos requieren energía, y esto es un desafío significativo para el diseño tejidos inteligentes. La generación de energía se puede lograr a través de piezoeléctricos, elementos que captan energía de movimiento o elementos fotovoltaicos. Interfaces de usuario a sistemas activos se pueden agrupar en dos categorías: dispositivos de entrada y dispositivos de anunciación o de visualización. Los dispositivos de entrada pueden incluir parches capacitivos que funcionan como botones, o como telas de forma sensible que puede registrar el movimiento o flexión, presión, y el estiramiento o compresión. Dispositivos de anunciación y de visualización pueden incluir altavoces tela, hilos



Fig.3 Cosido [40]

electroluminiscentes, o hilos que se procesan para contener matrices de diodos emisores de luz orgánicos (OLED). Las telas también pueden incluir elementos que proporcionan la bio-retroalimentación o simplemente vibrar. Antenas basadas en la tela son una aplicación relativamente simple de telas inteligentes. Antenas simples de tela son hilos conductores simplemente de longitudes específicas que pueden ser cosidas o tejidas en telas no llevar a cabo.

Se ha de considerar de qué manera estos materiales inteligentes se pueden procesar en un material textil. Estos materiales inteligentes se incorporan en la estructura textil



por diferentes tecnologías. Entre los que podemos enumerar bordado, la costura, no tejido textil, tejido, tejiendo, haciendo un giro, trenzado, revestimiento/laminación, impresión y tratamientos químicos que proporcionan características tales como el comportamiento hidrófobo controlada.

Fig.4 Impresión [42]

Actualmente los sensores pueden medir casi todo: presión, tensión, temperatura, humedad o incluso diversas sustancias en sangre como la glucosa. Además, su tamaño es tan pequeño que se pueden insertar, por ejemplo, en un diente o una lentilla. Si excluimos los proyectos militares, la mayor parte de los ensayos que han utilizado «ropa inteligente» se han orientado hacia la monitorización de la salud, y muchos de ellos a la salud cardiovascular.

En general, todos los desarrollos de ropa «inteligente» se basan en detectar señales utilizando sensores, los cuales transforman un tipo de señal en otra, casi siempre eléctrica. Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos [5].

Sensores aplicados a textiles

Los textiles conductores que cambian sus propiedades eléctricas como resultado del impacto ambiental pueden servir como sensores. Los ejemplos típicos son los tejidos que reaccionan a las deformaciones, tales como sensores de presión, sensores de

estiramiento y sensores de respiración. Por otro lado, con textiles inteligentes tenemos mayor posibilidad de crear sensores con biopotencial.

Sensores de estiramiento

Los sensores de estiramiento son principalmente utilizados para sensorizar y monitorizar el cuerpo, mientras el textil está en contacto con la piel en una gran área del cuerpo. Esto significa que la monitorización puede darse en diversos lugares del cuerpo. Por ejemplo, estos sensores pueden utilizarse para determinar: la frecuencia cardíaca, la respiración, el movimiento y la presión sanguínea.



Fig.5 Sensor bordado

Sensores de presión

Los sensores de presión son utilizados normalmente tanto como interruptores e interfaces con dispositivos electrónicos como para monitorizar los signos vitales del usuario.



Fig.6 DataGlove VRLOGIC con sensores flexibles [43]

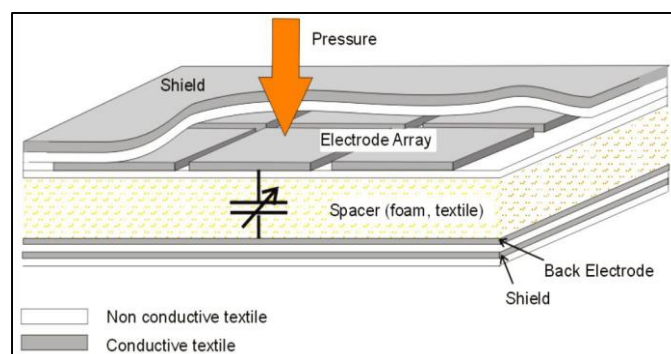


Fig.7 Esquema de sensor con una serie de condensadores textiles y dos capas de protección en ambos lados del sensor. [5]

Con este método puede medirse la presión en un cuerpo humano y detectar la actividad muscular. Aplicando esta matriz sobre diferentes áreas del cuerpo, se pueden proporcionar más detalles sobre el control de movimiento o la detección del estado físico de los músculos.

Electrodos serigrafiados

La utilización de los sensores electroquímicos en muchas áreas de análisis ha requerido una mejora en las carencias que los electrodos convencionales presentaban: mala reproducibilidad, tareas de limpieza o recuperación tediosas.

Entre este tipo de dispositivos destacan los electrodos serigrafiados (SPEs), caracterizados por:

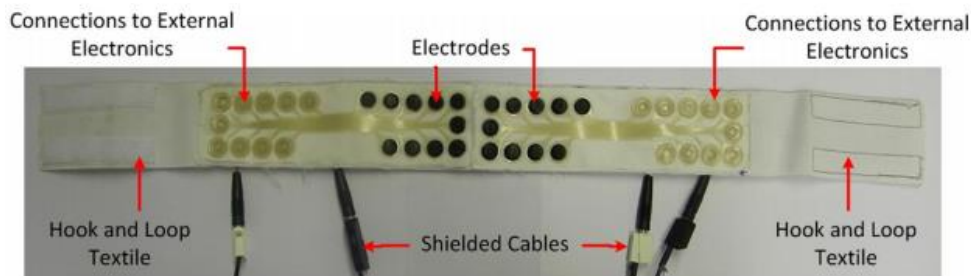


Fig.8 Banda textil facial para EMG [6]

- Proporcionar una gran flexibilidad en el diseño del electrodo en cuanto a su distribución espacial, forma y área.
- Ser desechables, por lo que se eliminan tareas de limpieza.
- Presentar mayor reproducibilidad.
- Disponer de una amplia gama de materiales para su fabricación.
- Tener bajo coste en su producción.
- Ser viables para la realización de análisis in situ.
- Ser susceptibles de numerosas modificaciones que dan lugar, por ejemplo, a la fabricación de biosensores.

Los sensores electroquímicos serigrafiados en sustratos flexibles y textiles pueden ser candidatos para la monitorización no invasiva, pero estos dispositivos no pueden adherirse fácilmente al cuerpo, concretamente a la piel.

Sensores electroquímicos textiles

Hoy en día, los electroquímicos, en los que el elemento transductor basa su respuesta en la medida de una propiedad eléctrica generada en un sistema electrónico. Se ha desarrollado una nueva generación de sensores químicos basados en textiles capaces de mejorar las medidas físicas convencionales (frecuencia

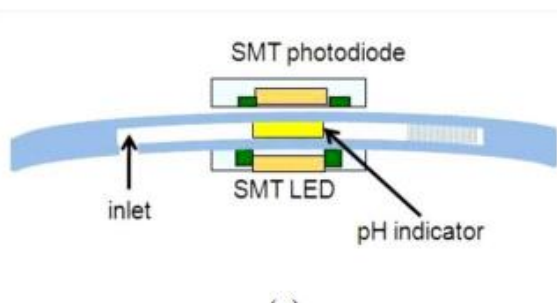


Fig. 9 Esquema de sensores electroquímico para analizar el pH [44]

cardíaca, EEG, ECG, etc.) proporcionando más información. Según

la técnica electroquímica utilizada, se dividen en conductimétricos, potenciométricos y amperométricos. Son especialmente adecuados para el uso de los sensores en contacto con el cuerpo donde la durabilidad, la resistencia a las deformaciones y un peso ligero son requisitos fundamentales

La integración de los sensores químicos en textiles permite a la persona que los lleva obtener información en tiempo real sobre su salud, además de información sobre la contaminación ambiental y la existencia de alguna clase de peligro químico, sin interferir en la funcionalidad o comodidad de la ropa.

Los diferentes tejidos utilizados para estos sensores pueden ser naturales, como la lana y el algodón, o sintéticos, como el poliéster, el nylon y otros polímeros. Cada uno de ellos posee diferentes estructuras y propiedades físicas y químicas.

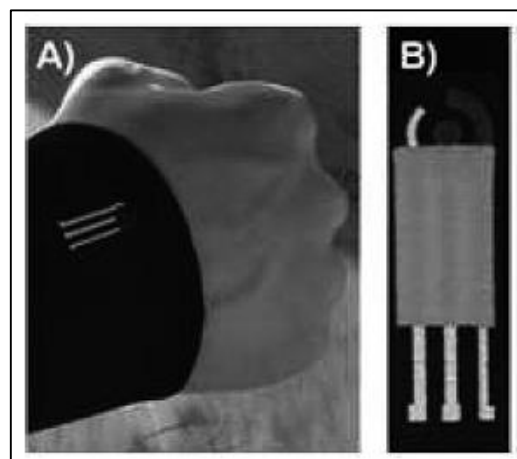


Fig.10 A) Electrodo serigrafiado en un traje de neopreno.

Fig.10 B) Diseño del electrodo serigrafiado

Por ejemplo en este campo se han desarrollado electrodos de carbono impresos en la goma de prendas de ropa interior masculina que, en contacto directo con la piel, pueden registrar parámetros biológicos significativos [7].

Impresión de tintas conductoras y su aplicación por serigrafía

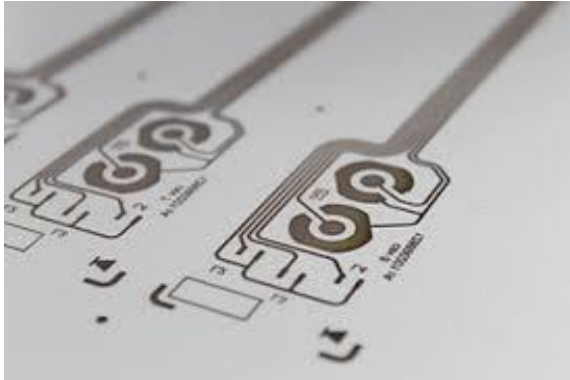


Fig.11 Tinta conductiva impresa [28]

La impresión de tintas conductoras es una de las tecnologías de más rápido crecimiento en el mundo. Es de vital interés para sectores tan diversos como bienes de consumo, la salud, la movilidad, la electrónica, medios de comunicación y la arquitectura. Permite la creación de nuevos productos en ámbitos donde la electrónica no se ha

podido introducir anteriormente.

Los beneficios de estos nuevos productos electrónicos son numerosas: mayor rendimiento, flexibilidad, transparencia, capacidad de estiramiento, fiabilidad, mejores credenciales medioambientales y mucho más.

Una tinta conductora es un líquido complejo, en su composición generalmente se utilizan disolventes, materiales activos, resinas, lubricantes y surfactantes. También deben contener un apropiado componente altamente conductor y un vehículo que los transporte. La concentración de las partículas conductoras debe ser suficientemente alta como para que el contacto de cada partícula o la distancia de <10 nm entre partículas permita el flujo de corriente por la tinta. El rango de percolación es la concentración a partir de la cual la resistencia cae significativamente [8].

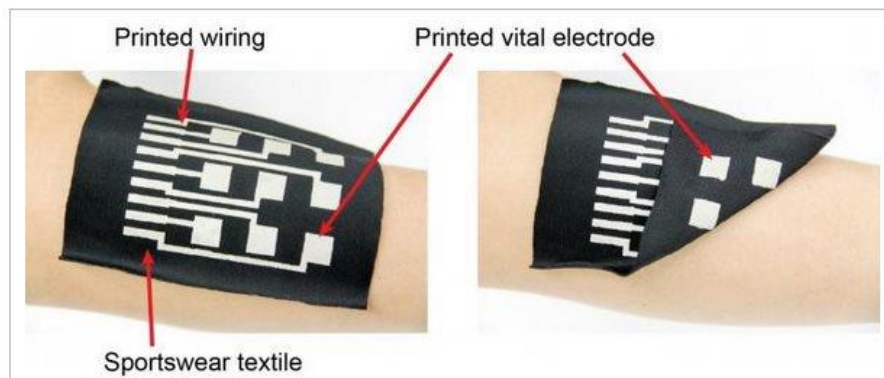


Fig.12 Ejemplo de tinta conductiva en textil [9]

El relleno conductor suele ser polvo de plata y polvo de cobre (de mejor conductividad eléctrica), a veces polvo de oro, grafito, carbón negro (en la actualidad tienen un carbón negro conductor especial), fibra de carbono, polvo de níquel, etc. La resina sintética, empleada como aglutinante, puede incluir resina epoxi, resina alquídica, resina acrílica, resina de poliuretano, resina de formaldehído de melamina, resina fenólica, resina de acetato de vinilo cloruro de vinilo, etc. El volumen final es el resultado de disolver la resina de la tinta al punto de ebullición y de fusión (120-230 °C), además de los aditivos necesarios.

Como requisitos fundamentales, las tintas deben conducir la electricidad (antiestática), ser adhesivas, imprimibles y resistentes a los disolventes.

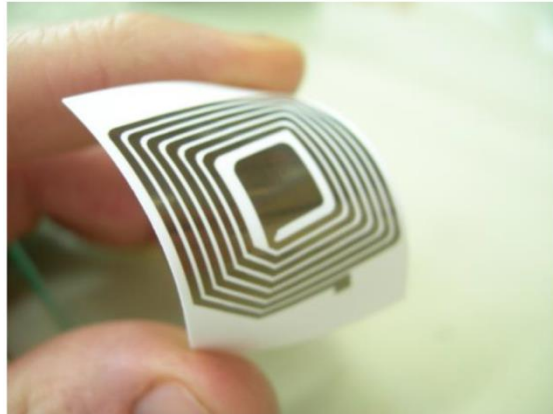


Fig.13 Circuito con tinta conductiva [51]

La serigrafía, el método convencional en el campo de los sistemas electrónicos impresos, es una buena técnica para fabricar equipos eléctricos y electrónicos debido a su capacidad para producir capas estampadas y gruesas a partir de materiales pastosos. También integra equipos electrónicos finos más simples que los sistemas con hilos conductores.

En la serigrafía se requiere cierto volumen de pasta para penetrar la malla de la plantilla, por lo que las tintas conductoras también incluyen polímeros para incrementar su viscosidad. Con el fin de mantener la viscosidad necesaria y, al mismo tiempo, obtener una cierta conductividad eléctrica, es necesario minimizar la cantidad de polímeros no-conductivos empleados, e incrementar la densidad de las partículas de metal en las tintas.

Para la impresión de inyección de tinta, las tintas deben respetar los siguientes requisitos:

- Conductividad eléctrica alta.
- Resistencia a la oxidación.
- Secarse sin obstruir la boquilla durante la impresión.

- Buena adhesión al sustrato.
- La agregación de partículas inferior.
- Viscosidad adecuada y la tensión superficial [7].

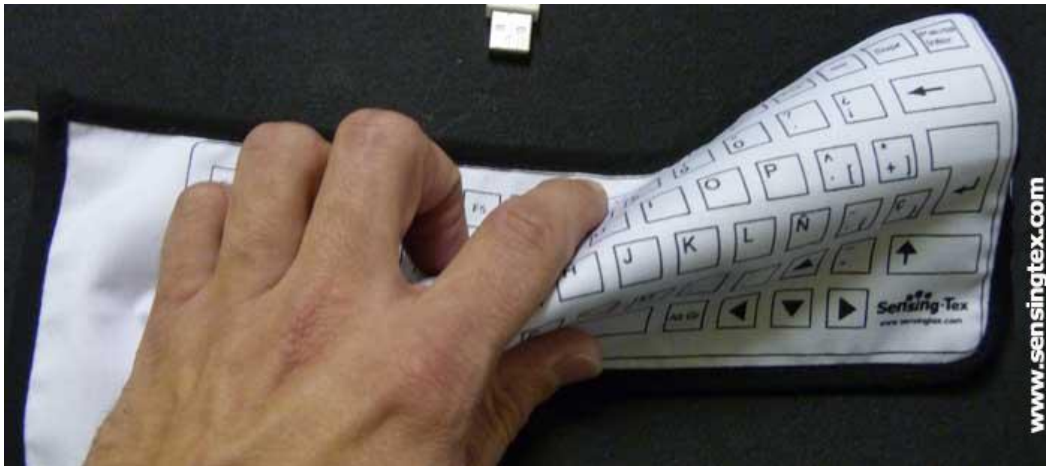


Fig.14 Producto de SensingTex [10]

El mercado de las tintas conductivas se ha segmentado en función de los tipos:

- Escamas de plata
- Dieléctricos
- Carbón/Grafeno
- Nanopartículas de plata
- Nanohilo de plata
- Nanopartículas de cobre recubiertas de plata
- Tinta de nanotubos de carbono
- Escamas de cobre
- Nanopartículas de cobre
- Tinta de nanopartículas de óxido de cobre
- Polímeros conductivos
- Otros [11]

COMPONENTE CONDUCTOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Escamas de plata	Serigrafiable, precio competitivo, conductividad ajustable, adecuado rendimiento a buenos precios	Alta aspereza de la superficie, conductividad limitada para aplicaciones muy exigentes, dificultades para el fotosecado
Nanopartículas de plata	Superficie suave, flexibilidad mejorada comprado a las escamas de plata, alta conductividad, rápido foto-secado	Precio elevado, puede tener pobre adhesión
Nanohilos de plata	Alta transparencia, alta conductividad, alta flexibilidad, puede fabricarse vía ruta química húmeda	Difícil que desplace el óxido de indio y estaño
Iones de plata	Alta suavidad de la superficie, alta conductividad, secado rápido	No muchos proveedores, estructura de costos poco clara
Nanopartículas de cobre	Secado, no se oxida, el cobre tiene un bajo precio	Volumen bajo de producción, pocos proveedores, a menudo una mezcla de escamas y nanopartículas para disminuir el coste, debe debilitar las escamas de plata para tener una cuota de mercado significativa
Nanopartículas de óxido de cobre	Bajo precio, foto-secado, alta transparencia, alta conductividad, flexibilidad	Conductividad baja-moderada

Ya se han desarrollado diversos tipos de tintas conductoras, aislantes y semiconductoras con materiales orgánicos e inorgánicos y se han utilizado para imprimir transistores, diodos luminosos y células solares. Estas tintas especializadas pueden ser imprimidas sobre varios materiales, entre ellos los textiles, para crear patrones eléctricamente activos.

Se ha conseguido desarrollar una red de electrodos con pistas conductoras asociadas sobre textiles para aplicaciones médicas. Una pasta de poliuretano es serigrafiada sobre un tejido para crear una suave capa interfaz con una alta energía superficial, y posteriormente una pasta de plata es serigrafiada sobre esta capa interfaz para proporcionar una pista conductora. También se han impreso pastas de plata sobre textiles no tejidos para crear dispositivos portables que monitoricen la salud.

Textiles conductores: hilos y tejidos conductores

En la mayoría de las aplicaciones fabricadas a principios del año 2000, se emplearon fibras metálicas debido a la gran capacidad de transportar corriente eléctrica, pero el problema con estas fibras era que los movimientos de doblado, extensión y torsión que se manejaban habitualmente en los tejidos podían producir roturas que redundaban en fallos en la alimentación o la continuidad de la corriente en la fibra o en los componentes electrónicos que tenían incluidos. Park y Sundaresan Jayaraman (ingenieros textiles de Georgia Tech), fueron los primeros en incorporar fibras conductoras de



Fig.15 Hilo conductivo [25]

electricidad que permitieron conectar, por ejemplo, sensores de ritmo cardiaco, de respiración, de temperatura para aplicar en cualquier prenda donde se buscara medir estas funciones vitales. Dicha tecnología la retomó la empresa Sensatex para presentar su famosa camiseta “T-Shirt” que transmitía información de signos vitales y se podía aplicar en uniformes militares, en el campo de la medicina o para ropa de bomberos, ropa de infantes, etc [12].

Esta novedad abrió nuevos campos y ámbitos donde se puede economizar y mejorar la funcionabilidad, trabajando con las ventajas de un textil y las de un material conductor. Se llaman electro-textiles se pueden utilizar para aplicaciones antiestáticas, apantallamiento de interferencia electromagnética, aplicaciones electrónicas, absorción de infrarrojos o ropa de protección en zonas explosivas, etc.

Fibras conductoras

Los monofilamentos de metal pueden ser mezclados con todo tipo de fibras y usados directamente en la tejeduría y el punto. Es importante el hecho de que, en función del material usado, tendrán diferentes propiedades eléctricas. Los productos van desde filamentos de cobre (Cu) y cobre revestido de plata (Cu/Ag), filamentos de latón (Ms) y latón revestido de plata (Ms/Ag), filamentos de aluminio (Al) hasta filamentos de aluminio revestido de cobre (CCA). O también tejidos mixtos utilizando metálica conductora o de fibras poliméricas (tales como polipirrol, polianilina)

Propiedades eléctricas de fibras monofilamento de metal.

Metal	Electrical Properties				
	Conductivity [S·m/mm ²]	Resistivity [Ω·mm ² /m]	Thermal Coefficient of Resistance [10 ⁻⁶ K ⁻¹]		
			Min	Typ	Max
Cu	58.5	0.0171	3900	3930	4000
Cu/Ag	58.5	0.0171	3900	4100	4300
Ag 99%	62.5	0.0160	3800	3950	4100
Ms * 70	16.0	0.0625	1400	1500	1600
Ms/Ag	16.0	0.0625	1400	1500	1600
AgCu	57.5	0.0174	3800	3950	4100
Bronze	7.5	0.1333	600	650	700
Steel 304	1.4	0.7300		1020	
Steel 316L	1.3	0.7500		1020	

* German Milbe denomination, where “Ms” is accompanied by a number stating the composition in %Cu with respect to a Zn complement to 100%.

Fig.16 [13]

Los monofilamentos metálicos que son incorporados en bases de hilos como el algodón, poliéster, poliamidas y aramidas, pueden ser de cobre, latón, bronce, plata, oro, aluminio.

Las fibras conductoras de electricidad también pueden producirse cubriendo las fibras con metales, sustancias galvánicas o sales metálicas. Los recubrimientos pueden aplicarse a la superficie de las fibras, hilos o incluso tejidos para crear tejidos conductores de electricidad.

Ventajas:

- Material de bajo costo energético.
- Escasa concentración en compuestos químicos,
- Son ligeros, duraderos, flexibles y competitivos.
- Los monómeros utilizados en la síntesis no son dañinas para el medio ambiente.

Hilos conductores

Existen varias formas de obtener hilos conductores:

1. Estrechando acero para hacerlo fibroso para luego hilarlo a partir de estas fibras de acero.
2. Hilando hilos de carbono a partir de fibras de carbono.
3. Produciendo fibras conductoras mediante hilatura húmeda o de fusión. Hilando fibras no conductoras (normalmente fibras poliméricas) junto con cables finos de cobre, fibras de acero o fibras de carbono.
4. Aplicando materiales conductores (Ag, Ni, Cu, carbón negro) como revestimiento o recubrimiento de las fibras de hilos no conductores.

1) Trefilado

El trefilado de alambres es el proceso convencional de producción de fibras metálicas, un proceso de producción mecánico. Este proceso se caracteriza por sus diversos pasos de trefilado, llamados grueso, medio, fino y tren de cardado. Se entiende por trefilar a la operación de conformación en la reducción de sección de un alambre o varilla haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o dado. Los materiales más empleados para su conformación mediante trefilado son el acero, el cobre, el aluminio y los latones, aunque puede aplicarse a cualquier metal o aleación dúctil.

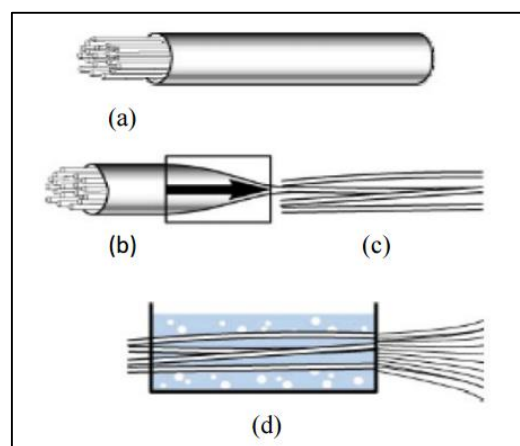
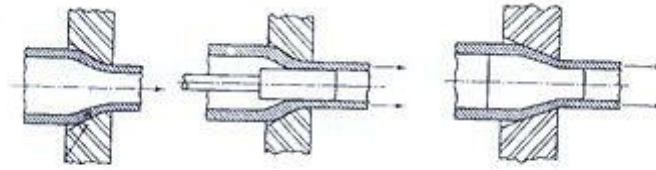


Fig.17 (a) Cable de metal cubierto combinado con tubo de hierro; (b) Reducciones de tubo a varios diámetros; (c) Agrupamiento de grupos (d) Lixiviación, producción de fibras. [14]

El trefilador, utilizado para trenzar las fibras, consiste en un cono de acero con un núcleo de cerámica, carburo o diamante [7].



Trefilado de tubos: simple, con mandril fijo, con mandril flotante

Fig.18 Proceso de trefilado [15]

2) Fibras de carbono

Las fibras de carbono proceden de una mezcla de polímeros, el más utilizado es el PAN (poliacrilonitrilo) que por ser la materia prima se llama precursor y que normalmente se combina con otros polímeros: metil acrilato, metil metacrilato, vinil acetato y cloruro de vinilo, todos derivados del petróleo, que es carbono concentrado,

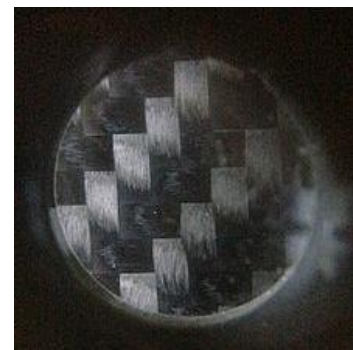


Fig.19 Sección de una fibra de carbono [47]

proveniente de restos de materia orgánica (fósiles).

En particular, el PAN es una fibra sintética formada por largas cadenas de moléculas de carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno en forma de escalera. Cuando se calienta el PAN en correctas condiciones de temperatura, las cadenas de moléculas de carbono se juntan mientras los demás elementos se separan, los átomos de carbono del polímero cambian de distribución y forma una estructura estable de anillos fuertemente unidos que soportan los unos a los otros. Es decir, la fibra de carbono se produce por la quema controlada del oxígeno, nitrógeno y otros elementos diferentes al carbono de la fibra precursora, dejando solo el carbono en el material.

Mediante un nuevo calentamiento, los anillos se juntan en 'listones' de hexágonos de átomos de carbono muy flexibles. La unión flexible de los listones evita que se deslicen, lo que resulta en un notable incremento en la resistencia del material.

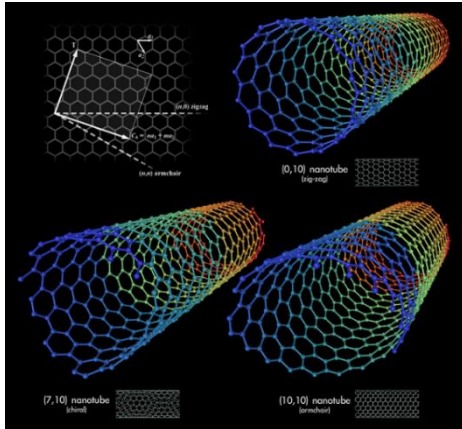


Fig.20 Nanotubos de carbono [48]

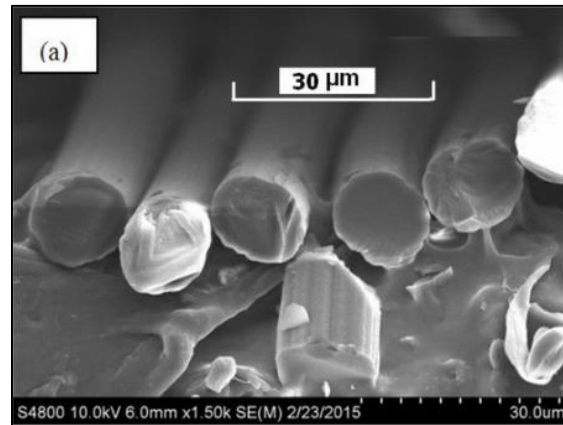


Fig.21 Vista micrométrica [49]

Los hilos de PAN son extruidos en filamentos cinco veces más delgados que un cabello humano y están compuestos entre 92 y 100 por ciento de átomos de carbono, según sean las propiedades que se busquen.

Propiedades de fibra de carbono

- Módulo de resistencia a la tracción de 3,5.
- La resistencia supera en casi 3 veces ala del acero.
- Densidad 1,75.
- Módulo de elasticidad hay una amplia gama de fibra de carbono desde 240 hasta 400.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia al fuego.
- Gran conductividad eléctrica.
- Proceso de producción caro.

Se utiliza en los tejidos inteligentes o en hilos conductivos por la alta conductividad que aporta este material además de sus otras propiedades. Se suele mezclar con poliéster o poliamida.

A continuación se cita un ejemplo de un artículo donde se utiliza la fibra de carbono.

‘Hilos conductores de electricidad a partir de nanotubos de carbono (CNT) y alcohol de polivinilo (PVA) se prepararon por dos métodos diferentes, hilatura en húmedo y

procesos de recubrimiento. Para el proceso de hilatura en húmedo, la solución mezclada CNTs / PVA se extruyó en un baño de coagulante que contenía agente coagulante alta concentración. El proceso de recubrimiento se llevó a cabo en cinco fibras comunes, incluyendo fibras naturales y fibras sintéticas, mediante el uso de una mezcla de nanotubos de carbono y PVA. A continuación, los hilos conductores se trataron por un proceso de acetilización el fin de disminuir la solubilidad del PVA al agua. Su conductividad y las propiedades mecánicas se investigaron. Además, se investigó la influencia de la hidrólisis ácida de los ácidos fuertes utilizados para el proceso acetilización en las propiedades mecánicas de los materiales [16].

3) Hilatura húmeda o de fundido de conductivos junto con no conductivos

En la hilatura de fundido, un relleno conductor como el carbón negro, es incorporado en el polímero de nylon o poliéster y extruidos juntos a través de la hilera para formar la fibra/hilo conductor. Las fibras conductoras también se producen incorporando nanofibras o nanotubos de carbono en la matriz del polímero e hilándolos juntos. Los nanotubos están dispersos en una fundición o líquido.

Mediante la hilatura de fricción, puede producirse un hilo conductor con núcleo revestido utilizando material conductor, como la fibra de acero inoxidable (8 μ m de ancho y 50 mm de longitud) o cable (50 μ m/140 den) en el núcleo y poliéster, FR Viscose o algodón en la envoltura. Son posibles varias estructuras de hilos con un núcleo que contienen material conductor en forma de filamento y un recubrimiento que consiste en una mezcla de fibras conductoras y no conductoras en diferentes capas del recubrimiento. En estas estructuras, las capas de recubrimiento ultraperiféricas están hecha de fibras no conductoras. El ratio núcleo/revestimiento podría ser del orden de 30/70. Del 70% del revestimiento, el 10-30% podría estar hecho de fibras discontinuas. El emplazamiento de las fibras conductoras del revestimiento puede ser manipulado ajustando la unidad de arrastre.



Fig.22 Torsión del cable de metal alrededor del hilo [45]

Esta técnica de hilatura es convencional al formar cualquier hilo convencional. Simplemente en el proceso se incorpora un filamento de un material conductor,

explicados en el punto de fibras conductoras, siempre que no dañe la máquina del proceso. Se utilizara dependiendo de las propiedades y aplicaciones para la que se vaya a utilizar dicho hilo.

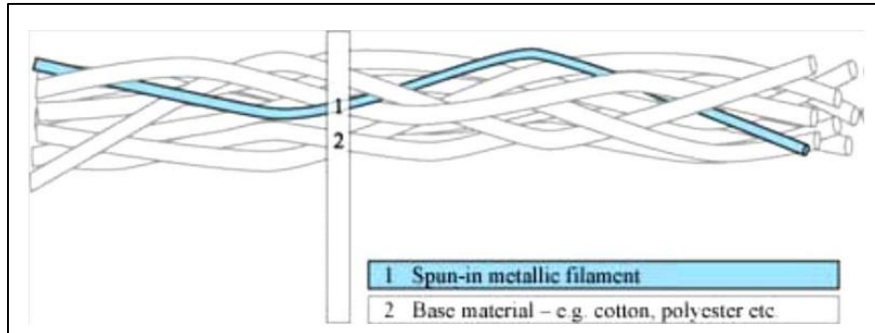


Fig.23 Escama de fibra conductiva torcida con fibras normales [17]

También se podría hacer en vez de un filamento de hilo conductor varios filamentos, multifilamentos quedando la forma de la siguiente forma como aparece



Fig.24 Multifilamentos de metal torcidos junto a hilo [45]

en la imagen.

4) Recubrimiento

Fibras conductoras también se pueden producir mediante el recubrimiento de las fibras con metales, sustancias galvánicas o sales metálicas.

La incorporación de metales a los hilos, los hace pesados, por ello para superar este problema se introdujeron los recubrimientos metálicos. El sustrato puede ser poliéster, hilo de filamentos de nylon o algodón e hilo de lana. Un hilo (sintético o natural) es recubierto por un polvo metálico como la plata, cobre o níquel. El recubrimiento puede lograrse por algunos métodos diferentes: revestimiento no electrolítico, deposición por evaporación, pulverización catódica, recubrimiento de la materia textil con un polímero conductor. Estos hilos recubiertos tienen baja conductividad.

El recubrimiento se puede hacer tanto al hilo finalizado como al tejido elaborado previamente.

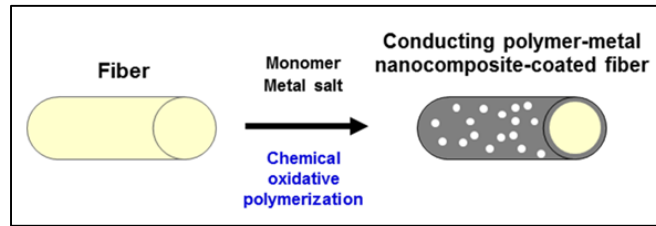


Fig.25 Nanorecubrimiento de polimero-metal conductivo [18]

Pulverización catódica: es un proceso físico en el que se produce la vaporización de los átomos de un material sólido denominado "blanco" mediante el bombardeo de éste por iones energéticos. Este es un proceso muy utilizado en la formación de películas delgadas sobre materiales, técnicas de grabado y técnicas analíticas [19].

Recubrimiento de sustancias galvánicas: consiste en recubrir las piezas con pequeñas partículas del metal elegido para que sea conductor, bien se puede incrustar mediante la inmersión en un baño con un líquido y las sustancias dichas o por pulverización [20].

Reducción química o plateado sin electricidad: se precipita metal de una solución química para formar películas brillantes para un posterior electroplateado [21].

Nanorecubrimiento: a escala muy pequeña se recubre la materia textil con nivel de nanopartículas mejorándolo con propiedades a gusto, pudiendo incrustar polímeros conductores o nanopartículas metálicas [22].

La proyección térmica por plasma es un procedimiento o técnica de la proyección térmica. Se trata de generar elevadas temperaturas en un arco eléctrico de tal forma que se permita la proyección de polvos de alta temperatura de fusión. Algunos de estos compuestos pueden ser: los óxidos cerámicos (Al_2O_3 , $ZrO_2 \cdot 3H_2O$...), metálicos (Ti, Ta...), cerámicos-metálicos (MCr_2O_3 ...) [23].

Electrodeposición: es un tratamiento electroquímico donde se apegan los cationes metálicos contenidos en una solución acuosa para ser sedimentados sobre un objeto conductor creando una capa. El tratamiento utiliza una corriente eléctrica para reducir sobre la extensión del cátodo los cationes contenidos en una solución acuosa. Al ser reducidos los

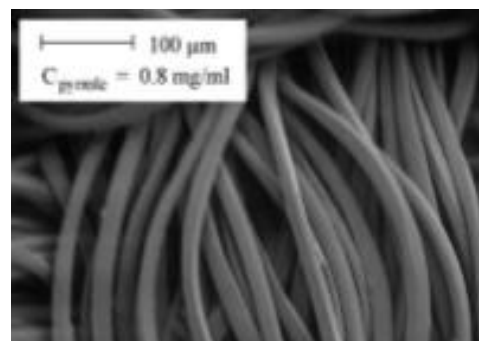


Fig.26 Polipropileno recubierto [46]

caciones precipitan sobre la extensión creando una película fina. El espesor dependerá de varios factores [24].

La ventaja de los revestimientos es que son adecuadas para muchos tipos de fibras y que producen buena conductividad sin alterar significativamente las propiedades del sustrato clave existentes, tales como la densidad, la flexibilidad y la manija. Sin embargo la adhesión entre el metal y las fibras, así como resistencia a la corrosión puede conducir a problemas.

El bordado con hilos conductores

El bordado de circuitos conductores no es un proceso estándar. Por lo general, los hilos metálicos no están desarrollados para su uso en el bordado y por lo tanto no tienen las características deseables de un hilo de bordar "normal" hecho de fibras textiles. Los hilos metálicos muestran dificultad pasando alrededor o a través de puntos de contacto de metal (guías de hilo y ojo de la aguja, etc.) en la máquina debido a una mayor fricción superficial, especialmente a altas velocidades. La resistencia de rozamiento daría lugar a tensiones de los hilos superiores, que a menudo conducen a la rotura o deshilachado del hilo. También existe el problema de que estos puntos de contacto por lo general tienen un radio de curvatura baja que resulta en una mayor presión entre las superficies de contacto de acuerdo con una fórmula calculada por Pierre - Simon Laplace en 1805 para definir las presiones aplicadas sobre superficies curvas. Los hilos metálicos tienden a exhibir una pobre recuperación, esto significa que mantienen su forma cuando se deforma.

Cuando dos hilos conductores que no se supone que se van a tocar, pero lo hacen, y



Fig.27 Bordado de electrónica [25]

la corriente fluye a través de ellos, se llama un cortocircuito. Esto puede ser peligroso. Para añadir un poco de protección adicional contra cortocircuitos accidentales, puede llenarse de toda la longitud de la rosca de cera antes de empezar a coser. Esto ayudará a suavizar las fibras, así como el revestimiento de la rosca con una capa delgada de cera aislante. No es

suficiente para aislar realmente, sino que hará que sea mucho menos probable que los dos hilos entre en contacto e inmediatamente causar un cortocircuito [25].

La experiencia del bordado ha dado ciertos conocimientos sobre los diferentes tipos de hilos conductores y su costurabilidad. Para su capacidad de ser cosido, el hilo debe presentar entre otras, las siguientes propiedades mecánicas:

- Alta resistencia a la tensión (~580 - 1200 cN) o tenacidad (2.25 a 4.5 cN/dtex).
- Moderado % de elongación en el punto de ruptura (entre 12-30%).
- Negador por debajo de ~400 (~440 dtex).
- Características de la superficie relativamente suaves.
- Alta flexibilidad y resistencia a la cizalla y a la deformación permanente bajo doblado.

Además, existen ciertas reglas que se han llegado a establecer:

- Los hilos hilados o hilos de filamentos, estén o no trenzados, de fibras de 100% acero inoxidable no pueden ser cosidos con aguja ni con bobina. De la misma forma ocurre con los hilos hechos de 100% fibra de carbono.
- Los filamentos hechos de fibras poliméricas (nylon) y cables de cobre recubiertos de plata (normalmente ~30 μm de diámetro) no son aptos para coser con aguja y difícil con la bobina.
- Los cables de metal (Cu, Ag o Au) no son aptos para coser.
- Hilo hilado de acero inoxidable puede ser apto para el bordaje como hilo superior si el porcentaje de fibras de acero inoxidable es muy bajo ($\leq 20\%$). Con bobina, los hilos hilados pueden ser procesados incluso si tienen alto contenido en fibra (70% acero inoxidable y 30% Kevlar).
- Los filamentos retorcidos de nylon y tres hebras continuas de acero inoxidable no son aptos para coser a máquina con aguja, pero si con bobina.
- Los hilos hechos de fibras de poliéster y un bajo porcentaje de fibras de carbono son aptos para coser con aguja y con bobina. Aun así, las fibras de carbono se rompen fácilmente durante el procesamiento y uso, lo cual luego reduce la débil conductividad y pueden ser dañinos para los sistemas electrónicos ya que las fibras rotas flotan alrededor por el aire. En el interior de

los ordenadores u otros sistemas electrónicos robustos pueden provocar cortocircuitos.

- Los hilos conductores entorchados no son aptos para coser como hilo superior ya que la lámina de metal que los envuelve se atasca en el ojo de la aguja. Algunas pueden ser aptas para coser con bobina pero normalmente son bastante gruesas, lo que las hace ineficientes en el carrete.



Fig.28 Tela con hilo conductivo [50]

- Algunos hilos de filamentos hechos de fibras poliméricas recubiertos de metal son aptos para coser como hilo superior o inferior. Algunos de estos incluso muestran buena conductividad (por debajo de algunas décimas de Ω/m).

Aparentemente, aquellos hilos conductores que se basan en mezclar fibras conductoras con fibras no conductoras solo son aptos para bordar si la proporción de fibras conductoras es baja. Esto implica una alta resistencia la cual es poco atractiva

ya que limita la aplicabilidad de la tecnología. Por lo tanto, los hilos hechos de fibras poliméricas recubiertas de metal son los únicos que pueden ser utilizados para bordar a máquina y ofrecer conductividad.



En general, se podrían resumir diciendo que cuanto más alto es el porcentaje de material conductor, menos adecuado es el hilo para

coser. De este modo, existe siempre un equilibrio entre conductividad y costurabilidad.

Fig.29 Máquina overlock [52]

Bordado de contactos

Se trata de usar el mismo hilo cableado para hacer los contactos con un módulo electrónico. Mediante un nudo con un hilo conductor se crea una conexión mecánica y

eléctrica. Sin embargo, la elección de este hilo también es crucial para la durabilidad del nudo, ya que pueden romperse bajo estrés.

Puede usarse tanto para conectar componentes de tejidos inteligentes como placas electrónicas a sustratos electrónicos finos.



Fig.30 Hilo conductivo bordado a tejido [26]

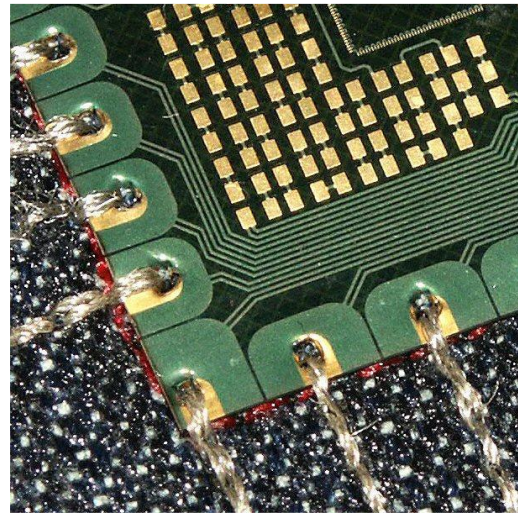


Fig.31 Hilo conductivo bordado a tejido y electrónica flexible [26]

Contactos eléctricos bordados a un teclado tejido (izquierda) y a un módulo de sustrato flexible (derecha).

Los sustratos rígidos (sustratos reforzados con fibras) requieren que se perfora antes la placa. Los sustratos de poliméricos delgados (sin refuerzo con fibras) pueden ser atravesados por la aguja, haciendo opcional el preagujereado. Los sustratos poliméricos delgados no son adaptables o plegables y por lo tanto no pueden lavar o llevar puestos sin proteger las partes grandes del módulo. Solamente las partes pequeñas, como las placas electrónicas, pueden ser dejadas sin protección. Por supuesto, el sustrato rígido tampoco es adaptable, pero puede resistir la mayoría del estrés típico de las aplicaciones textiles. La característica básica común de cualquier contacto bordado es que tanto el hilo como la placa electrónica, sean eléctricamente conductivas en la superficie. El mecanismo de hacer un nudo o fijar mediante bordado hace que el hilo y la placa electrónica tengan un contacto físico y eléctrico [26].

Hilos conductivos en aplicaciones alimentadas

Las aplicaciones alimentadas comprenden, desde los sensores digitales de baja potencia hasta las aplicaciones de iluminación de alta potencia. En las aplicaciones alimentadas una pérdida de resistencia en el cableado causa un acelerado agotamiento de la batería. También la caída de tensión puede llegar a ser un factor crítico.

Puede resumirse diciendo que las diferentes aplicaciones requieren que la resistencia de la interconexión entre dos unidades es como máximo entre algunas decenas de Ω/m para aplicaciones alimentadas, y unos pocos kW/m para dispositivos de entrada como sensores de contacto. Los hilos de bordar más conductores alcanzan valores de aproximadamente $20 \Omega/m$. Mediante la aplicación de estos hilos como hilo superior e inferior, la resistencia por pista de bordado puede reducirse a la mitad. Una reducción adicional por pista de bordado se puede lograr bordando la pista varias veces (o trivialmente bordando varias pistas).

Los efectos analógicos, como el acoplamiento capacitivo, no necesitan tenerse en cuenta para las típicas aplicaciones ya que las frecuencias generalmente son bajas. Por supuesto, cuando se desarrollan aplicaciones, las demandas reales tienen que ser establecidas de forma personalizada por los desarrolladores.

Los contactos al final de cada pista conductora bordada no deben cambiar significativamente la resistencia total entre las unidades. Para aplicaciones, como un sensor de contacto, las resistencias de contacto, incluso de 10Ω por contacto, no son críticas. También para las conexiones de sensores analógicos una alta resistencia de contacto, normalmente puede no ser un problema, sin embargo, puede ser importante que el contacto sea particularmente estable y con bajo nivel de ruido.

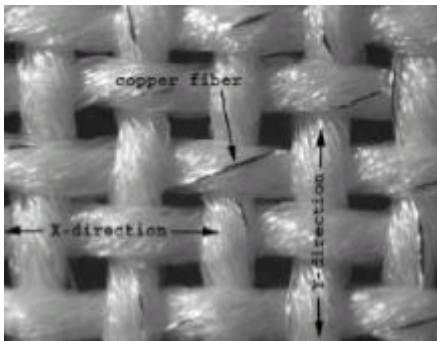
Textiles conductivos

Hay diferentes maneras de producir telas conductoras de la electricidad. Un método consiste en integrar hilos conductores en una estructura textil, por ejemplo, por el tejido. Sin embargo, la integración de los hilos conductores en una estructura es un complejo y rara vez un proceso uniforme, ya que hay que garantizar que el tejido eléctricamente conductor es cómodo de llevar y suave en contacto en vez de duro y rígido. Conductividad se puede establecer con diferentes tipos de rosca.

Para que un tejido sea conductivo es necesario que tenga algún componente que sea conductivo, bien como hilos o alambres, como se ha hablado antes, con partículas

depositadas por encima del tejido, recubrimientos explicado antes, o también puede estar bañando en algún material conductor.

Sin embargo, las estructuras de tela tejida pueden proporcionar una red compleja que se puede utilizar como circuitos eléctricos elaborados con numerosos componentes eléctricamente conductores y no conductores, y ser estructurado para tener múltiples capas y espacios para dar cabida a los dispositivos electrónicos.



diseño estándar.

Investigadores del Departamento de Electrónica y Laboratorio Wearable Computing en la ETH Zürich producen en una estructura textil tejido liso que consiste en hilos de poliéster que se retuercen con un hilo de cobre. Inicialmente, comenzaron con un

Fig.32 Estándar diseño de hilo de cobre torcido con fibras de poliéster [45]

A continuación, los investigadores a diseñar un tejido híbrido llamado PETEX. Se compone de hilo de poliéster monofilamento tejido (PET) con un diámetro de 42 micras de aleación de cobre y cables con un diámetro de 50 ± 8 micras (AWG 461). Cada cable de cobre en sí está recubierto con un barniz de poliuretano como aislamiento eléctrico. La rejilla de alambre de cobre en la industria textil cuenta con un espaciamiento de 570 mm (número de malla en la urdimbre y en la trama es de 17,5 cm⁻¹). Con la PETEX los investigadores de ETH introducen un nuevo enfoque para textiles inteligentes y, en particular, un nuevo método de fabricación. El objetivo era la posibilidad de realizar un circuito de textil a medida.

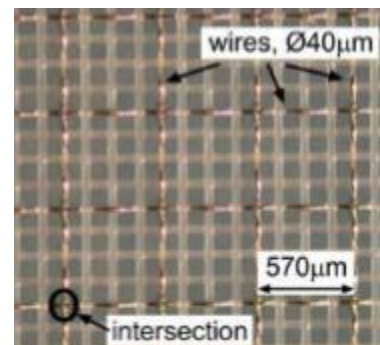


Fig.33 PETEX [45]

La estructura de cableado entre los componentes del circuito se establece mediante la conexión de las de tela incrustada cables de cobre. Los cortes deben ser colocados en lugares específicos en el cableado con el fin de evitar cortocircuitos entre hilos de cobre. En particular, el procedimiento es el siguiente:

- La eliminación de capas de hilos de cobre definidas en las intersecciones con la ablación por láser.
- Cortar los cables, evitando la fuga de señal con láser.
- La creación de la interconexión con una gota de adhesivo conductor.
- Adición de protección mecánica y eléctrica con un depósito de resina epoxi [7].

Goma conductiva

Se ha podido observar que existen varios sistemas para conducir la electricidad y poder aplicarla al mismo tiempo a un textil, tanto impresión de tintas conductoras sobre materiales textiles como el bordado o tejido con un componente conductor. Además de todos estos métodos, se le puede añadir las gomas conductoras, ya que bordándolas al tejido podrían ser más que eficaces a la hora de conducir la electricidad.

Las gomas conductoras se fabrican con un componente polimérico elastómero, caucho, y por otro lado se le aplica un tanto por ciento de componente conductor, como plata, níquel, vidrio plateado, aluminio plateado o grafito. Con tan solo un 1% del material conductor ya es suficiente como para conducir electricidad por toda la goma.

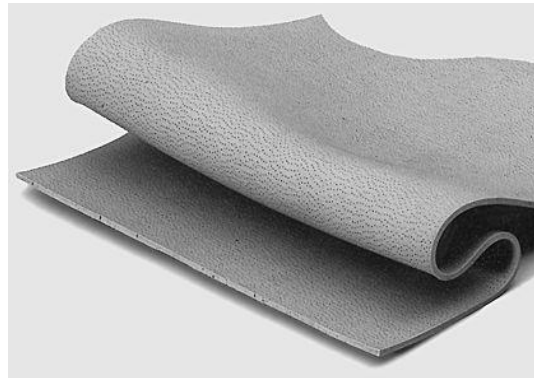


Fig.34 Imagen goma conductiva [53]

Este formato del material es muy flexible y resistente a altas presiones y temperaturas, además que conserva las propiedades químicas y físicas a unas altas tensiones y sufrimiento del material.

El material se puede fabricar con la forma que desee el cliente tales como láminas, piezas moldeadas, troquelado, tiras, anillos, etc. Ya que su forma no depende de la calidad de la conductividad de la electricidad. Se fabrican con diferentes espesores, con distintos porcentajes del material conductor, cuanto más material conductor mayor conductividad pero menor elasticidad, ya que al eliminar parte del componente elastómero elimina elasticidad.


Se utiliza en muchos ámbitos como los siguientes:

- Aeroespacial: muy robusto en condiciones muy duras.
- Electrónica: sensores elásticos.
- Bioingeniería: ninguna corrosión, muy útil para reemplazarlo de implantes metálicos pesados en articulaciones. Además las gomas con dimensiones gruesas se pueden utilizar para los músculos artificiales debido a la flexibilidad y las propiedades conductoras para las señales bio-eléctricas [27].

Productos del mercado

En este apartado se han creado las siguientes tablas para mostrar un pequeño estudio de mercado de las distintas empresas que proporcionan los materiales adecuados para la realización de los ensayos posteriores.

Tintas conductoras

EMPRESA	MODELO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p>METHODE</p>  <p><i>Fig.35</i></p>	CONDUCTIVE INKJET 9101	Nanopartículas de plata	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicado a través de cabezales de impresión térmicos o piezoeléctricos • Se cura a temperatura ambiente inmediatamente después de la orientación en los medios recubiertos • RoHS • Formulaciones personalizadas • La viscosidad de 3,5 cps • La densidad de 1,2 g/ml • Superficie de energía 55 dinas/cm • Imprimir espesor de 1 micra • Ancho de línea líneas 75 micras y espacios (dependiendo del tamaño de la gota) • La resistencia eléctrica de 25 miliohmios por cuadrado como impresos (dependiendo del tamaño de la gota) • De color oro metálico • Excelente Resistencia a la flexión • Excelente adhesión 	- [28]

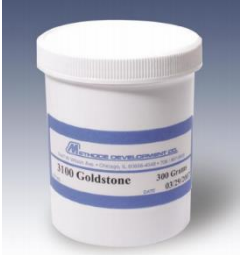
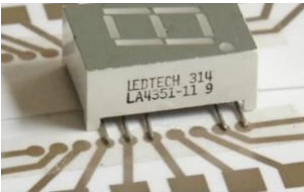
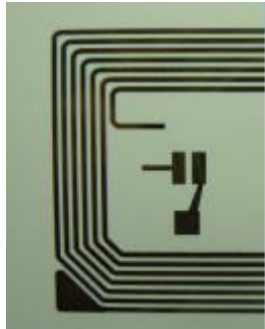
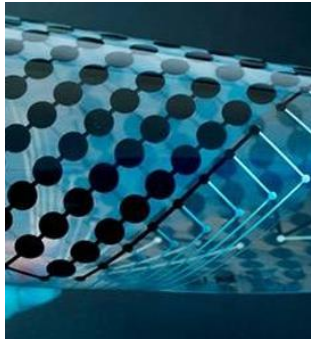
<p>METHODE</p> 	<p>GOLDSTONE 3100</p>	<p>Polímero con base de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente resistencia al frote • Ahorro de material de 35 - 40% bañado en oro. - [28] • acorta el tiempo total del ciclo mediante la reducción de los 15 pasos necesarios para chapado en oro a 5 para la impresión de Goldstone. • Alta conductividad 1-3 Ω resistencia de contacto. • Extremadamente resistente al desgaste, puede soportar hasta 5 millones de ciclos. • Horno de convección curable a 145 ° C durante 45 minutos o de infrarrojos con perfiles adecuados en menos de 12 minutos • La viscosidad de 50 000 a 100 000 cps • Vida de uso de 6 meses •
<p>METHODE</p> 	<p>INKJET SILVER INK</p>	<p>Nanopartículas de plata</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar a través de impresoras de inyección térmicos o piezoeléctricos - [28] • Excelente conductividad • Resistencia eléctrica • Conformidad con la RoHS • Ofrece personalización a alta velocidad • Transición fácil y rápida • Aplicaciones: pasaportes, identificación anti-falsificación, circuitos flexibles, teclados sensorizados, dispositivos desechables.



Fig.36




Fig.37




METHODE	INKJET CARBON INK	Nanopartículas de carbón	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar a través de impresoras de inyección térmicas o piezoeléctricas • Excelente conductividad • Resistencia eléctrica • Conformidad con la RoHS • Ofrece personalización a alta velocidad • Transición fácil y rápida • Aplicaciones: pasaportes, identificación anti-falsificación, circuitos flexibles, teclados sensorizados, dispositivos desechables. 	- [28]
	<i>Fig.38</i>			
SIGMA-ALDRICH	CARBON NANOTUBE INK	Nanotubos de carbón	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia eléctrica <math><1000 \Omega/m^2</math> • Viscosidad de 17.7 Pa.s 25°C • Temperatura de mantenimiento 2-8°C • Transparente conducción • Líquido viscoso negro • Alta conductividad • Alta resistencia a la oxidación • Aplicaciones para impresión de electrónica flexible, fil de transistores, sensores electroquímicos 	366.5€/100ml [29]
SIGMA-ALDRICH	GRAPHENE INK	Copos de grafeno	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia eléctrica 4k Ω/m^2 • Temperatura de curado 180°C sobre PET o PEN 	283€/5ml [29]




			<ul style="list-style-type: none"> • Viscosidad de 1cP (25°C) • Una concentración de 0,1wt.% solido en agua • Liquido • Curado 100°C por 10min • Alta conductividad • Alta resistencia a la oxidación • Aplicaciones para impresión de electrónica flexible, fil de transistores, sensores electroquímicos
<p>TEKRA</p>  <p><i>Fig.39</i></p>	<p>ELECTRODAG 479SS</p>	<p>Polímero basado en plata</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conductivo • Rápido curado • Excelente resistencia a la abrasión y dureza • Impresión fina linea • Tiempo residente en la pantalla extendido • Muy baja resistencia: <math><0,02 \Omega/m^2</math> • Adhesión superior a film de poliéster • Temperatura máxima de operación 200°C • Solvente acetato • Viscosidad 12 Pa • Contenido de solido 74,6 % • Densidad: 2,56 g/cm³ • Color plata <p style="text-align: right;">- [30]</p>

Hilos conductores

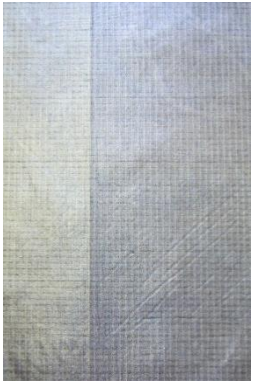

EMPRESA	MODELO	COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
DF ROBOT  <p><i>Fig.40</i></p>	CONDUCTIVE THREAD-60G DF-FIT0340	Hilo de fibras de acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia 91 Ohms/m Peso 60g Aplicaciones para conexión con dispositivos electrónicos 	\$77,51 [31]
STATEX  <p><i>Fig.41</i></p>	PLATED NYLON 66 YARN 117/17 DTEX 2-PLY	Hilo de Nylon 66 bañado en Plata	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia aproximada de 300 Ω Hilo muy fino 117/17 dtex Anti-microbio Aplicaciones para prendas, tejidos inteligentes, costura. Tenacidad: 70cN/tex Elongación de 40% Temperatura de fusión: 255°C 	- [32]

<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.42</i></p>	110/34 DTEX HC	Hilo de Nylon 66 bañado en plata 110/24 dtex	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia 50 Ω/cm • Tenacidad 45 cN/m • Elongación un 45% • 110/24 dtex • Punto de fusión:255°C 	308€/kg [32]
<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.43</i></p>	235/34 DTEX 4-PLY	Hilo de Nylon 66 bañado en plata 235/34 dtex 4-ply	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia 500 Ω/m • Tenacidad 48 cN/m • Elongación un 18% • 235/34 dtex • Punto de fusión:255°C 	329€/Kg [32]
<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.44</i></p>	22/DTEX RD	Hilo de Nylon 6 bañado en plata 22/1 dtex	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia 200 Ω/cm • Tenacidad 58 cN/m • Elongación un 18-25% • 22/1 dtex • Rango de temperatura: 255°C 	293€/kg [32]

<p>TIBTECH</p>  <p><i>Fig.45</i></p>	THERMOSEW 3Z	100% multifilamentos micrométricos de acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia eléctrica 14 Ω/m • Elongación de 1,5% • 560 tex = 260 x 2 tex • Resiste temperaturas muy altas • Conductividad eléctrica y térmica constante • Excelente resistencia contra la flexión múltiple o efecto fatiga • Buena resistencia mecánica 	523,2€/km [33]
<p>TIBTECH</p>  <p><i>Fig.46</i></p>	TENAX CARBÓN	100% carbón Tenax	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia eléctrica 218 Ω/m • Resiste temperaturas muy altas • 67x2 tex • Elongación 1,5% • Conductividad eléctrica y térmica constante • Excelente resistencia contra la flexión múltiple o efecto fatiga • Buena resistencia mecánica 	151.20€/km [33]
<p>TIBTECH</p>  <p><i>Fig.47</i></p>	TUNGSTENE	Mono-filamento	<ul style="list-style-type: none"> • Muy conductivo • Resistente a temperaturas muy altas • Diámetro de 20 micras 	1776€/km [33]

<p>BEKAERT</p>  <p><i>Fig.48</i></p>	<p>BEKINOX YARN 400</p>	<p>Bekinox + poliéster</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 400 tex • Elongación 1% • Resistencia a la conductividad 20 Ω/cm • • • • • 	<p>- [34]</p>
<p>BEKAERT</p>  <p><i>Fig.49</i></p>	<p>BEKINOX WN</p>	<p>100% acero inoxidable</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia eléctrica de 70,30, 29, 14 Ω/m • 110,250 tex • Tensión de rotura 20-25 N • Elongación 1% • • 	<p>- [34]</p>
<p>BEKAERT</p>  <p><i>Fig.50</i></p>	<p>BEKIFLEX MR</p>	<p>Acero galvanizado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia eléctrica de 1,63;1,09 Ω/m • Elongación 1% 	<p>- [34]</p>

Telas conductivas

EMPRESA	MODELO	COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.51</i></p>	BERLIN RS	Tela tejida de Nylon recubierta de plata conductora	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Revestimiento: (+ B) A una cara: recubrimiento de PUR conductora * (lado recubierto de PUR = lado funcional) • Resistividad de superficie: 0,3 ohmios/m media (máx. <0,5 ohmios/m) • Blindaje efectivo: Promedio > 60 dB de 300 MHz a 3 GHz • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.110mm ± 10% • Peso total: 55g/m² ± 6g/m² • Ancho del rollo: 128 cm + 2 / -1cm • Longitud del rollo: promedio 300m 	- [32]
<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.52</i></p>	BUDAPEST	Tela tejida de poliamida chapada de plata	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Resistividad de superficie: < 1 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 40 dB de 300 MHz a 3 GHz • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.150mm ± 10% • Peso total: 28g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 150 cm + 3cm • Longitud del rollo: promedio 100m 	- [32]

STATEX*Fig.53*

KASSEL

Tela tejida de poliamida ripstop chapado de cobre y plata a prueba de corrosión

- Resistividad de superficie: < 0,03 ohmios/m
- Blindaje efectivo: Promedio 80 dB de 300 MHz a 3 GHz
- Rango de temperatura: -30°C to 90°C
- Espesor total: 0.110mm ± 10%
- Peso total: 93g/m² ± 10%
- Ancho del rollo: 130 cm + 3cm
- Longitud del rollo: promedio 200m

47.3€ (1 metro) [32]



STATEX*Fig.54*



PRAG



Tela tejida de poliamida ripstop con revestimiento de cobre



- Resistividad de superficie: < 0,05 ohmios/m
- Blindaje efectivo: Promedio 60-75 dB de 30 MHz a 1.5 GHz
- Rango de temperatura: -30°C to 90°C
- Espesor total: 0.08mm ± 10%
- Peso total: 82g/m² ± 10%
- Ancho del rollo: 132 cm + 3cm
- Longitud del rollo: promedio 200m

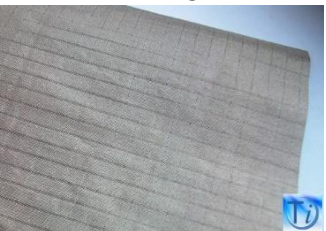


18.7€ (1 metro) [32]




STATEX	NORA	Tela tejida de poliamida con plata níquel y cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividad de superficie: < 0,03 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio 85 dB de 300 MHz a 3 GHz • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.100mm ± 10% • Peso total: 80g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 130 cm + 3% • Longitud del rollo: promedio 200m 	- [32]
	Fig.55			
STATEX	ZELL	Tela tejida de poliamida con plata estaño y cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividad de superficie: < 0,02 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio 80 dB de 300 MHz a 10 GHz • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.110mm ± 10% • Peso total: 77g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 130 cm + 3% • Longitud del rollo: promedio 200m 	51.20€ (1 metro) [32]
	Fig.56			




<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.57</i></p>	BALINGEN	Tela de punto de poliamida chapada de plata	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Resistividad de superficie: <0,6 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 55 dB de 300 MHz a 3 GHz • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.260mm ± 10% • Peso total: 62g/m² ± 6g/m² • Ancho del rollo: 140 cm + 3-10cm • Longitud del rollo: promedio 50m 	31.20€ (1 metro) [32]
<p>STATEX</p>  <p><i>Fig.58</i></p>	MED-TEX P70	Tela de punto de 79%poliamida y 21% elastano chapado de plata	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Flexibilidad: doble dirección de flexibilidad • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.35mm ± 10% • Peso total: 114g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 135 cm + 5cm • Longitud del rollo: promedio 50m 	46.20€ (1 metro) [32]

STATEX	MED-TEX P130	Tela de punto de 78%poliamida y 22% elastano chapado de plata	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Flexibilidad: doble dirección de flexibilidad • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.45mm ± 10% • Peso total: 130g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 132 cm + 5cm • Longitud del rollo: promedio 30m 	76.70€ (1 metro) [32]
				
<i>Fig.59</i>				
STATEX	MED-TEX P180	Tela de punto de 94%poliamida y 6% elastano chapado de plata	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Flexibilidad: 095/0,20% OS(una dirección de estiramiento urdimbre) • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.55mm ± 10% • Peso total: 210g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 135 cm + 5cm • Longitud del rollo: promedio 30m 	80€ (1 metro) [32]
				
<i>Fig.60</i>				

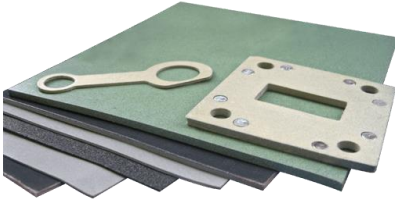
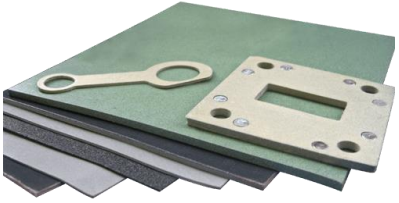
<p>STATEX</p>	<p>TECHNIK-TES P130</p>	<p>Tela de punto de 78%poliamida y 22% elastano chapado de plata</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Flexibilidad: doble dirección de flexibilidad • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Revestimiento: poliuretano como revestimiento de proteccion • Resistividad de superficie: 0,2 ohmios/m • Espesor total: 0.45mm ± 10% • Peso total: 130g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 132 cm + 5cm • Longitud del rollo: promedio 30m 	<p>- [32]</p>	
	<p><i>Fig.61</i></p>	<p>TECHNIK-TES P180</p>	<p>Tela de punto de 94%poliamida y 6% Dorlastan chapado de plata</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bañado: 99% de plata pura • Flexibilidad: 095/0,20% OS(una dirección de estiramiento urdimbre • Revestimiento: poliuretano como revestimiento de proteccion • Resistividad de superficie: 0,2 ohmios/m • Rango de temperatura: -30°C to 90°C • Espesor total: 0.55mm ± 10% • Peso total: 170g/m² ± 10% • Ancho del rollo: 135 cm + 5cm • Longitud del rollo: promedio 30m 	<p>- [32]</p>
	<p><i>Fig.62</i></p>				

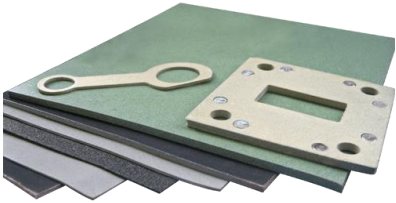

TIBTECH	TIBSHIELD TIAD 35 -NP	Tela tejida ripstop con acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> • Peso total: 85g/m² • Blindaje efectivo: Promedio 70 dB de 3 MHz a 10 GHz 	- [33]
				
<i>Fig.64</i>				
TIBTECH	TIBSHIELD TISDI- 135 PN	Tela con acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> • Peso total: 45g/m² • Blindaje efectivo: Promedio >50 dB de 3 MHz a 10 GHz • Estructura flexible y poco pesada 	- [33]
				
<i>Fig.65</i>				
TIBTECH	MOLDTECH2	Tela de punto de acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> • 100% acero inoxidable • Peso total: bajo • Anchura de rollo 160 cm 	- [33]
				
<i>Fig.66</i>				

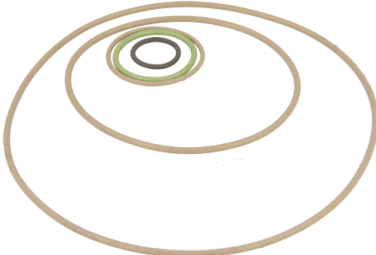

<p>TIBTECH</p>  <p><i>Fig.67</i></p>	<p>TIBSLEEVE 75/1</p>	<p>Tela de punto estructura tubular 100% hilo spuntech</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro de 70 a 85mm • 100% inox Spuntech 	<p>- [33]</p>
<p>TIBTECH</p>  <p><i>Fig.68</i></p>	<p>TIBSLEEVE 9/1</p>	<p>Tela de punto estructura tubular 100% hilo spuntech</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro de 8 a 10mm • 100% inox Spuntech 	<p>- [33]</p>
<p>HOLLAND SHIELDING</p>  <p><i>Fig.69</i></p>	<p>CONDUCTIVE TEXTILE 4721</p>	<p>Tela tejida de poliéster ripstop metalizada con cobre y níquel con adhesivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividad de superficie: 0,05 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 60 dB de 10MHz a 3 GHz • Rango de temperatura: -20°C a 40°C • Contenido de cobre: 8% ± 2 • Contenido de níquel: 6% ± 2 • Espesor total: 0.160mm ± 0.02 • Peso total: 240g/m² ± 10g/m² • Ancho del rollo: 70 cm 	<p>- [35]</p>

<p>HOLLAND SHIELDING</p>  <p><i>Fig.70</i></p>	<p>CONDUCTIVE TEXTILE 4721</p>	<p>Tela de punto poliamida con revestimiento de plata</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividad de superficie: 0,5 ohmios/m - [35] • Blindaje efectivo: Promedio 35 dB de 1GHz a 10 GHz • Rango de temperatura: -30°C a 90°C • Espesor total: 0.4mm ± 0.02 • Peso total: 146g/m² ± 10g/m²
<p>EEONYX</p>  <p><i>Fig.71</i></p>	<p>EEONYX TMD-PI- 36</p>	<p>No tejido de poliéster con polímero conductivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividad de superficie: 36 ohmios/m² - [36] • Elongación 40% • Espesor total: 0.8 • Peso total: 223 g/m² • Rango de temperatura: -50°C a 250°C
<p>EEONYX</p>  <p><i>Fig.72</i></p>	<p>EEONYX LTT-SLPA</p>	<p>Tejido de punto 72% nylon y 28% Elastano</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistividad de superficie: 2K a 100K ohmios/m² - [36] • Peso total: 163 g/m²

Gomas conductivas

EMPRESA	MODELO	COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS	PRECIO
HOLLAND SHIELDING  <i>Fig.73</i>	5750	Goma de silicona recubierto de plata y aluminio	<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor: Plata y aluminio • Tensión: 90 psi • Rango de temperatura -60°C a 185°C • Resistividad de superficie: 0,008 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 120 dB a 100 MHz • Espesor total: 0.25 a 0.50 mm • Elongación: 90% 	17.8 - 27.8 – 39 € (dependiendo de espesor) [35]
HOLLAND SHIELDING  <i>Fig.74</i>	5755	Goma de silicona recubierto de grafito	<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor: grafito • Tensión: 50 psi • Rango de temperatura -60°C a 185°C • Resistividad de superficie: 1,8 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 70 dB a 100 MHz • Espesor total: 0.2 a 3 mm • Elongación: 50% 	200x300 mm 2mm de espesor 98€ [35]

HOLLAND SHIELDING	5760	Goma de silicona recubierto Ni-grafito	<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor: Ni-grafito • Tensión: 50 psi • Rango de temperatura -60°C a 185°C • Resistividad de superficie: 0,05 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 100 dB a 100 MHz • Espesor total: 0.25 a 0.5 mm • Elongación: 50% 	14.8 – 29 € (dependiendo de espesor) [35]		
	<i>Fig.74</i>	HOLLAND SHIELDING	5770	Espuma de recubierto cobre -níquel	<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor: cobre y níquel • Tensión: 80 psi • Rango de temperatura -10°C a 80°C • Resistividad de superficie: 0,1 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 100 dB a 100 MHz • Espesor total: 0.2 a 0.2 mm • Elongación: 50% 	1 m ² 2mm de espesor 289€ [35]
	<i>Fig.75</i>					

HOLLAND SHIELDING	7900	Anillo de goma conductivos de diferentes diámetros	<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor: grafito o níquel o partículas de plata - [35] • Diámetros: 14 a 44,1 mm • Tensión: 80 psi • Rango de temperatura -10°C a 80°C • Resistividad de superficie: 0,1 ohmios/m • Blindaje efectivo: Promedio > 100 dB a 100 MHz • Espesor total: 1,8 a 2,6 mm
 <p style="text-align: center;">Fig.76</p>	MAJR PRODUCTS MULTICON 1500 SERIES	Goma de silicona con material conductor	<ul style="list-style-type: none"> • Material conductor: aluminio - [37] • Temperatura de resistencia 227°C • Blindaje efectivo: Promedio 40 dB a 10 MHz • Espesor total: 0.11mm
 <p style="text-align: center;">Fig.77</p>			

TIGERS POLYMER CORPORATION



Fig.78

EP-2 TYPE

Goma de silicona con elemento conductivo

- Resistividad 10^2 Ohms/cm
- Elongación 410%
- Espesor 1-3 mm

- [38]

Tal y como se ha comentado en el apartado de objetivos, en este trabajo se estudia la incorporación de unos electrodos en el textil, para poder medir los distintos valores que se registren del entrenamiento de triatlón. Estos electrodos deben de ser conductivos, eléctricamente hablando, ya que recogerán los valores de ciertas constantes vitales cómo ritmo cardíaco, respiración, etc. La información recopilada se enviará directamente al dispositivo para el almacenamiento de los datos transmitidos.

Los electrodos deben ser resistentes al agua dado que el sujeto estará expuesto a pruebas de natación tanto en agua salada como en agua dulce o clorada. Este es el principal problema a solucionar en este proyecto, es decir, es necesario probar distintos materiales para comprobar cuál de ellos es más resistente y duradero al agua, en los tres casos posibles.

A continuación se detallan tanto los materiales utilizados como las pruebas realizadas sobre éstos para su utilización como electrodos. En el apartado de métodos se describe paso a paso los dos ensayos realizados (Preliminar 1 y Preliminar 2) para comprobar si los materiales adquiridos de distintos proveedores dan buenos resultados o directamente se pueden descartar.

Ensayo preliminar 1: Primero las muestras se someterán a pruebas de conductividad, para valorar la calidad de la señal ECG en diferentes situaciones: fuera del agua, 1 electrodo fuera del agua y otro dentro, o por el contrario los 2 electrodos dentro del agua.



Y en el segundo, ensayo preliminar 2, se analizan diferentes materiales comprobando la conductividad tras varias horas debajo de los tres tipos de agua: salada, dulce y clorada.

Materiales

MATERIAL CONDUCTOR

Como bien se explica en la introducción, los materiales utilizados como electrodos provienen de dos empresas del sector de materiales conductivos que son Holland Shielding y Statex Shieldex. A continuación se definen las características de las diferentes muestras clasificadas dentro de cada empresa con los códigos de referencias que se han empleado.

Ensayo Preliminar 1: Medida de conductividad en agua

NOMBRE MATERIAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Statex Balingen 	SB	Tela de punto de poliamida chapada de plata
Statex Med-tex P70 	SMP70	Tela de punto de 79%poliamida y 21% elastano chapado de plata
Statex Med-tex P130 	SMP130	Tela de punto de 78%poliamida y 22% elastano chapado de plata






<p>Statex Med-tex P180</p> 	SMP180	Tela de punto de 94%poliamida y 6% elastano recubierto de plata
<p>Hilo conductor Statex</p> 	HSTX	Hilo conductor de Nylon 66 recubierto en Plata
<p>Polar H7</p> 	H7	Banda elastic de la marca Polar

Tabla1.- descripción de los materiales empleados

Ensayo Preliminar 2: Medida de conductividad en distintas disoluciones.

NOMBRE MATERIAL	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
<p>Holland Shielding 5750 Conductive Rubber (con adhesivo)</p> 	HS5750 – WA	Goma de silicona recubierto de plata y aluminio con adhesivo.
<p>Holland Shielding 5760 Conductive Ni-Graphite (5760-S-050-50-250)</p> 	HS5760 – 050	Goma de silicona recubierto Ni-grafito con un espesor de 0,50 mm





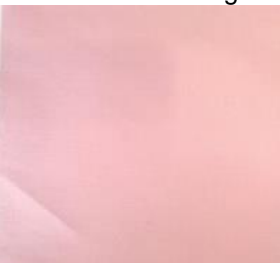

<p>Holland Shielding 5750 Conductive Rubber (5760-S-050-50-250)</p> 	<p>HS5750 – 050</p>	<p>Goma de silicona recubierto de plata y aluminio con un espesor de 0,50 mm</p>
<p>Holland Shielding 5760 Conductive Ni-Graphite (5760-S-025-50-250)</p> 	<p>HS5760 – 025</p>	<p>Goma de silicona recubierto Ni-grafito con un 0,25mm</p>
<p>Holland Shielding 5750 Conductive Rubber (5760-S-025-50-250)</p> 	<p>HS5750 – 025</p>	<p>Goma de silicona recubierto de plata y aluminio con un espesor de 0,25 mm</p>
<p>Statex Shieldex Zell RS</p> 	<p>SSZell</p>	<p>Tela tejida de poliamida con plata estaño y cobre</p>
<p>Statex Shieldex Prag PW</p> 	<p>SSPrag</p>	<p>Tela tejida de poliamida ripstop con revestimiento de cobre</p>
<p>Statex Shieldex Kassel-RS</p> 	<p>SSKassel</p>	<p>Tela tejida de poliamida ripstop chapado de cobre y plata a prueba de corrosión</p>

Tabla 2.- descripción de los materiales empleados

Otros materiales

Se han utilizado tres recipientes de plástico en abierto, sin tapar tal y como se puede observar en la figura siguiente:



Fig.83, Fig.84, Fig.85

Un rotulador y cinta adhesiva para marcar cada muestra.



Fig.86

Equipos

Como equipos de medición se ha utilizado un voltímetro. Indicar la marca otras características técnicas del equipo.



Fig.87

-

Método

A continuación se detallan los procedimientos empleados en los distintos ensayos realizados. Con todo el material utilizado en cada uno y que pautas se han seguido al sumergirlo en el agua y tomar los datos de conductividad.

Ensayo Preliminar 1: Medida de conductividad en agua

Esta prueba consistió en comprobar la conductividad y la señal ECG de diferentes tejidos conductores. Para ello se utilizó:

- Una electrónica realizada por una empresa externa a Aitex junto con una aplicación de móvil es capaz de monitorizar el ritmo cardíaco y la señal ECG, y poder registrar esa información.
- También se utilizó un recipiente con agua para sumergir los electrodos textiles y comprobar las mediciones.
- Cables y conectores que se añadieron a la electrónica y electrodos para realizar las mediciones
- Electrodos textiles.

Se realizaron varias pruebas que consistieron en comprobar la calidad y atenuación de la señal ECG y la resistencia eléctrica/conductividad:

- Test 1: Ningún electrodo sumergido con electrónica AITEX
- Test 2: 1 electrodo sumergido con electrónica AITEX
- Test 3: 2 electrodos sumergidos con electrónica AITEX

A continuación se muestran algunas imágenes de las pruebas realizadas:



Fig.88. Tejidos y equipamiento utilizado



Fig.89. Ejemplo prueba mediciones bajo agua

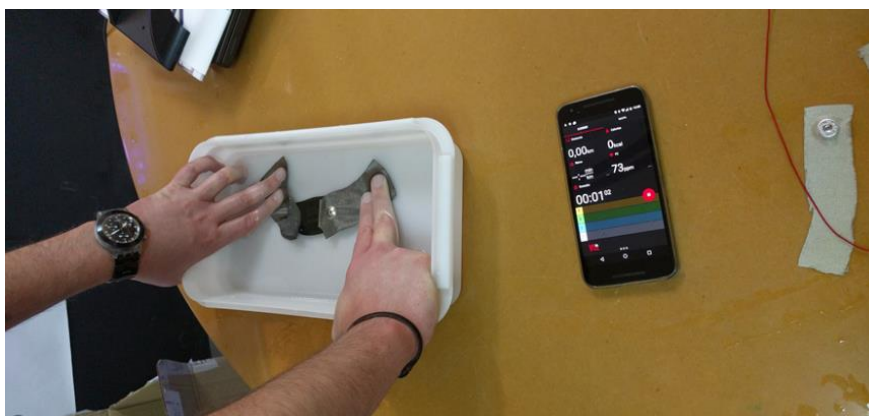


Fig. 90. Prueba con la electrónica de Polar

Ensayo Preliminar 2: Medida de conductividad en distintas disoluciones.

En este segundo ensayo se cree oportuno realizar una serie de pruebas con diferentes materiales para determinar el funcionamiento de estos sumergiéndolos debajo del agua, ya que se utilizarán como electrodos para registrar las pulsaciones y otros datos que nos aporte el ritmo cardiaco.

Las probetas están fabricadas con componentes conductivos, por ello la prueba consistirá en meterlas debajo del agua, en tres cubetas, una con agua salada, otra de agua dulce y por último una con agua clorada. Una vez sumergidas, se medirá la resistencia eléctrica para saber si pierden conductividad al permanecer debajo del agua o continúan teniendo la misma. Dependiendo de los valores obtenidos se decidirá que material es el más adecuado para colocarlo integrado como sensor.

En este ensayo se busca que se modifique lo mínimo posible la conductividad del material durante la prueba, ya que así a la hora de medir las constantes vitales variara en un rango muy pequeño.

A continuación se describe el procedimiento utilizado para la medición de la resistencia eléctrica de las muestras.

Primero de todo se coloca el agua en las cubetas, cada una con la que le corresponda. Se mide el pH de cada una, para saber si a lo largo de la prueba se modifica.

Segundo se corta las diferentes muestras de materiales en dimensiones de probeta obteniendo dos probetas de cada material que ha proporcionado los proveedores. En total se consiguen 16 probetas.

Una vez ya tenemos todo preparado para empezar las mediciones, se colocan marcas en las muestras con una cinta adhesiva y un número con rotulador como referencia.



Fig.91

Se medirán las muestras hasta 408 horas después de sumergirlas, midiendo de 24 horas en 24 horas, excepto fin de semana que contará como 72 horas después. Pero se realizará una medición en seco antes de sumergirlas, para poder comparar luego las mediciones tras estar debajo del agua, otra medición sumergiendo la muestra 1 minuto debajo del agua y a continuación otra medición tras una hora sumergida. A partir de aquí, las mediciones ya se realizarán pasadas las 24 horas. Serán entre 13 y 14 mediciones de cada muestra en cada cubeta de agua.

Las pautas a seguir a la hora de medir la resistencia eléctrica serán:

- Se extraerán todas las muestras a la vez, tras pasar el tiempo reglamentado.
- Sin secar, únicamente escurrir el agua sobrante, se colocarán de forma que facilite la medición con el voltímetro.
- Se procederá a la medición de las dos probetas de cada muestra a una distancia del polo positivo al polo negativo de entre 4 cm y 5 cm en el eje X y centrado en el eje Y.
- Se apuntará los valores cada vez que se midan las dos probetas de una muestra. Los resultados estarán en Ω (ohms).
- Tras haber medido todas las muestras de una cubeta de agua, se devolverá de nuevo a la cubeta, a la espera de la nueva medición.

Resultados obtenidos

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos tras las pruebas realizadas en los dos ensayos preliminares con sus respectivos resultados y conclusiones.

Resultados ensayo preliminar 1

- TEST 1

Los resultados obtenidos del Test 1 tras mantener ambos electrodos fuera del agua son los siguientes:

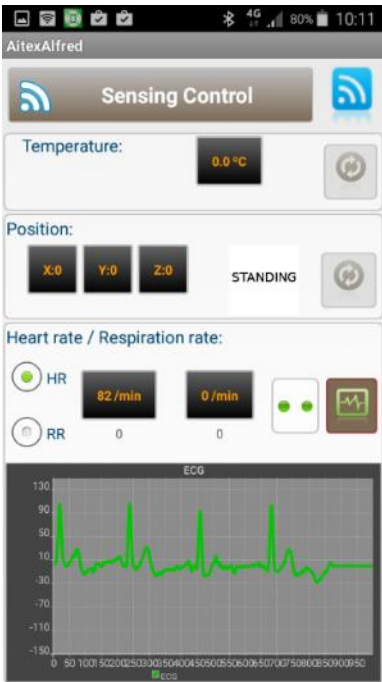
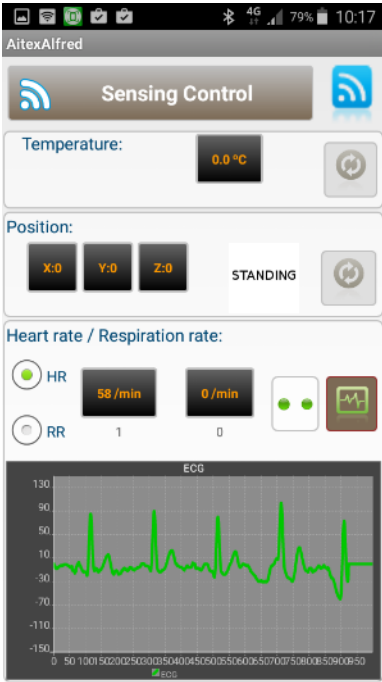
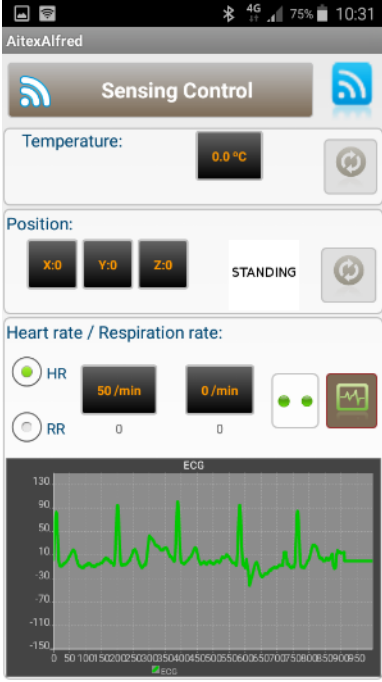
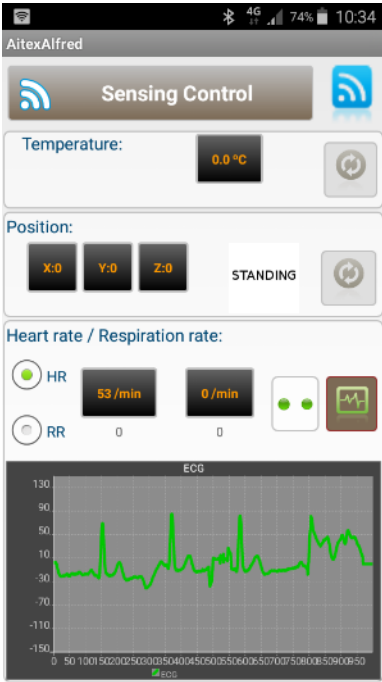
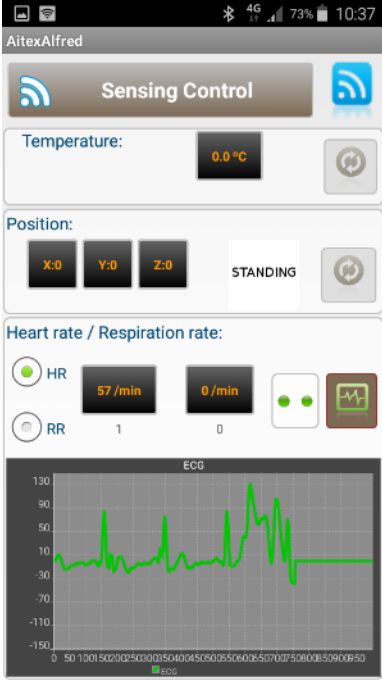
CÓDIGO	BPM	SEÑAL ECG	RESISTIVIDAD a 2cm
SB	82		0.8Ω

Fig.92

<p>SMP70</p>	<p>58</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.93</p>	<p>3 Ω</p>
<p>SMP130</p>	<p>50</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.94</p>	<p>0.8kΩ</p>

SMP180	53	 <p style="text-align: center;">Fig.95</p>	65Ω
HSTX	57	 <p style="text-align: center;">Fig.96</p>	0.8Ω

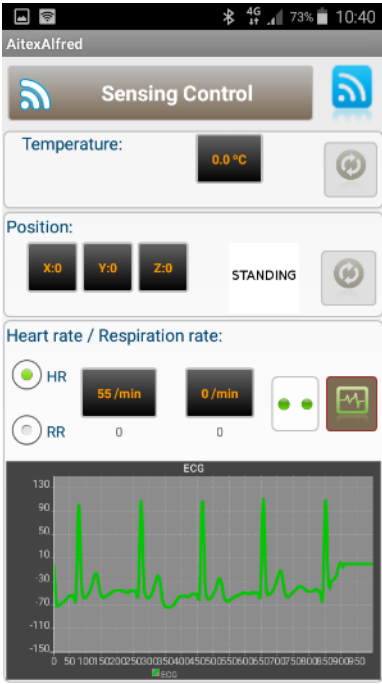
H7	55	 <p>The screenshot displays the 'Sensing Control' app interface. At the top, it shows the status bar with 4G, 73% battery, and 10:40. The app title is 'AitexAlfred'. Below the title, there are three main sections: 'Temperature' showing 0.0 °C, 'Position' showing X:0, Y:0, Z:0, and STANDING, and 'Heart rate / Respiration rate' showing HR 55/min and RR 0/min. At the bottom, there is an ECG graph with a y-axis ranging from -150 to 130 and an x-axis showing time from 0 to 50 seconds. The ECG trace shows a regular rhythm with a heart rate of 55/min.</p>	145Ω
----	----	---	------

Fig.97

Tabla 3.- Resultados del test 1

- TEST 2

Los resultados obtenidos en el Test 2 al sumergir únicamente 1 electrodo con la electrónica de AITEX son los siguientes:

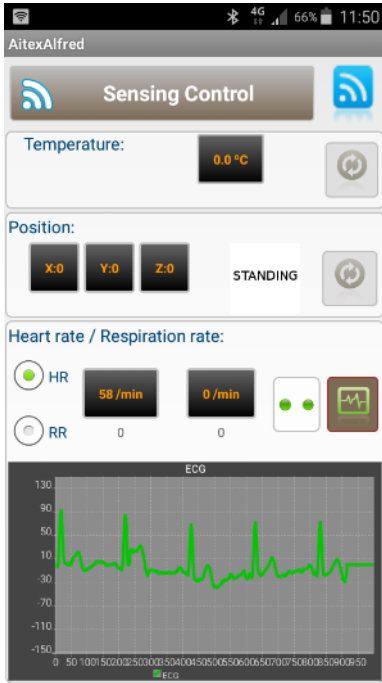
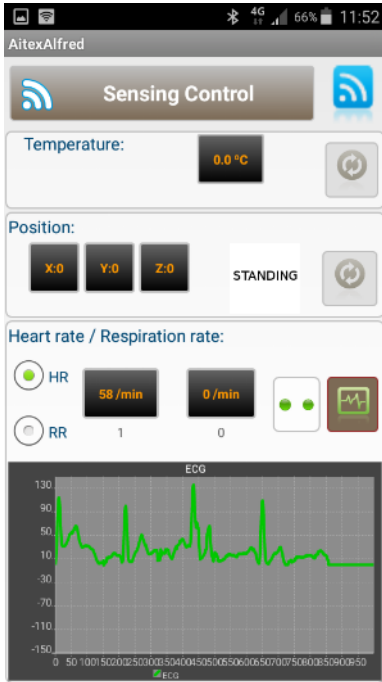
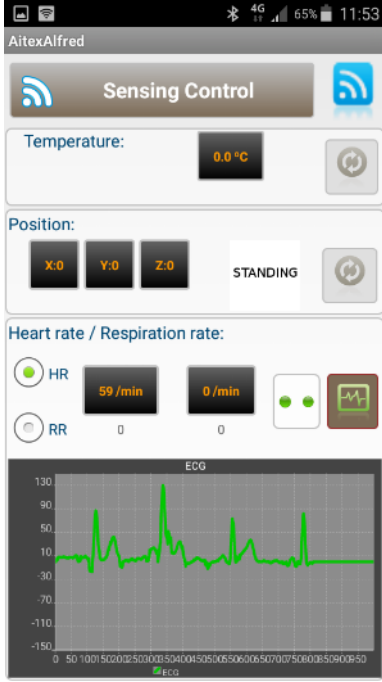
CÓDIGO	BPM	SEÑAL ECG	RESISTIVIDAD a 2cm
SB	54		1Ω
SMP70	58	 <p>The screenshot shows the AITEX Alfred mobile application interface. At the top, it displays 'AITEXAlfred' and various status icons (Bluetooth, 4G, signal strength, 66% battery, 11:50). Below this is a 'Sensing Control' section with a Wi-Fi icon and a power button. The 'Temperature' section shows '0.0 °C' with a power button. The 'Position' section shows 'X:0', 'Y:0', 'Z:0', and 'STANDING' with a power button. The 'Heart rate / Respiration rate' section shows 'HR 58 /min' and 'RR 0 /min' with a power button and a small ECG icon. At the bottom, there is a large ECG waveform plot with a y-axis ranging from -150 to 130 and an x-axis with time markers from 0 to 50 seconds.</p>	3Ω

Fig.98

<p>SMP130</p>	<p>58</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.99</p>	<p>40Ω</p>
<p>SMP180</p>	<p>59</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.100</p>	<p>26Ω</p>

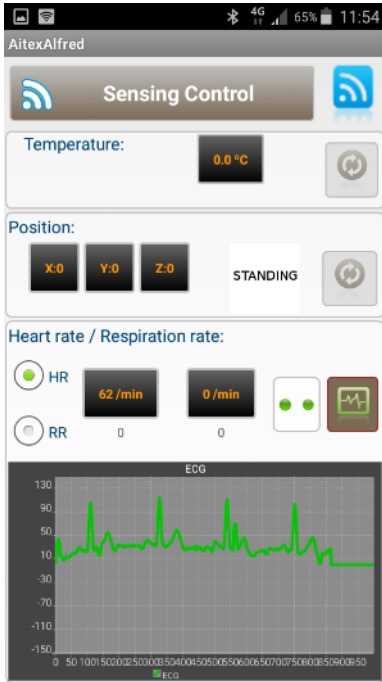
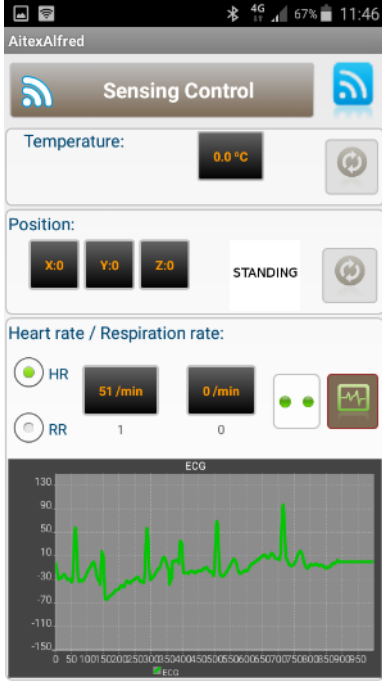
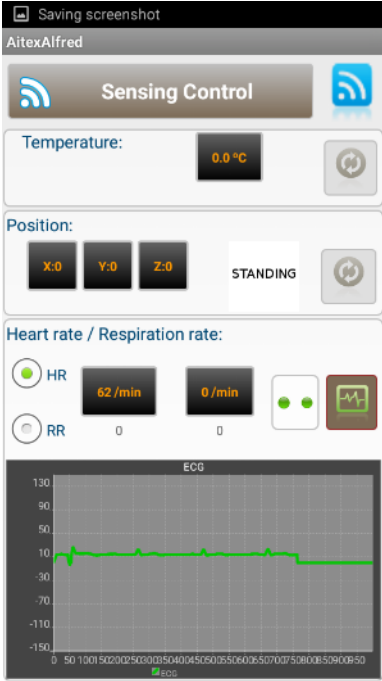
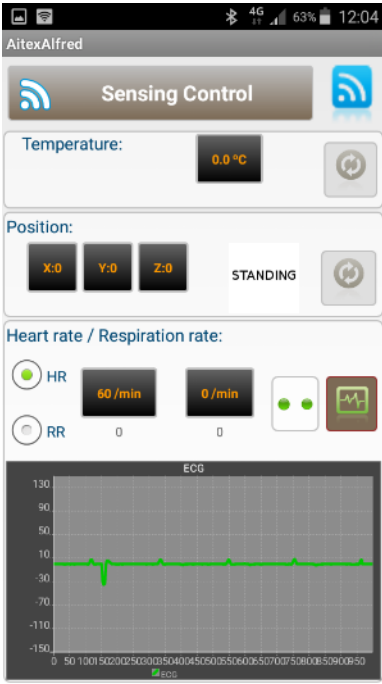
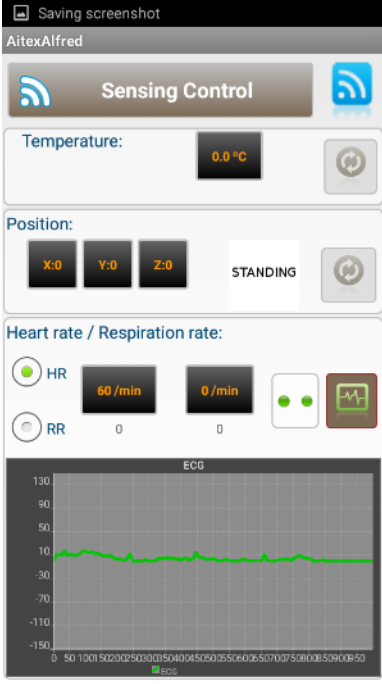
<p>HSTX</p> <p>62</p>		 <p style="text-align: center;">Fig.101</p>	<p>0.9Ω</p>
<p>H7</p> <p>51</p>		 <p style="text-align: center;">Fig.102</p>	<p>160Ω</p>

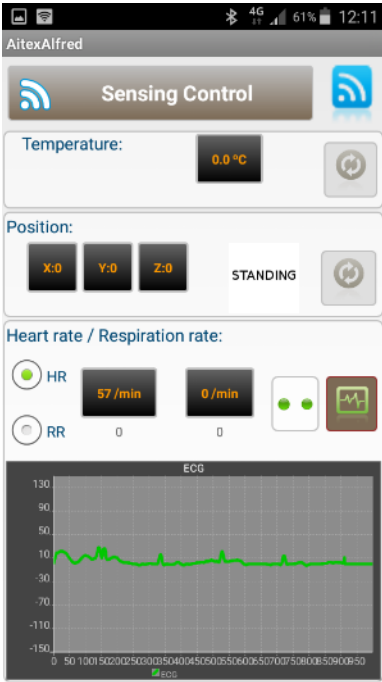
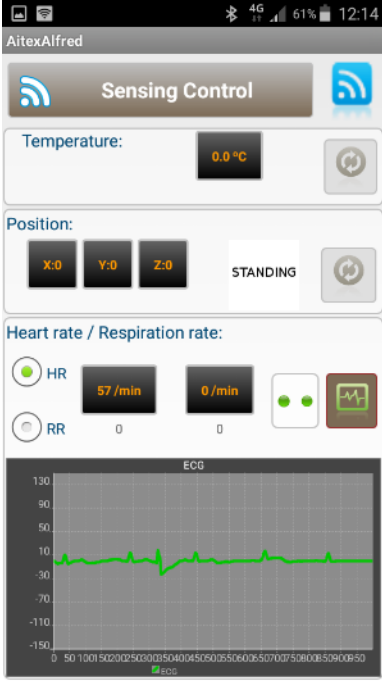
Tabla 4.- Resultados del test 2

- **TEST 3**

Los resultados obtenidos al mantener los 2 electrodos sumergidos con electrónica AITEX se muestran a continuación:

CÓDIGO	BPM	SEÑAL ECG	RESISTIVIDAD a 2cm
SB	62	 <p>The screenshot shows the AitexAlfred application interface. At the top, it says 'Saving screenshot' and 'AitexAlfred'. Below that is a 'Sensing Control' button with a Wi-Fi icon. The 'Temperature' section shows '0.0 °C'. The 'Position' section shows 'X:0', 'Y:0', 'Z:0', and 'STANDING'. The 'Heart rate / Respiration rate' section shows 'HR 62/min' and 'RR 0/min'. At the bottom, there is an 'ECG' graph showing a green waveform on a grid with a y-axis from -150 to 130 and an x-axis from 0 to 50. The label 'Fig.103' is centered below the screenshot.</p>	1Ω

<p>SMP70</p>	<p>60</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.104</p>	<p>3Ω</p>
<p>SMP130</p>	<p>60</p>	 <p style="text-align: center;">Fig.105</p>	<p>40Ω</p>

SMP180	57	 <p style="text-align: center;">Fig.106</p>	26Ω
HSTX	57	 <p style="text-align: center;">Fig.107</p>	0.9Ω

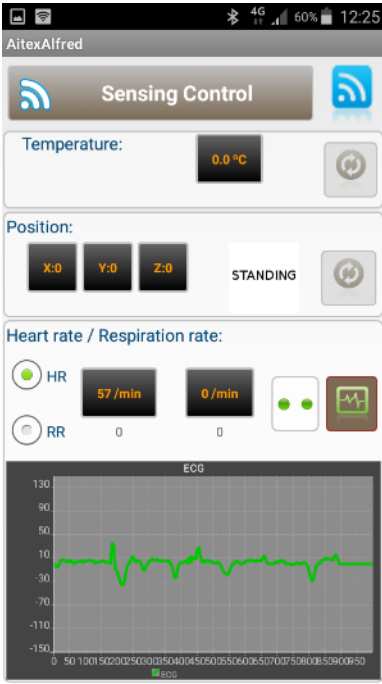
H7	57		160Ω
----	----	---	------

Fig.108

Tabla 5.- Resultados del test 3

- PRUEBAS EN ENTORNO REAL (PISCINA)

Una vez realizadas las pruebas en el laboratorio se decidió probar los electrodos anteriores en una piscina. El resultado de estas pruebas no fue el deseado, pues tras varios minutos bajo el agua, los electrodos perdieron toda conductividad. Por lo visto la Plata que contiene el tejido junto con el Cloro que lleva el agua de la piscina, produce una reacción de oxidación o similar y el tejido pierde toda la Plata y en consecuencia la conductividad.

Para la realización de estas pruebas en piscina se desarrolló un prototipo de banda o cinta para el pecho con electrodos de los tejidos Shieldex seleccionados. A continuación en las imágenes se muestran los prototipos realizados.



Fig.109. Soporte de goma flexible para electrodos fabricados mediante impresión 3D.

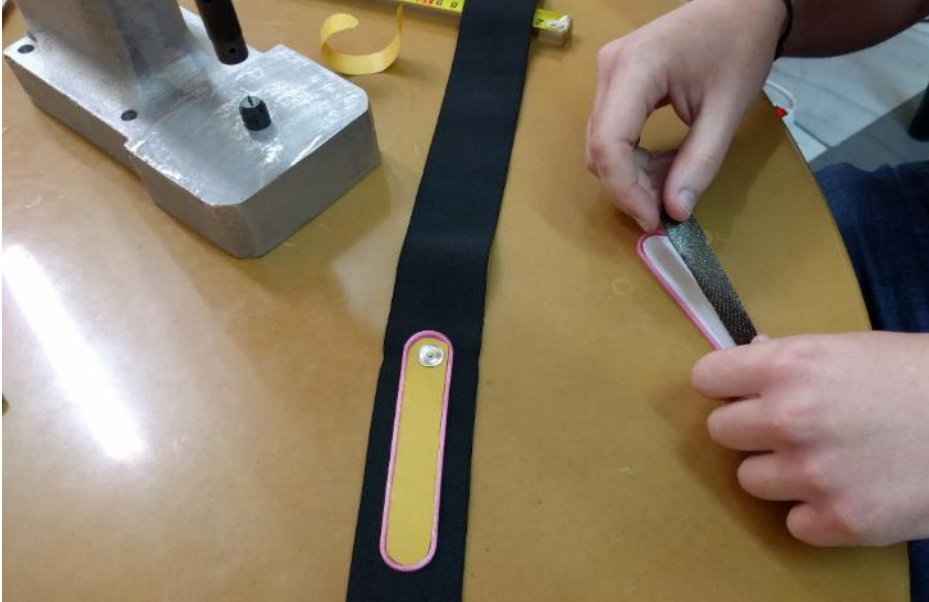


Fig.110. Colocación de electrodos en cinta elástica para el pecho.



Fig.111. Prototipo cinta 1, cara interior



Fig.112. Conectores para electrónica en cara exterior de la cinta



Fig. 113. Electrodo cinta prototipo 2

Ante los resultados obtenidos tras las pruebas en la piscina se procedió a probar la electrónica del fabricante Polar y sus electrodos para verificar que las mediciones se enviaban y registraban en la aplicación a pesar de estar bajo el agua. El resultado de esta prueba fue que el agua de la piscina atenúa las ondas electromagnéticas que envía la electrónica a la app móvil o el reloj y que esa información se pierde, dejando de tener mediciones cuando el usuario está inmerso bajo el agua.

En la imagen siguiente se puede apreciar como la señal se ve interrumpida cuando el usuario estaba dentro del agua.

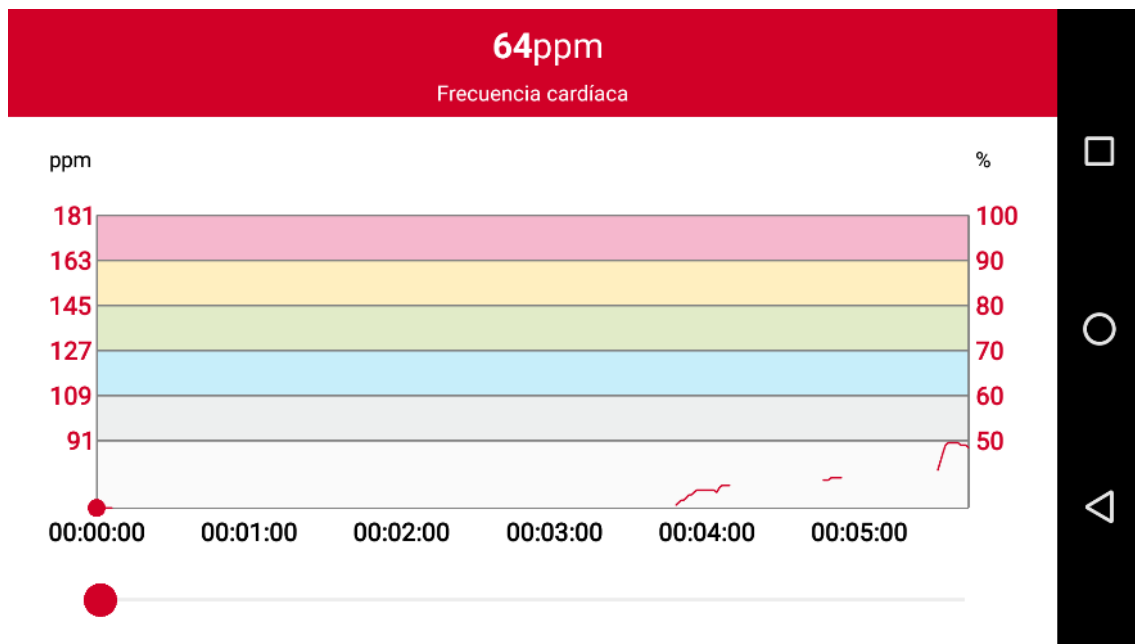


Fig.114. App móvil Polar Beat y mediciones con dispositivo H7 de Polar y reloj M400 de Polar.

También se realizaron pruebas con la electrónica de AITEX y la banda/cinta H7 de Polar. Los resultados fueron los siguientes:

- Fuera del agua, funciona muy bien.

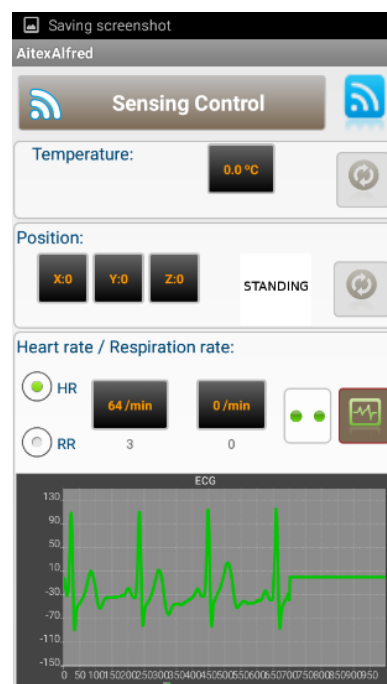


Fig. 115

- Dentro del agua, no aparece en pantalla ninguna señal representativa de ECG.

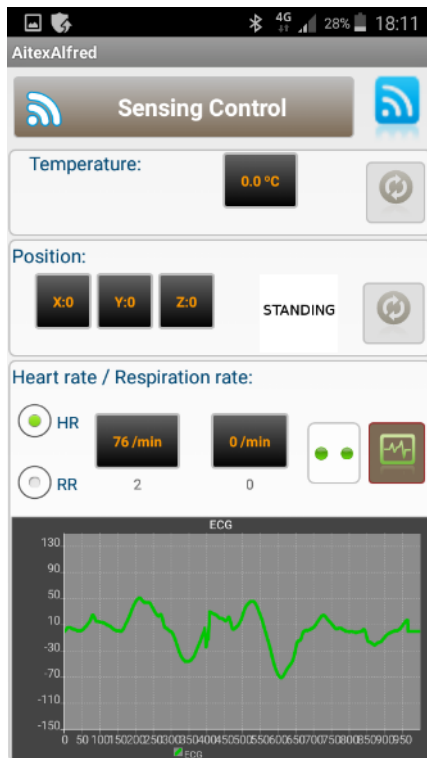


Fig. 116

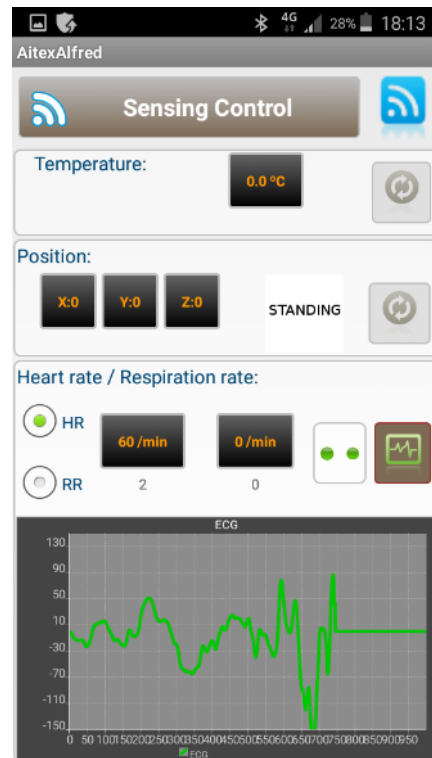


Fig. 117

A la vista de los resultados se observa que la electrónica de Polar a pesar de ser sumergible no registra los datos de ritmo cardíaco dentro del agua. El dispositivo no envía la señal a la app debido a las interferencias causadas por el agua al transmitir la señal.

Por otro lado se observa que con la electrónica de AITEX se obtiene una señal a través de la cual se podría llegar a extraer algún valor de ritmo cardíaco pero sería necesario adaptar el algoritmo de la electrónica. Por otro lado se aprecia que la señal tiene bastante ruido y eso dificulta la obtención de datos. No obstante mejorando el algoritmo para mediciones bajo el agua sería viable obtener la señal ECG y el ritmo cardíaco.

Por otro lado las pruebas realizadas con la banda H7 de Polar y la electrónica de AITEX, desvelan que la señal ECG que captan los electrodos H7 de Polar no es muy precisa y contiene mucho ruido, según se muestra en las imágenes anteriores. Esto lleva a la conclusión de que no hay unos electrodos en el mercado que funcionen de manera ideal bajo el agua, y que las mediciones sean 100% fiables. No obstante sí

que dan una aproximación y orientación adecuada para su uso deportivo que puede servir de guía para el entrenamiento. Así pues se concluye que la fiabilidad de las mediciones depende en gran parte de la precisión del algoritmo y tiene poco que ver con el material de los electrodos, pues tras las pruebas preliminares realizadas no se han observado cambios muy significativos en la señal de un material a otro.

Finalmente se considera necesario la realización de más pruebas en agua clorada, con el fin de asegurar que el material de los electrodos pueda realizar mediciones en piscinas. Pues parece ser que el cloro del agua de la piscina afecta a la conductividad y durabilidad de los tejidos.

Dicho esto, se va a proceder a realizar más pruebas con otros materiales tipo goma y otros tejidos de otros componentes que se comporten mejor debajo del agua.

Resultados ensayo preliminar 2

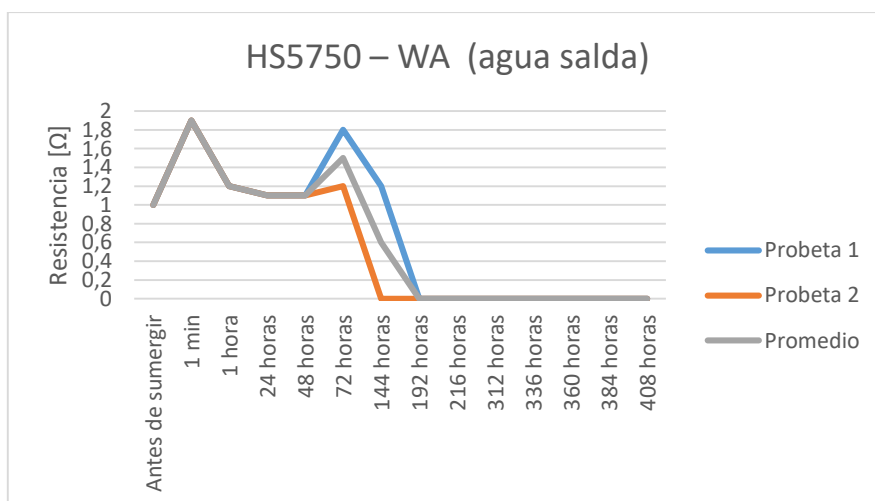
El ensayo a realizar consiste en la medición de la resistencia de los materiales previamente descritos en tres ámbitos distintos: agua salada, agua dulce y agua clorada.

Holland shielding

5750 Conductive Rubber (con adhesivo) – CD: HS5750 – WA (Ref. 1)

Agua salada	Holland Shielding - HS5750 – WA		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	1	1	1
1 min	1,9	1,9	1,9
1 hora	1,2	1,2	1,2
24 horas	1,1	1,1	1,1
48 horas	1,1	1,1	1,1
72 horas	1,8	1,2	1,5
144 horas	1,2	0	0,6
192 horas	0	0	0
216 horas	0	0	0
312 horas	0	0	0
336 horas	0	0	0
360 horas	0	0	0
384 horas	0	0	0
408 horas	0	0	0

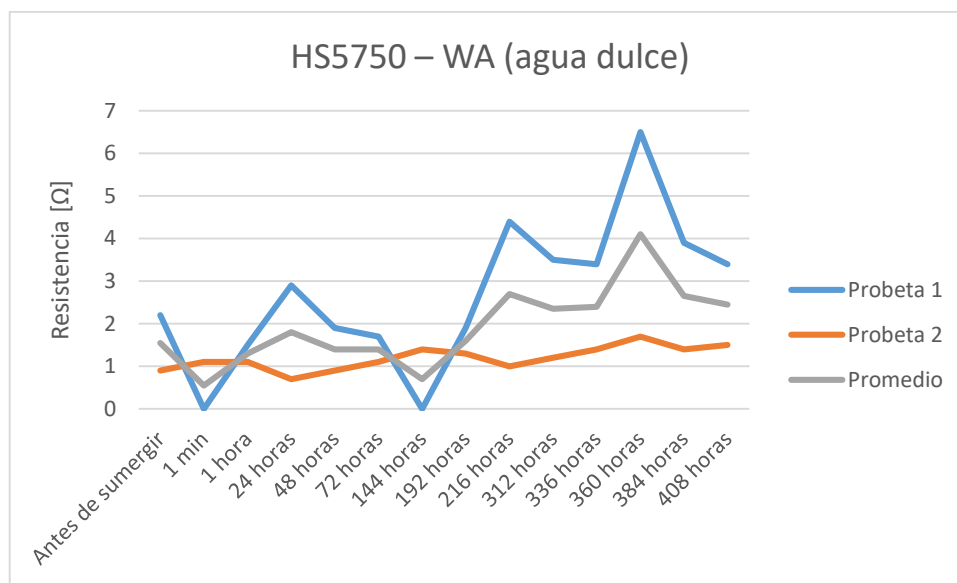
Tabla 6.- Resultados de la muestra HS5750 – WA en agua salada



Grafica 1.- Comportamiento de HS5750 – WA realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Holland Shielding - HS5750 – WA		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	2,2	0,9	1,55
1 min	0	1,1	0,55
1 hora	1,5	1,1	1,3
24 horas	2,9	0,7	1,8
48 horas	1,9	0,9	1,4
72 horas	1,7	1,1	1,4
144 horas	0	1,4	0,7
192 horas	1,9	1,3	1,6
216 horas	4,4	1	2,7
312 horas	3,5	1,2	2,35
336 horas	3,4	1,4	2,4
360 horas	6,5	1,7	4,1
384 horas	3,9	1,4	2,65
408 horas	3,4	1,5	2,45

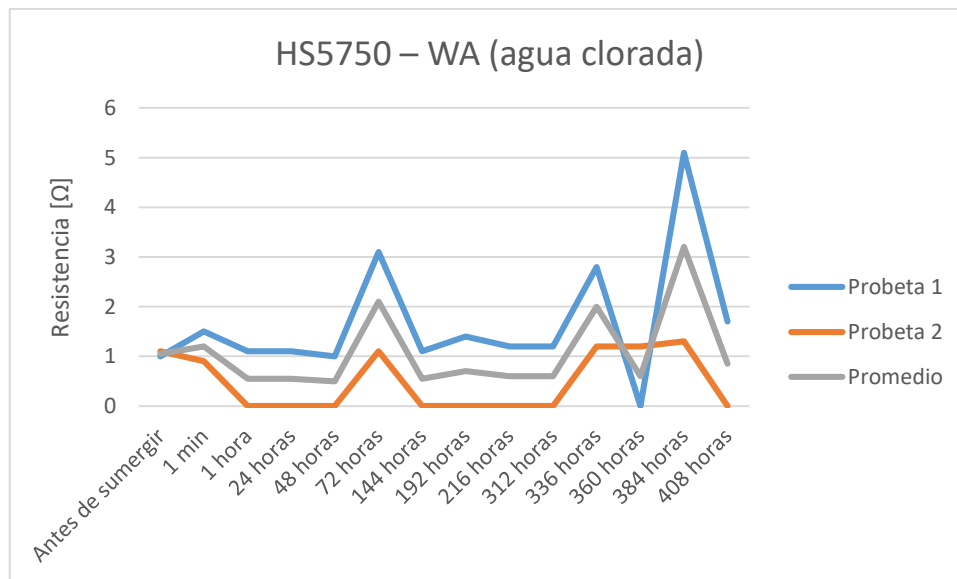
Tabla 7.- Resultados de la muestra HS5750 – WA en agua dulce



Grafica 2.- Comportamiento de HS5750 – WA realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Holland Shielding - HS5750 – WA		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	1	1,1	1,05
1 min	1,5	0,9	1,2
1 hora	1,1	0	0,55
24 horas	1,1	0	0,55
48 horas	1	0	0,5
72 horas	3,1	1,1	2,1
144 horas	1,1	0	0,55
192 horas	1,4	0	0,7
216 horas	1,2	0	0,6
312 horas	1,2	0	0,6
336 horas	2,8	1,2	2
360 horas	0	1,2	0,6
384 horas	5,1	1,3	3,2
408 horas	1,7	0	0,85

Tabla 8.- Resultados de la muestra HS5750 – WA en agua clorada



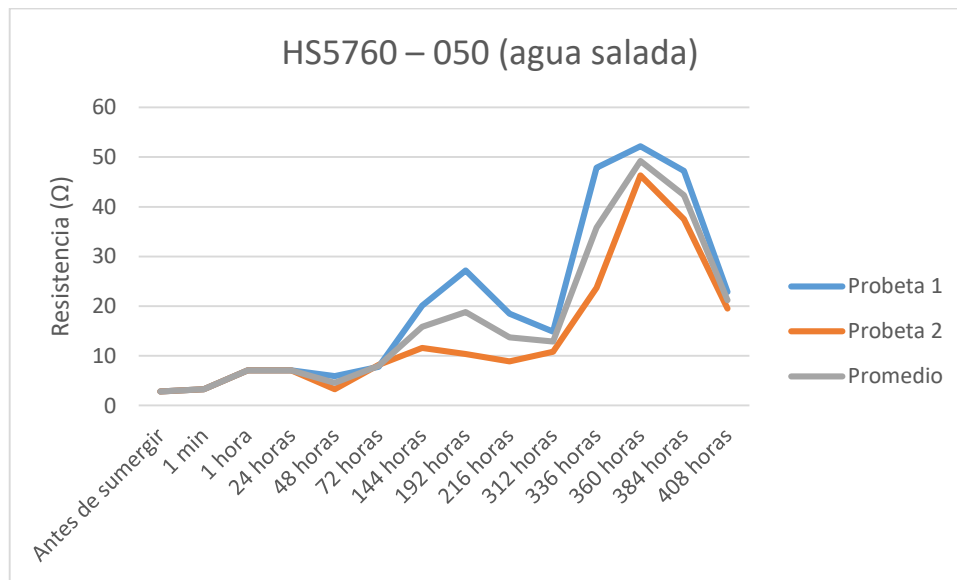
Grafica 3.- Comportamiento de HS5750 – WA realizada durante 408 horas en agua clorada

Se puede observar que donde se obtienen peores resultados de resistencia es en agua salada ya que a las 192 horas el material deja de ser conductor y deja de dar señal en las dos probetas. Además tanto en agua dulce como en agua clorada, varía demasiado dando valores más altos y posteriormente más bajos y viceversa, nada constante.

5760 Conductive Ni-Graphite (5760-S-050-50-250) – CD: HS5760 – 050 (Ref. 2)

Agua salada	Holland Shielding - HS5760 – 050		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	2,8	2,8	2,8
1 min	3,3	3,3	3,3
1 hora	7,1	7,1	7,1
24 horas	7,1	7,1	7,1
48 horas	5,9	3,3	4,6
72 horas	7,8	8,2	8
144 horas	20,1	11,6	15,85
192 horas	27,2	10,4	18,8
216 horas	18,5	8,9	13,7
312 horas	14,9	10,8	12,85
336 horas	47,9	23,7	35,8
360 horas	52,2	46,3	49,25
384 horas	47,2	37,5	42,35
408 horas	22,9	19,5	21,2

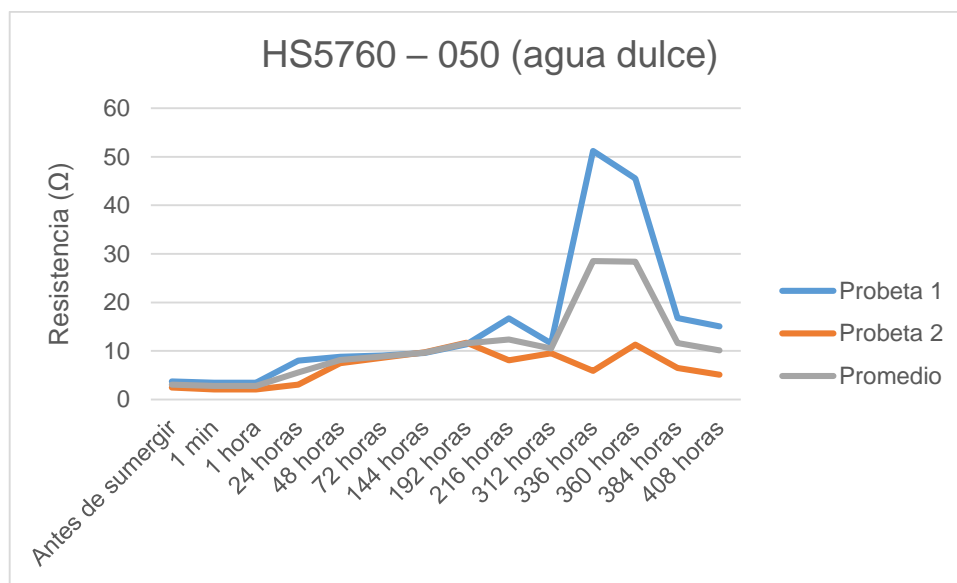
Tabla9.- Resultados de la muestra en HS5760 – 050 agua salada



Grafica 4.- Comportamiento de HS5760 – 050 realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Holland Shielding - HS5760 – 050		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	3,7	2,5	3,1
1 min	3,5	2,1	2,8
1 hora	3,5	2,1	2,8
24 horas	8	3,1	5,55
48 horas	8,8	7,5	8,15
72 horas	9,1	8,6	8,85
144 horas	9,6	9,7	9,65
192 horas	11,4	11,7	11,55
216 horas	16,7	8,1	12,4
312 horas	11,6	9,5	10,55
336 horas	51,2	5,9	28,55
360 horas	45,5	11,3	28,4
384 horas	16,8	6,5	11,65
408 horas	15,1	5,1	10,1

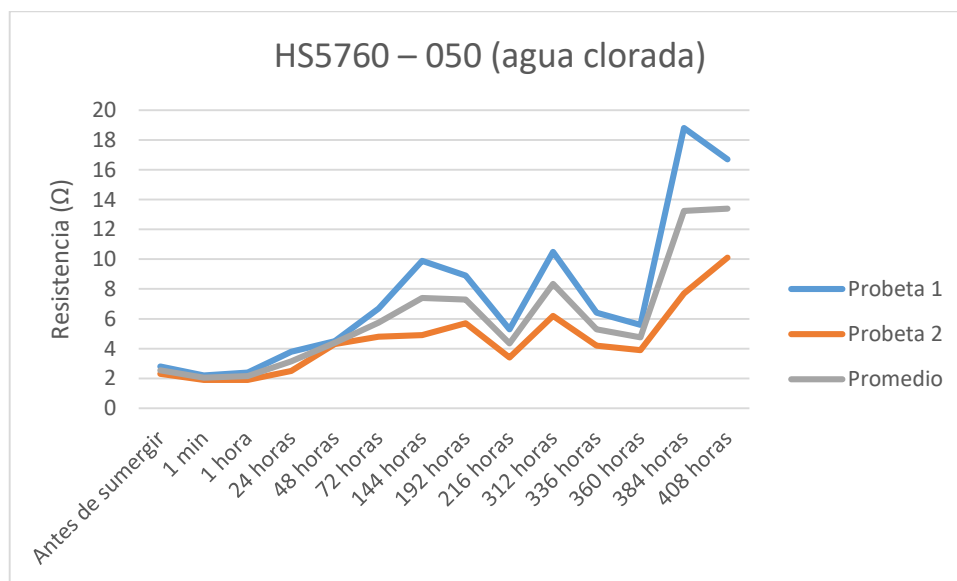
Tabla 10.- Resultados de la muestra en HS5760 – 050 agua dulce



Grafica 5.- Comportamiento de HS5760 – 050 realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Holland Shielding - HS5760 – 050		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	2,8	2,3	2,55
1 min	2,2	1,9	2,05
1 hora	2,4	1,9	2,15
24 horas	3,8	2,5	3,15
48 horas	4,5	4,3	4,4
72 horas	6,7	4,8	5,75
144 horas	9,9	4,9	7,4
192 horas	8,9	5,7	7,3
216 horas	5,3	3,4	4,35
312 horas	10,5	6,2	8,35
336 horas	6,4	4,2	5,3
360 horas	5,6	3,9	4,75
384 horas	18,8	7,7	13,25
408 horas	16,7	10,1	13,4

Tabla 11.- Resultados de la muestra en HS5760 – 050 agua clorada



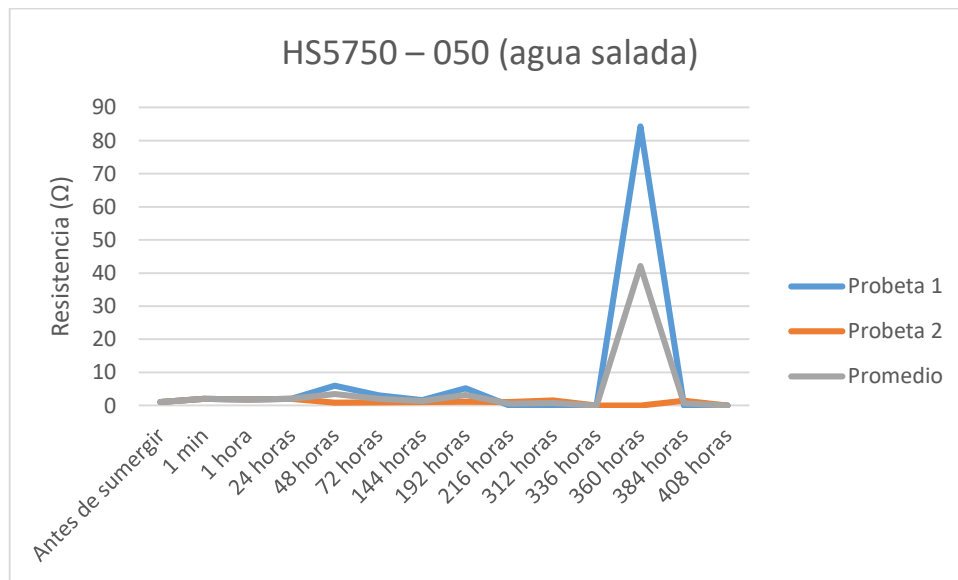
Grafica 6.- Comportamiento de HS5760 – 050 realizada durante 408 horas en agua clorada

Con la segunda goma conductiva tanto en agua salada como en agua dulce en las primeras mediciones se puede intuir una igualdad de valores obtenidos, pero a partir de ahí los valores son muy aleatorios con picos muy altos. En el agua clorada parece que tiene menos variación de resistencia de entre 2 y 18 Ohms, aunque se busca que un material que sea más estable.

5750 Conductive Rubber (5760-S-050-50-250) – CD: HS5750 – 050 (Ref. 3)

Agua salada	Holland Shielding - HS5750 – 050		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	1,1	1,1	1,1
1 min	2	2	2
1 hora	1,8	1,8	1,8
24 horas	2	2	2
48 horas	6	0,9	3,45
72 horas	3,1	0,97	2,035
144 horas	1,6	1,1	1,35
192 horas	5,2	1,2	3,2
216 horas	0	1,1	0,55
312 horas	0	1,5	0,75
336 horas	0	0	0
360 horas	84,3	0	42,15
384 horas	0	1,4	0,7
408 horas	0	0	0

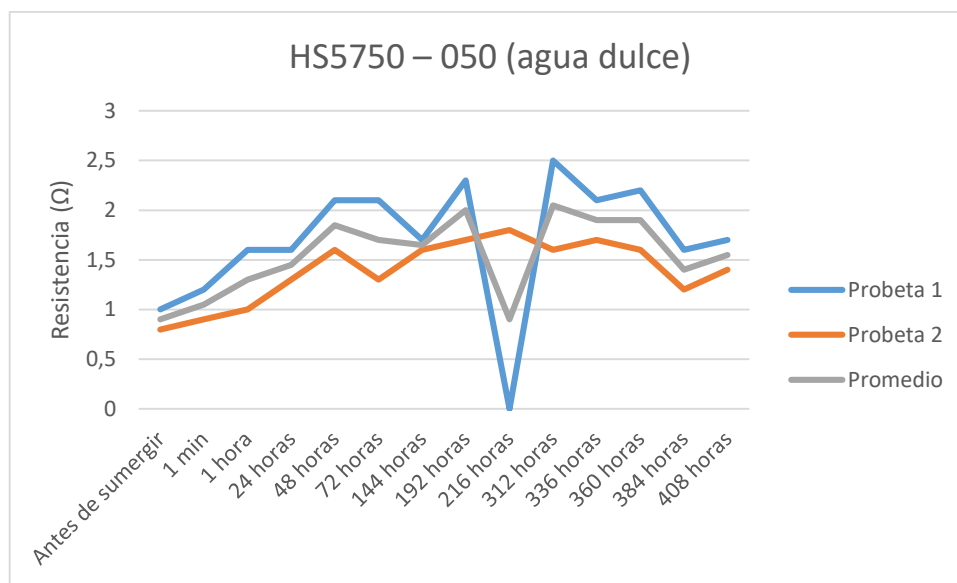
Tabla 12.- Resultados de la muestra en HS5750 – 050 agua salada



Grafica 7.- Comportamiento de HS5750 – 050 realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Holland Shielding - HS5750 – 050		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	1	0,8	0,9
1 min	1,2	0,9	1,05
1 hora	1,6	1	1,3
24 horas	1,6	1,3	1,45
48 horas	2,1	1,6	1,85
72 horas	2,1	1,3	1,7
144 horas	1,7	1,6	1,65
192 horas	2,3	1,7	2
216 horas	0	1,8	0,9
312 horas	2,5	1,6	2,05
336 horas	2,1	1,7	1,9
360 horas	2,2	1,6	1,9
384 horas	1,6	1,2	1,4
408 horas	1,7	1,4	1,55

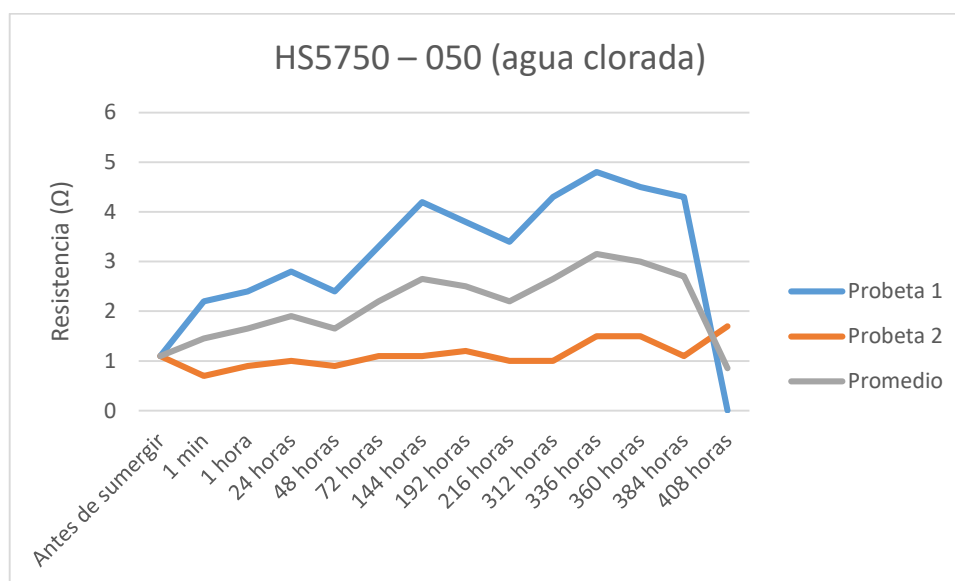
Tabla 13.- Resultados de la muestra en HS5750 – 050 agua dulce



Grafica 8.- Comportamiento de HS5750 – 050 realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Holland Shielding - HS5750 – 050		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	1,1	1,1	1,1
1 min	2,2	0,7	1,45
1 hora	2,4	0,9	1,65
24 horas	2,8	1	1,9
48 horas	2,4	0,9	1,65
72 horas	3,3	1,1	2,2
144 horas	4,2	1,1	2,65
192 horas	3,8	1,2	2,5
216 horas	3,4	1	2,2
312 horas	4,3	1	2,65
336 horas	4,8	1,5	3,15
360 horas	4,5	1,5	3
384 horas	4,3	1,1	2,7
408 horas	0	1,7	0,85

Tabla 14.- Resultados de la muestra en HS5750 – 050 agua clorada



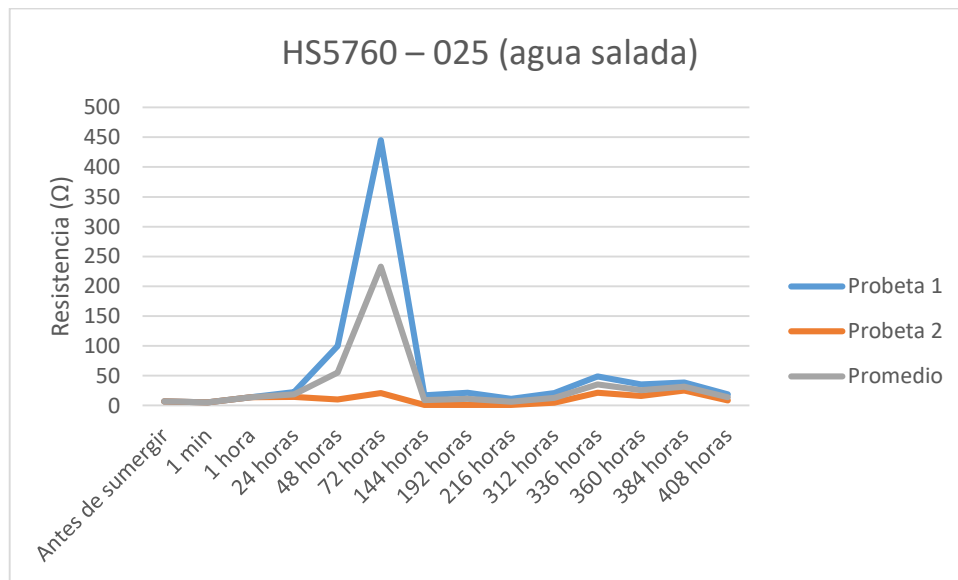
Grafica 9.- Comportamiento de HS5750 – 050 realizada durante 408 horas en agua clorada

La tercera goma del proveedor Holland Shielding parece que da unos valores razonables en las tres cubetas de agua a pesar de alguna interferencia o variación en alguna medición, como se puede observar en la medición de 360 horas sumergidas en agua salada y en 216 horas en agua dulce, aunque estos valores pueden haberse hallado erróneos por una incorrecta medición u otras variables. Por lo demás se puede valorar que tiene unos valores bastante estables.

5760 Conductive Ni-Graphite (5760-S-025-50-250) – CD: HS5760 – 025 (Ref. 4)

Agua salada	Holland Shielding - HS5760 – 025		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	6,7	6,7	6,7
1 min	5,3	5,3	5,3
1 hora	13,9	13,9	13,9
24 horas	22,5	14,6	18,55
48 horas	100,06	10,02	55,04
72 horas	445,06	21,07	233,065
144 horas	16,94	0,896	8,918
192 horas	21,67	0,877	11,2735
216 horas	11,44	1,234	6,337
312 horas	20,8	4,725	12,7625
336 horas	48,78	21,55	35,165
360 horas	35,5	16,2	25,85
384 horas	38,5	25,3	31,9
408 horas	18,9	8,7	13,8

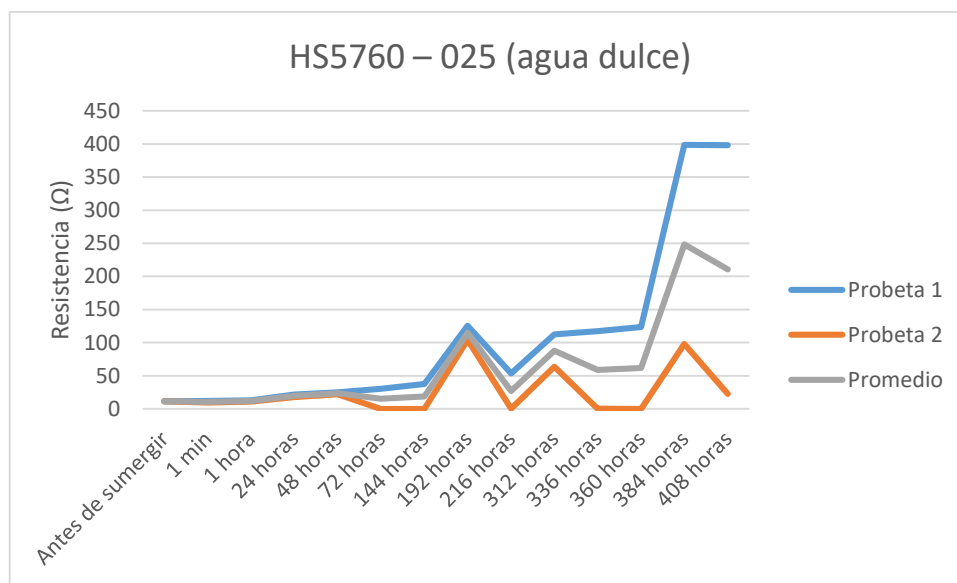
Tabla 15.- Resultados de la muestra en HS5760 – 025 agua salada



Grafica 10.- Comportamiento de HS5760 – 025 realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Holland Shielding - HS5760 – 025		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	11,5	11,6	11,55
1 min	11,8	9,4	10,6
1 hora	13,1	11,1	12,1
24 horas	21,6	17,7	19,65
48 horas	25,2	22,2	23,7
72 horas	30,5	0	15,25
144 horas	37,5	0	18,75
192 horas	125,5	104,3	114,9
216 horas	53,5	0,27	26,885
312 horas	112,3	63,9	88,1
336 horas	117,3	0,63	58,965
360 horas	123,6	0	61,8
384 horas	398,5	98,2	248,35
408 horas	398,3	22,7	210,5

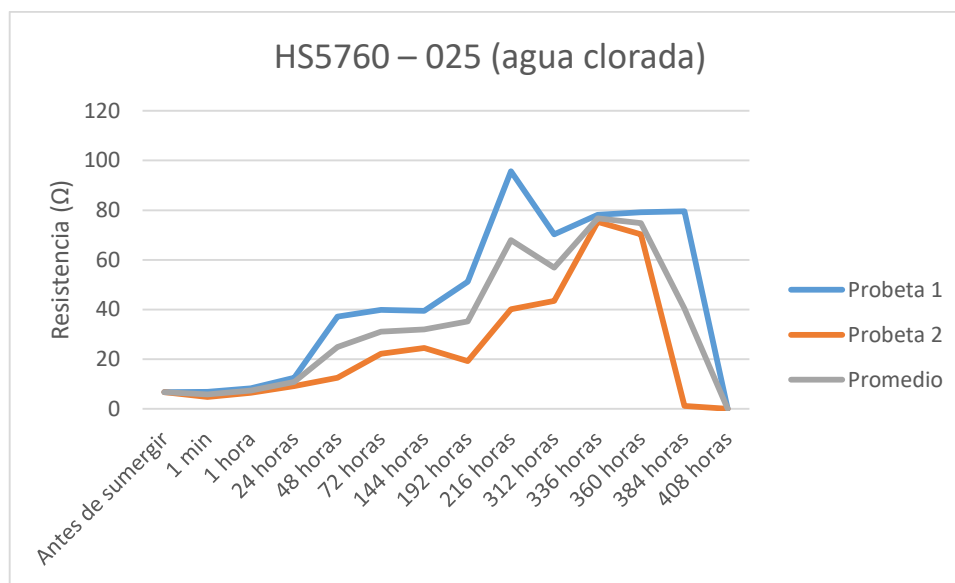
Tabla 16.- Resultados de la muestra en HS5760 – 025 agua dulce



Grafica 11.- Comportamiento de HS5760 – 025 realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Holland Shielding - HS5760 – 025		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	6,7	6,7	6,7
1 min	6,9	4,8	5,85
1 hora	8,3	6,5	7,4
24 horas	12,5	9,2	10,85
48 horas	37,2	12,5	24,85
72 horas	39,9	22,2	31,05
144 horas	39,5	24,5	32
192 horas	51,2	19,2	35,2
216 horas	95,7	40,1	67,9
312 horas	70,3	43,5	56,9
336 horas	78,1	75,3	76,7
360 horas	79,2	70,3	74,75
384 horas	79,5	1,207	40,3535
408 horas	0	0	0

Tabla 17.- Resultados de la muestra en HS5760 – 025 agua clorada



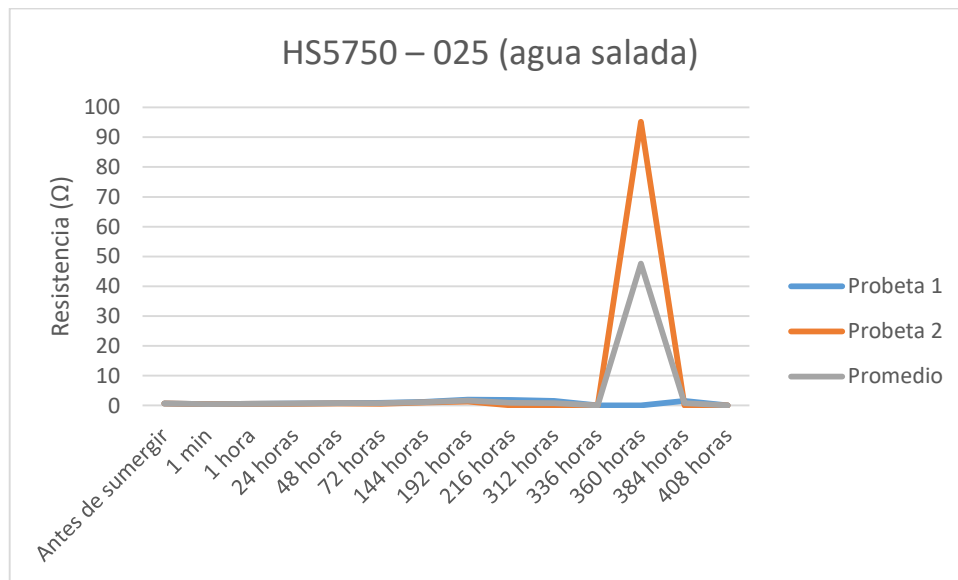
Grafica 12.- Comportamiento de HS5760 – 025 realizada durante 408 horas en agua clorada

Tras haber hecho las mediciones a todos los materiales podría decirse que esta goma es la más inestable y que peor conductividad tiene. Se puede observar claramente en las gráficas como varía los valores a muy alta resistencia eléctrica mostrando picos altos y bajos.

5750 Conductive Rubber (5760-S-025-50-250) – CD: HS5750 – 025 (Ref. 5)

Agua salada	Holland Shielding - HS5750 – 025		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,7	0,7	0,7
1 min	0,5	0,5	0,5
1 hora	0,6	0,6	0,6
24 horas	0,7	0,6	0,65
48 horas	0,8	0,7	0,75
72 horas	0,9	0,6	0,75
144 horas	1,2	1	1,1
192 horas	2	1,3	1,65
216 horas	1,9	0	0,95
312 horas	1,5	0	0,75
336 horas	0	0	0
360 horas	0	95,2	47,6
384 horas	1,6	0	0,8
408 horas	0	0	0

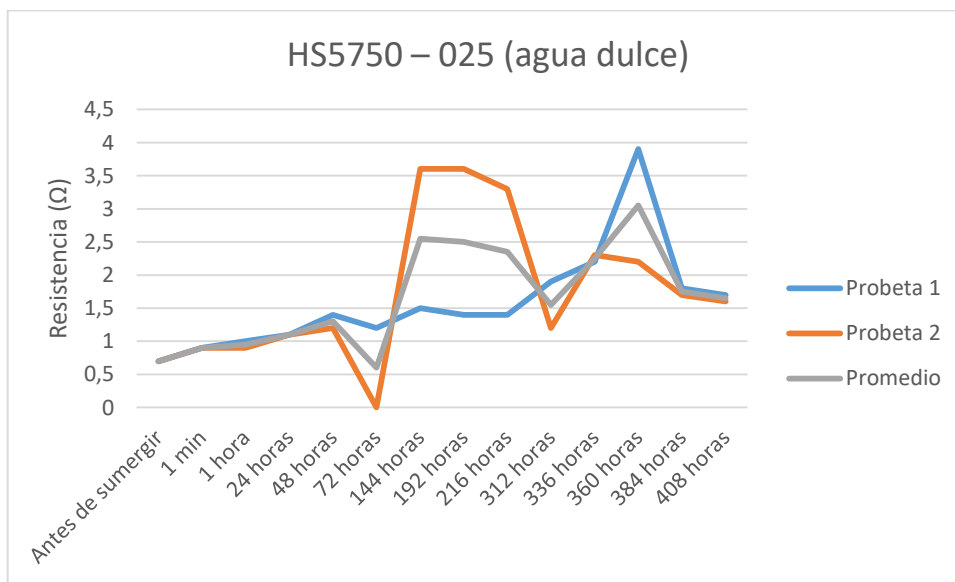
Tabla 18.- Resultados de la muestra en HS5750 – 025 agua salada



Grafica 13.- Comportamiento de HS5750 – 025 realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Holland Shielding - HS5750 – 025		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,7	0,7	0,7
1 min	0,9	0,9	0,9
1 hora	1	0,9	0,95
24 horas	1,1	1,1	1,1
48 horas	1,4	1,2	1,3
72 horas	1,2	0	0,6
144 horas	1,5	3,6	2,55
192 horas	1,4	3,6	2,5
216 horas	1,4	3,3	2,35
312 horas	1,9	1,2	1,55
336 horas	2,2	2,3	2,25
360 horas	3,9	2,2	3,05
384 horas	1,8	1,7	1,75
408 horas	1,7	1,6	1,65

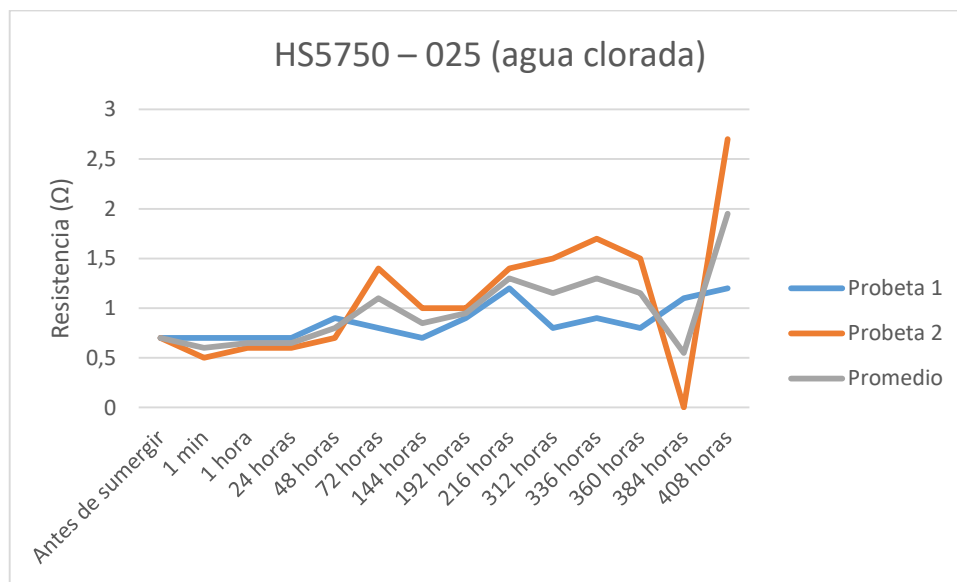
Tabla 19.- Resultados de la muestra en HS5750 – 025 agua salada



Grafica 14.- Comportamiento de HS5750 – 025 realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Holland Shielding - HS5750 – 025		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,7	0,7	0,7
1 min	0,7	0,5	0,6
1 hora	0,7	0,6	0,65
24 horas	0,7	0,6	0,65
48 horas	0,9	0,7	0,8
72 horas	0,8	1,4	1,1
144 horas	0,7	1	0,85
192 horas	0,9	1	0,95
216 horas	1,2	1,4	1,3
312 horas	0,8	1,5	1,15
336 horas	0,9	1,7	1,3
360 horas	0,8	1,5	1,15
384 horas	1,1	0	0,55
408 horas	1,2	2,7	1,95

Tabla 20.- Resultados de la muestra en HS5750 – 025 agua clorada



Grafica 15.- Comportamiento de HS5750 – 025 realizada durante 408 horas en agua clorada

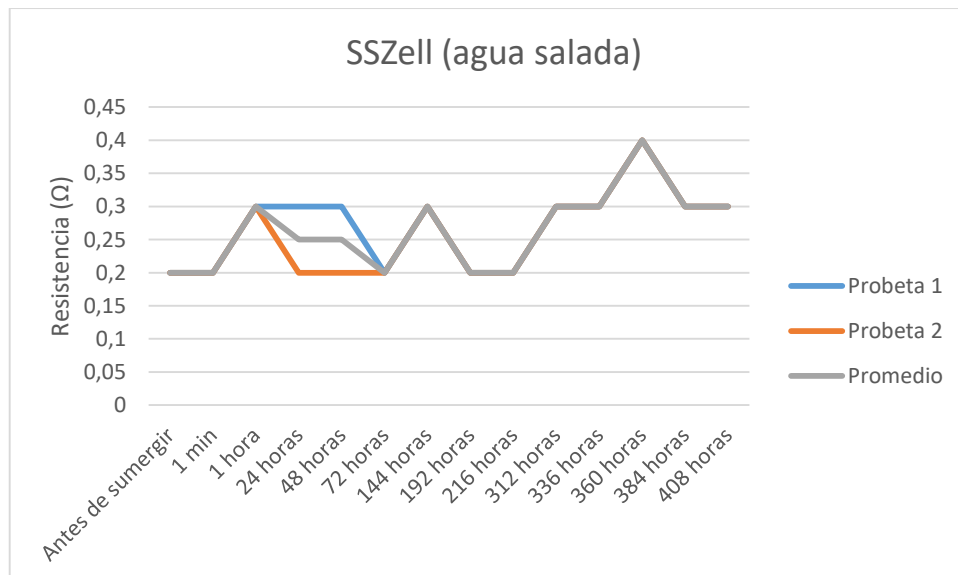
La última goma de la empresa Holland Shielding se puede observar que tiene un comportamiento parecido al HS5750 – 050, sin grandes variaciones pero con algún pico de alta o cero resistencia eléctrica. Se podría decir que tiene incluso una peor conductividad.

Statex Shieldex

Shieldex Zell RS – CD: SSZell (Ref. 6)

Agua salada	Statex Shieldex - SSZell		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,2	0,2	0,2
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,3	0,3	0,3
24 horas	0,3	0,2	0,25
48 horas	0,3	0,2	0,25
72 horas	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,2	0,2	0,2
216 horas	0,2	0,2	0,2
312 horas	0,3	0,3	0,3
336 horas	0,3	0,3	0,3
360 horas	0,4	0,4	0,4
384 horas	0,3	0,3	0,3
408 horas	0,3	0,3	0,3

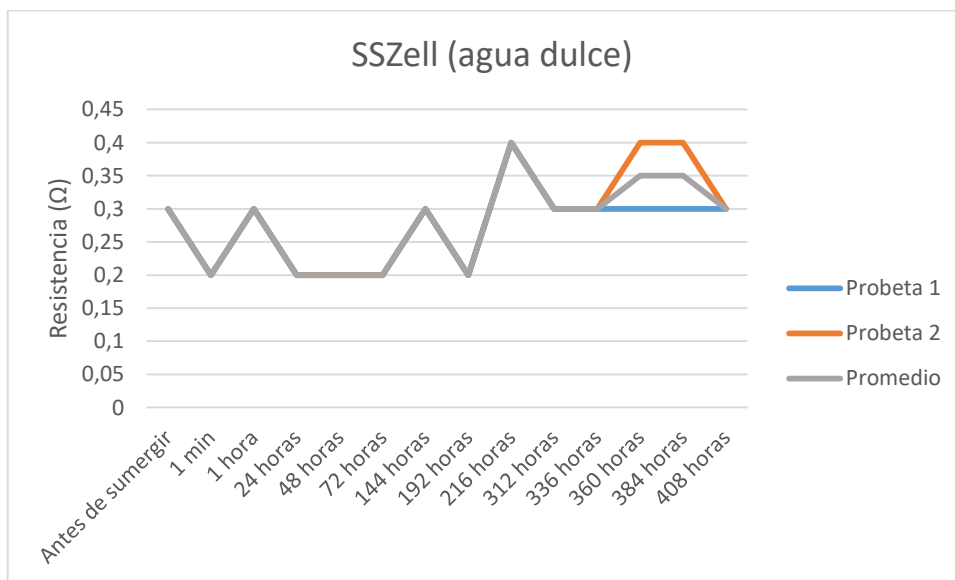
Tabla 21.- Resultados de la muestra en SSZell agua salada



Grafica 16.- Comportamiento de SSZell realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Statex Shieldex - SSZell		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,3	0,3	0,3
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,3	0,3	0,3
24 horas	0,2	0,2	0,2
48 horas	0,2	0,2	0,2
72 horas	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,2	0,2	0,2
216 horas	0,4	0,4	0,4
312 horas	0,3	0,3	0,3
336 horas	0,3	0,3	0,3
360 horas	0,3	0,4	0,35
384 horas	0,3	0,4	0,35
408 horas	0,3	0,3	0,3

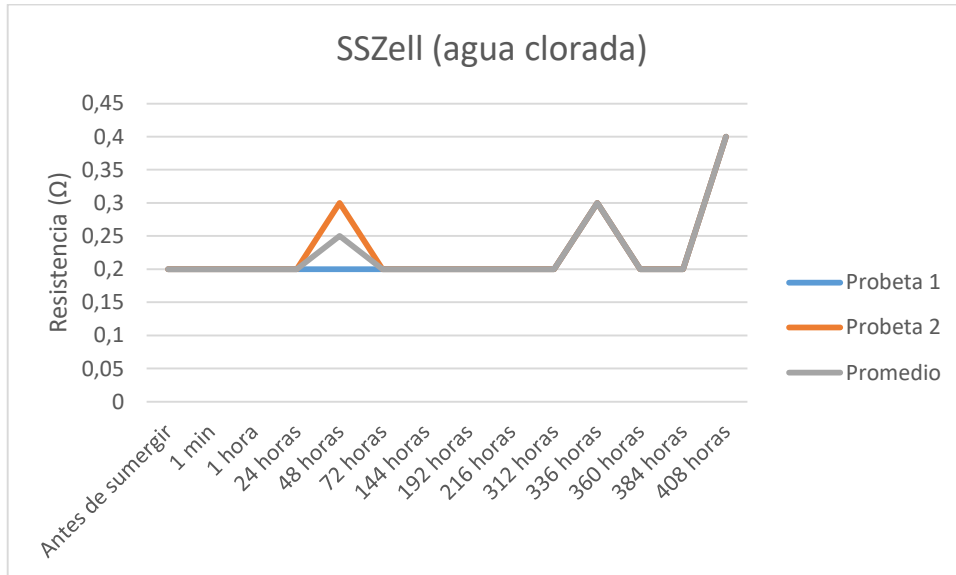
Tabla 22.- Resultados de la muestra en SSPrag agua dulce



Grafica 17.- Comportamiento de SSZell realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Statex Shieldex - SSZell		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,2	0,2	0,2
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,2	0,2	0,2
24 horas	0,2	0,2	0,2
48 horas	0,2	0,3	0,25
72 horas	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,2	0,2	0,2
192 horas	0,2	0,2	0,2
216 horas	0,2	0,2	0,2
312 horas	0,2	0,2	0,2
336 horas	0,3	0,3	0,3
360 horas	0,2	0,2	0,2
384 horas	0,2	0,2	0,2
408 horas	0,4	0,4	0,4

Tabla 23.- Resultados de la muestra en SSZell agua clorada



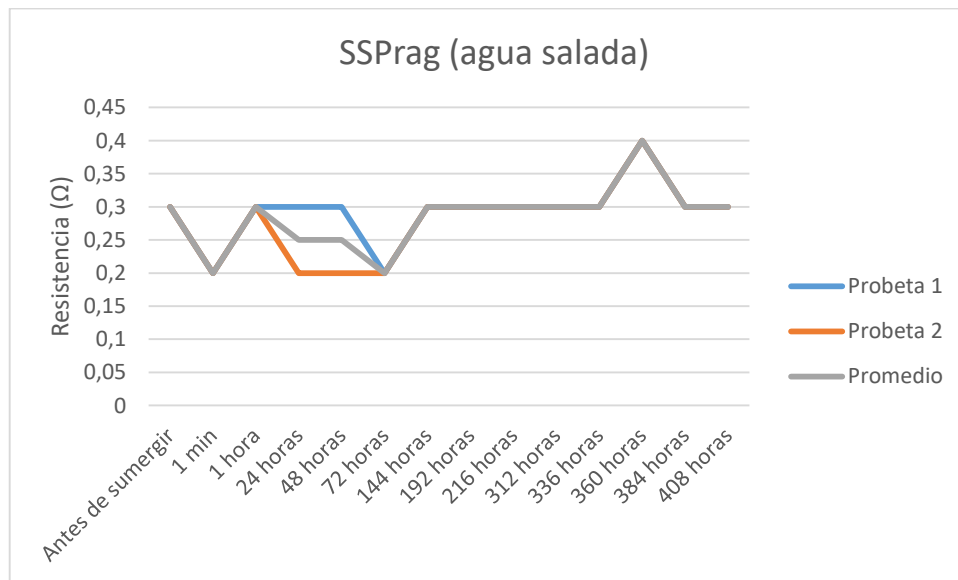
Grafica 18.- Comportamiento de SSZell realizada durante 408 horas en agua clorada

El tejido conductivo de Statex ha tenido una muy buena estabilidad durante el ensayo realizado en los tres tipos de cubetas con agua. Se puede observar que la variación máxima es de 0,2 ohms de resistencia eléctrica siendo valores muy constantes sin ningún pico excepcional.

Shieldex Prag PW – CD: SSPrag (Referencia 7)

Agua salada	Statex Shieldex - SSPrag		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,3	0,3	0,3
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,3	0,3	0,3
24 horas	0,3	0,2	0,25
48 horas	0,3	0,2	0,25
72 horas	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,3	0,3	0,3
216 horas	0,3	0,3	0,3
312 horas	0,3	0,3	0,3
336 horas	0,3	0,3	0,3
360 horas	0,4	0,4	0,4
384 horas	0,3	0,3	0,3
408 horas	0,3	0,3	0,3

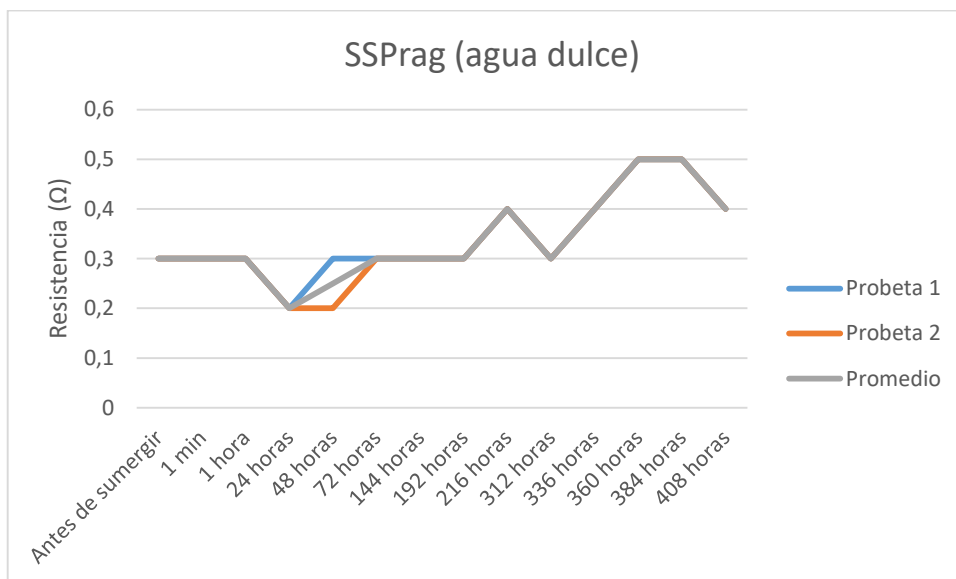
Tabla 24.- Resultados de la muestra en SSPrag agua salada



Grafica 19.- Comportamiento de SSPrag realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Statex Shieldex - SSPrag		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,3	0,3	0,3
1 min	0,3	0,3	0,3
1 hora	0,3	0,3	0,3
24 horas	0,2	0,2	0,2
48 horas	0,3	0,2	0,25
72 horas	0,3	0,3	0,3
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,3	0,3	0,3
216 horas	0,4	0,4	0,4
312 horas	0,3	0,3	0,3
336 horas	0,4	0,4	0,4
360 horas	0,5	0,5	0,5
384 horas	0,5	0,5	0,5
408 horas	0,4	0,4	0,4

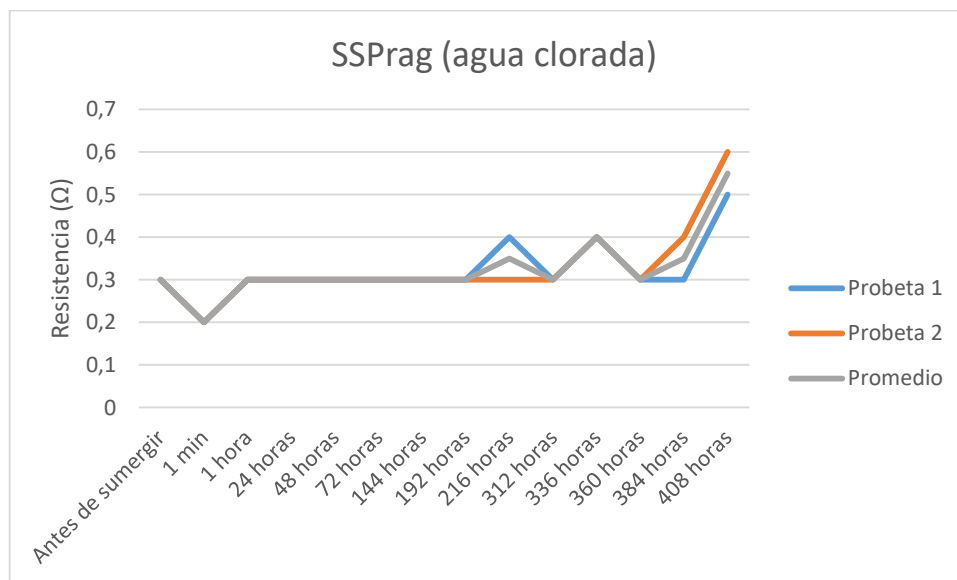
Tabla 25.- Resultados de la muestra en SSPrag agua dulce



Grafica 20.- Comportamiento de SSPrag realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Statex Shieldex - SSPrag		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,3	0,3	0,3
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,3	0,3	0,3
24 horas	0,3	0,3	0,3
48 horas	0,3	0,3	0,3
72 horas	0,3	0,3	0,3
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,3	0,3	0,3
216 horas	0,4	0,3	0,35
312 horas	0,3	0,3	0,3
336 horas	0,4	0,4	0,4
360 horas	0,3	0,3	0,3
384 horas	0,3	0,4	0,35
408 horas	0,5	0,6	0,55

Tabla 26.- Resultados de la muestra en SSPrag agua clorada



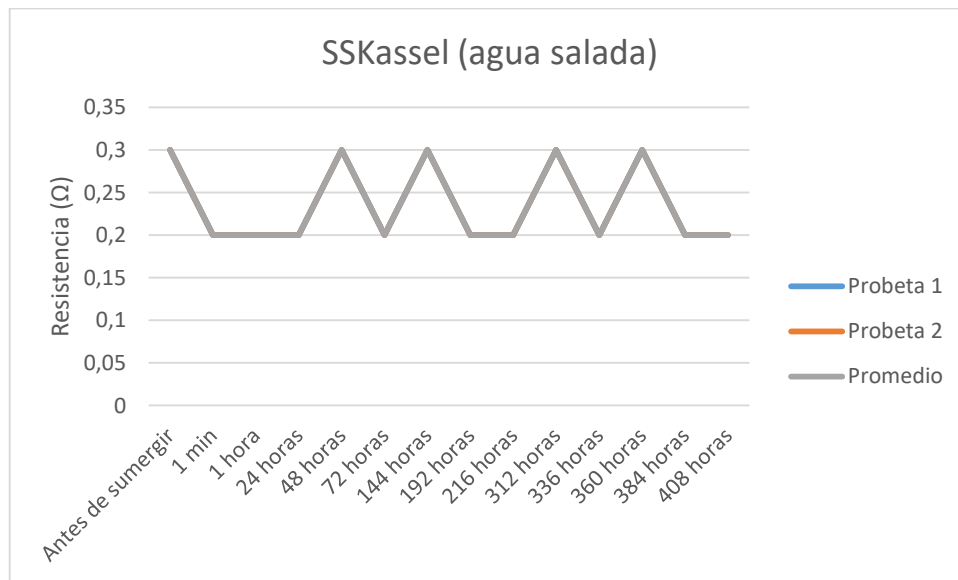
Grafica 21.- Comportamiento de SSPrag realizada durante 408 horas en agua clorada

En este tejido se ha podido apreciar una variación máxima de 0,4 ohms de resistencia eléctrica un poco más que el tejido visto anteriormente. Se ha producido un pico alto en resistencia en agua clorada en los últimos pruebas realizadas. Aún así se puede considerar un muy buen producto ya que es muy estable.

Shieldex Kassel-RS – CD: SSKassel (Ref. 8)

Agua salada	Statex Shieldex - SSKassel		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,3	0,3	0,3
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,2	0,2	0,2
24 horas	0,2	0,2	0,2
48 horas	0,3	0,3	0,3
72 horas	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,2	0,2	0,2
216 horas	0,2	0,2	0,2
312 horas	0,3	0,3	0,3
336 horas	0,2	0,2	0,2
360 horas	0,3	0,3	0,3
384 horas	0,2	0,2	0,2
408 horas	0,2	0,2	0,2

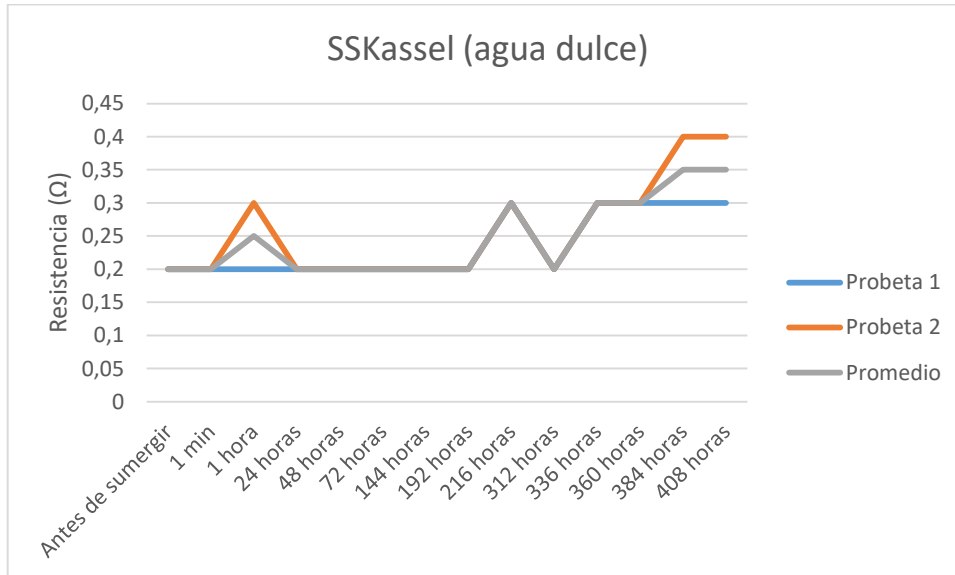
Tabla 27.- Resultados de la muestra en SSKassel agua salada



Grafica 22.- Comportamiento de SSKassel realizada durante 408 horas en agua salada

Agua dulce	Statex Shieldex - SSKassel		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,2	0,2	0,2
1 min	0,2	0,2	0,2
1 hora	0,2	0,3	0,25
24 horas	0,2	0,2	0,2
48 horas	0,2	0,2	0,2
72 horas	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,2	0,2	0,2
192 horas	0,2	0,2	0,2
216 horas	0,3	0,3	0,3
312 horas	0,2	0,2	0,2
336 horas	0,3	0,3	0,3
360 horas	0,3	0,3	0,3
384 horas	0,3	0,4	0,35
408 horas	0,3	0,4	0,35

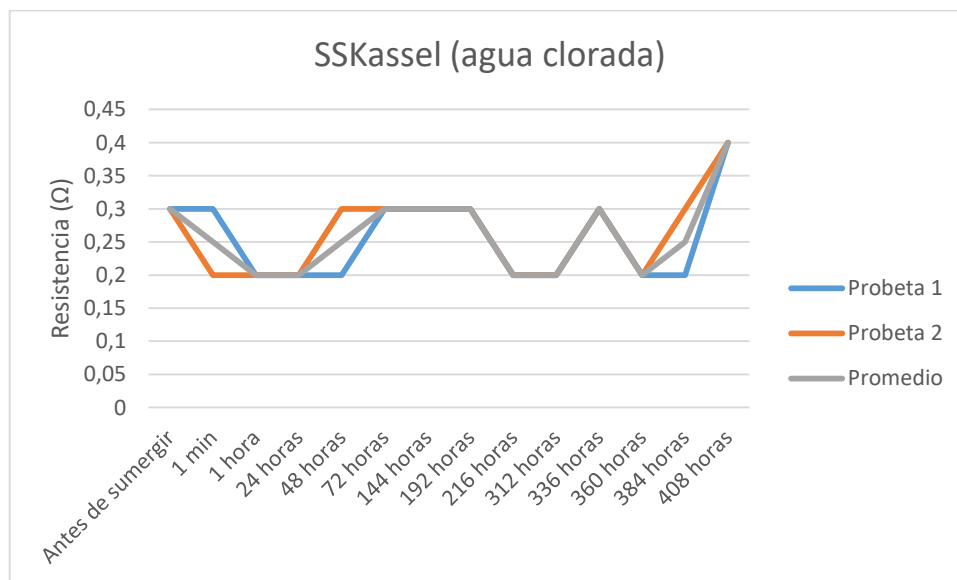
Tabla 28.- Resultados de la muestra en SSKassel agua dulce



Grafica 23.- Comportamiento de SSKassel realizada durante 408 horas en agua dulce

Agua clorada	Statex Shieldex - SSKassel		
Medidas en Ω (ohms)	Probeta 1	Probeta 2	Promedio
Antes de sumergir	0,3	0,3	0,3
1 min	0,3	0,2	0,25
1 hora	0,2	0,2	0,2
24 horas	0,2	0,2	0,2
48 horas	0,2	0,3	0,25
72 horas	0,3	0,3	0,3
144 horas	0,3	0,3	0,3
192 horas	0,3	0,3	0,3
216 horas	0,2	0,2	0,2
312 horas	0,2	0,2	0,2
336 horas	0,3	0,3	0,3
360 horas	0,2	0,2	0,2
384 horas	0,2	0,3	0,25
408 horas	0,4	0,4	0,4

Tabla 29.- Resultados de la muestra en SSKassel agua clorada



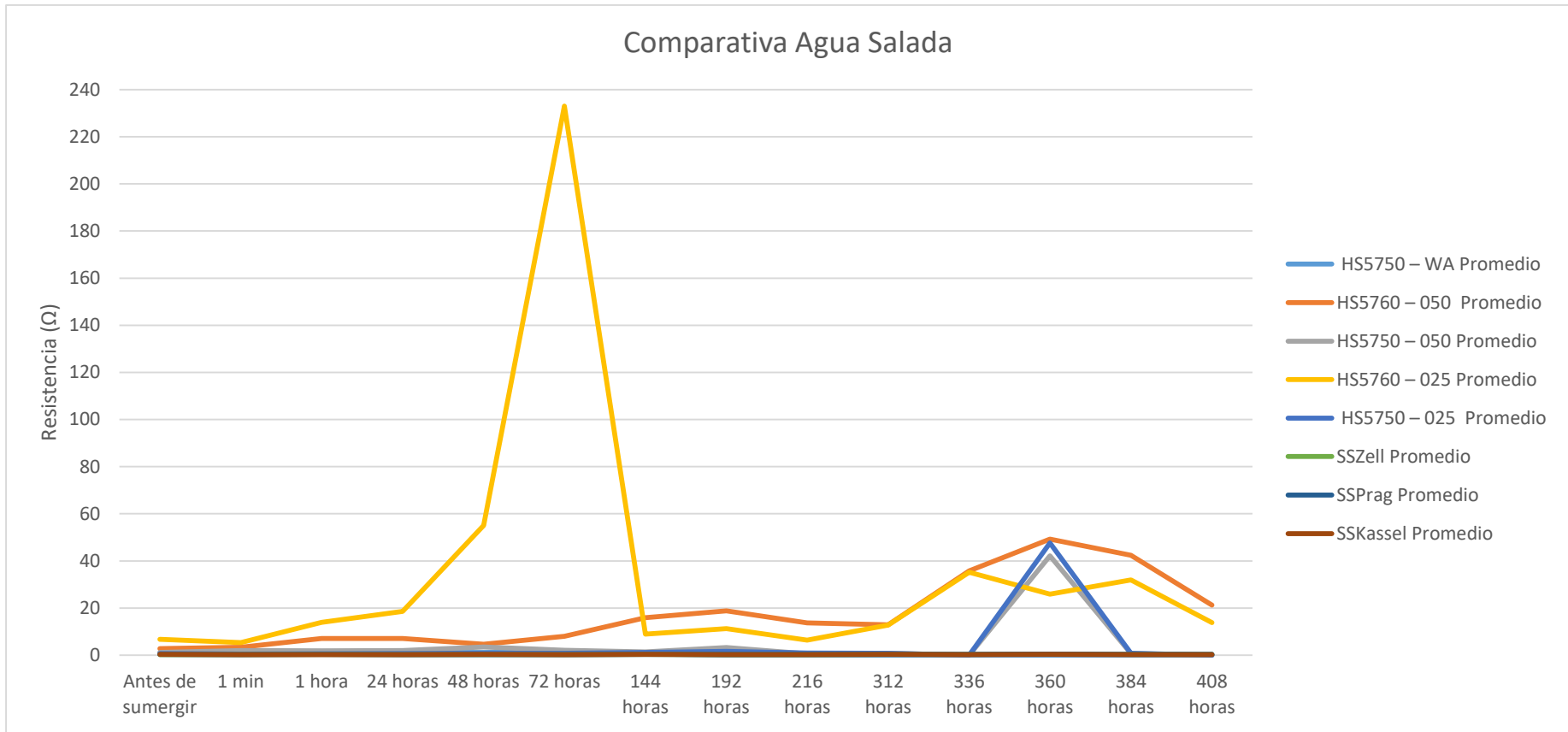
Grafica 24.- Comportamiento de SSKassel realizada durante 408 horas en agua clorada

Al igual que SSZell es un producto de alta conductividad pero que la ha mantenido durante el ensayo realizado, con valores muy estables sin apenas variación de dichas mediciones.

Comparativas

Comparativa agua salada	HS5750 – WA	HS5760 – 050	HS5750 – 050	HS5760 – 025	HS5750 – 025	SSZell	SSPrag	SSKassel
Medidas en Ω (ohms)	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
Antes de sumergir	1	2,8	1,1	6,7	0,7	0,2	0,3	0,3
1 min	1,9	3,3	2	5,3	0,5	0,2	0,2	0,2
1 hora	1,2	7,1	1,8	13,9	0,6	0,3	0,3	0,2
24 horas	1,1	7,1	2	18,55	0,65	0,25	0,25	0,2
48 horas	1,1	4,6	3,45	55,04	0,75	0,25	0,25	0,3
72 horas	1,5	8	2,035	233,065	0,75	0,2	0,2	0,2
144 horas	0,6	15,85	1,35	8,918	1,1	0,3	0,3	0,3
192 horas	0	18,8	3,2	11,2735	1,65	0,2	0,3	0,2
216 horas	0	13,7	0,55	6,337	0,95	0,2	0,3	0,2
312 horas	0	12,85	0,75	12,7625	0,75	0,3	0,3	0,3
336 horas	0	35,8	0	35,165	0	0,3	0,3	0,2
360 horas	0	49,25	42,15	25,85	47,6	0,4	0,4	0,3
384 horas	0	42,35	0,7	31,9	0,8	0,3	0,3	0,2
408 horas	0	21,2	0	13,8	0	0,3	0,3	0,2

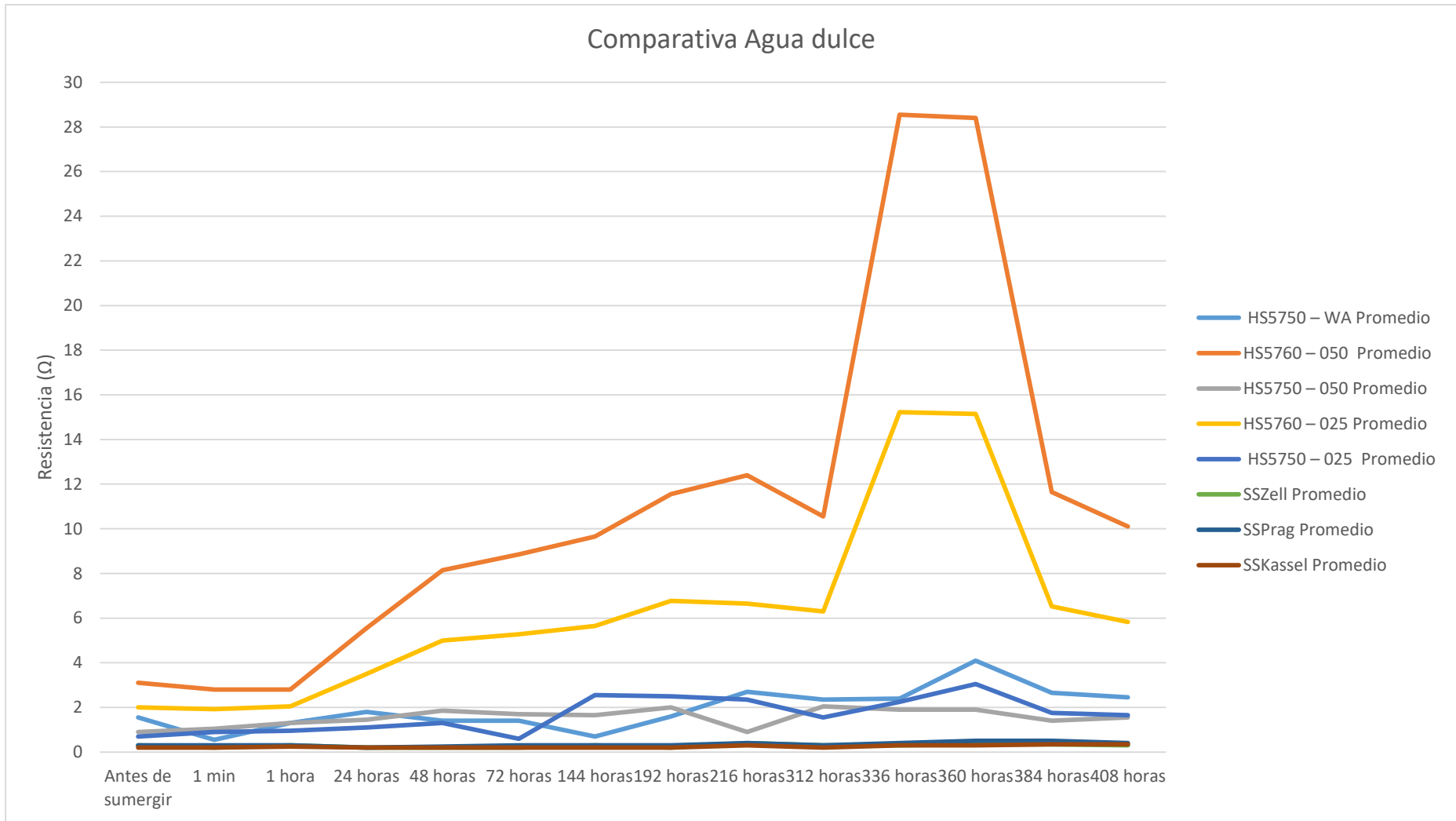
Tabla 30.- Resultados de todas las muestras realizadas agua salada



Grafica 25.- Comportamiento de todas las muestras realizada durante 408 horas en agua salada

Comparativa agua dulce	HS5750 – WA	HS5760 – 050	HS5750 – 050	HS5760 – 025	HS5750 – 025	SSZell	SSPrag	SSKassel
Medidas en Ω (ohms)	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
Antes de sumergir	1,55	3,1	0,9	2	0,7	0,3	0,3	0,2
1 min	0,55	2,8	1,05	1,925	0,9	0,2	0,3	0,2
1 hora	1,3	2,8	1,3	2,05	0,95	0,3	0,3	0,25
24 horas	1,8	5,55	1,45	3,5	1,1	0,2	0,2	0,2
48 horas	1,4	8,15	1,85	5	1,3	0,2	0,25	0,2
72 horas	1,4	8,85	1,7	5,275	0,6	0,2	0,3	0,2
144 horas	0,7	9,65	1,65	5,65	2,55	0,3	0,3	0,2
192 horas	1,6	11,55	2	6,775	2,5	0,2	0,3	0,2
216 horas	2,7	12,4	0,9	6,65	2,35	0,4	0,4	0,3
312 horas	2,35	10,55	2,05	6,3	1,55	0,3	0,3	0,2
336 horas	2,4	28,55	1,9	15,225	2,25	0,3	0,4	0,3
360 horas	4,1	28,4	1,9	15,15	3,05	0,35	0,5	0,3
384 horas	2,65	11,65	1,4	6,525	1,75	0,35	0,5	0,35
408 horas	2,45	10,1	1,55	5,825	1,65	0,3	0,4	0,35

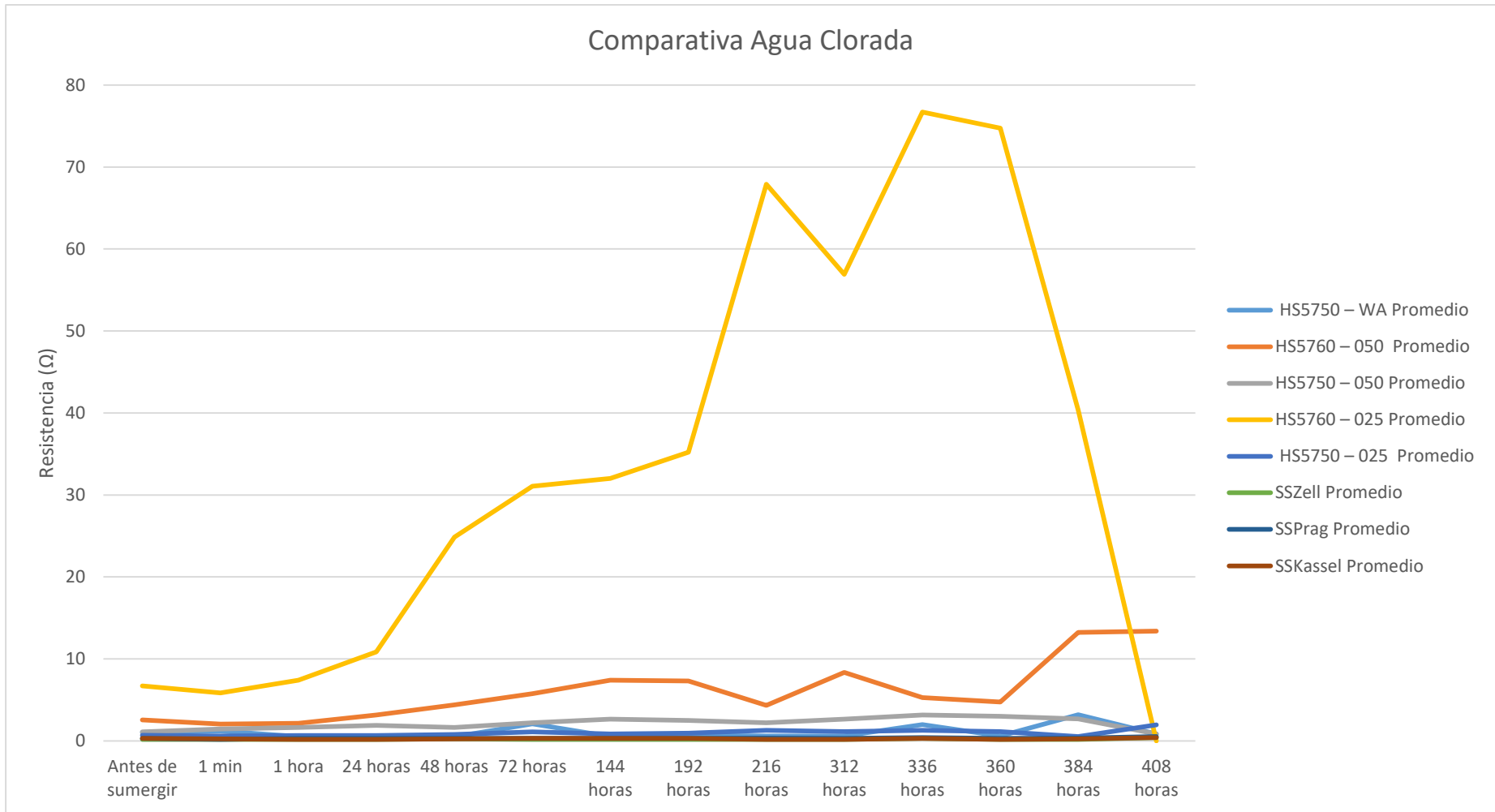
Tabla 31.- Resultados de todas las muestras realizadas agua dulce



Grafica 26.- Comportamiento de todas las muestras realizada durante 408 horas en agua dulce

Comparativa agua clorada	HS5750 – WA	HS5760 – 050	HS5750 – 050	HS5760 – 025	HS5750 – 025	SSZell	SSPrag	SSKassel
Medidas en Ω (ohms)	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
Antes de sumergir	1,05	2,55	1,1	6,7	0,7	0,2	0,3	0,3
1 min	1,2	2,05	1,45	5,85	0,6	0,2	0,2	0,25
1 hora	0,55	2,15	1,65	7,4	0,65	0,2	0,3	0,2
24 horas	0,55	3,15	1,9	10,85	0,65	0,2	0,3	0,2
48 horas	0,5	4,4	1,65	24,85	0,8	0,25	0,3	0,25
72 horas	2,1	5,75	2,2	31,05	1,1	0,2	0,3	0,3
144 horas	0,55	7,4	2,65	32	0,85	0,2	0,3	0,3
192 horas	0,7	7,3	2,5	35,2	0,95	0,2	0,3	0,3
216 horas	0,6	4,35	2,2	67,9	1,3	0,2	0,35	0,2
312 horas	0,6	8,35	2,65	56,9	1,15	0,2	0,3	0,2
336 horas	2	5,3	3,15	76,7	1,3	0,3	0,4	0,3
360 horas	0,6	4,75	3	74,75	1,15	0,2	0,3	0,2
384 horas	3,2	13,25	2,7	40,3535	0,55	0,2	0,35	0,25
408 horas	0,85	13,4	0,85	0	1,95	0,4	0,55	0,4

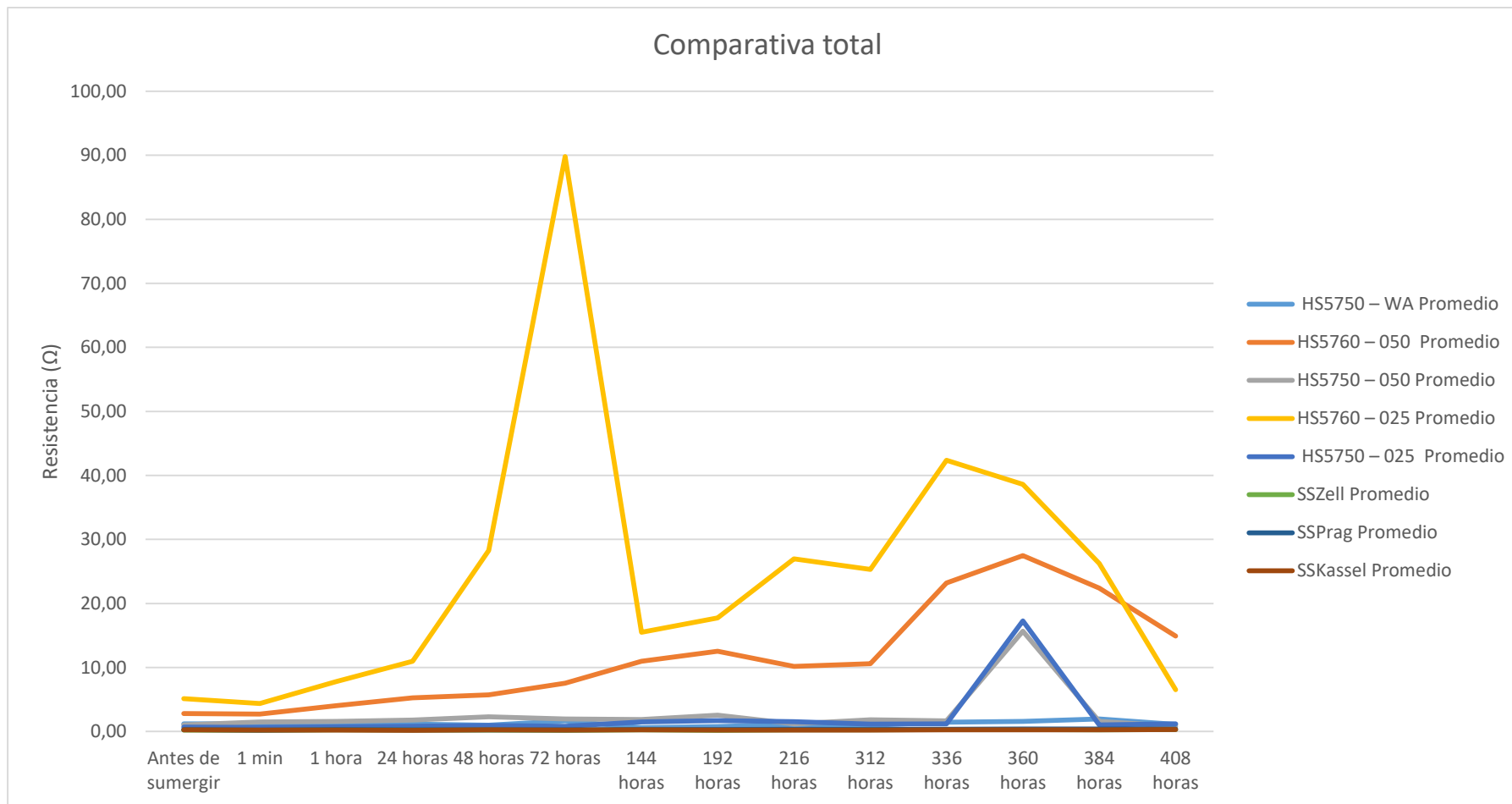
Tabla 32.- Resultados de todas las muestras realizadas agua clorada



Grafica 27.- Comportamiento de todas las muestras realizada durante 408 horas en agua clorada

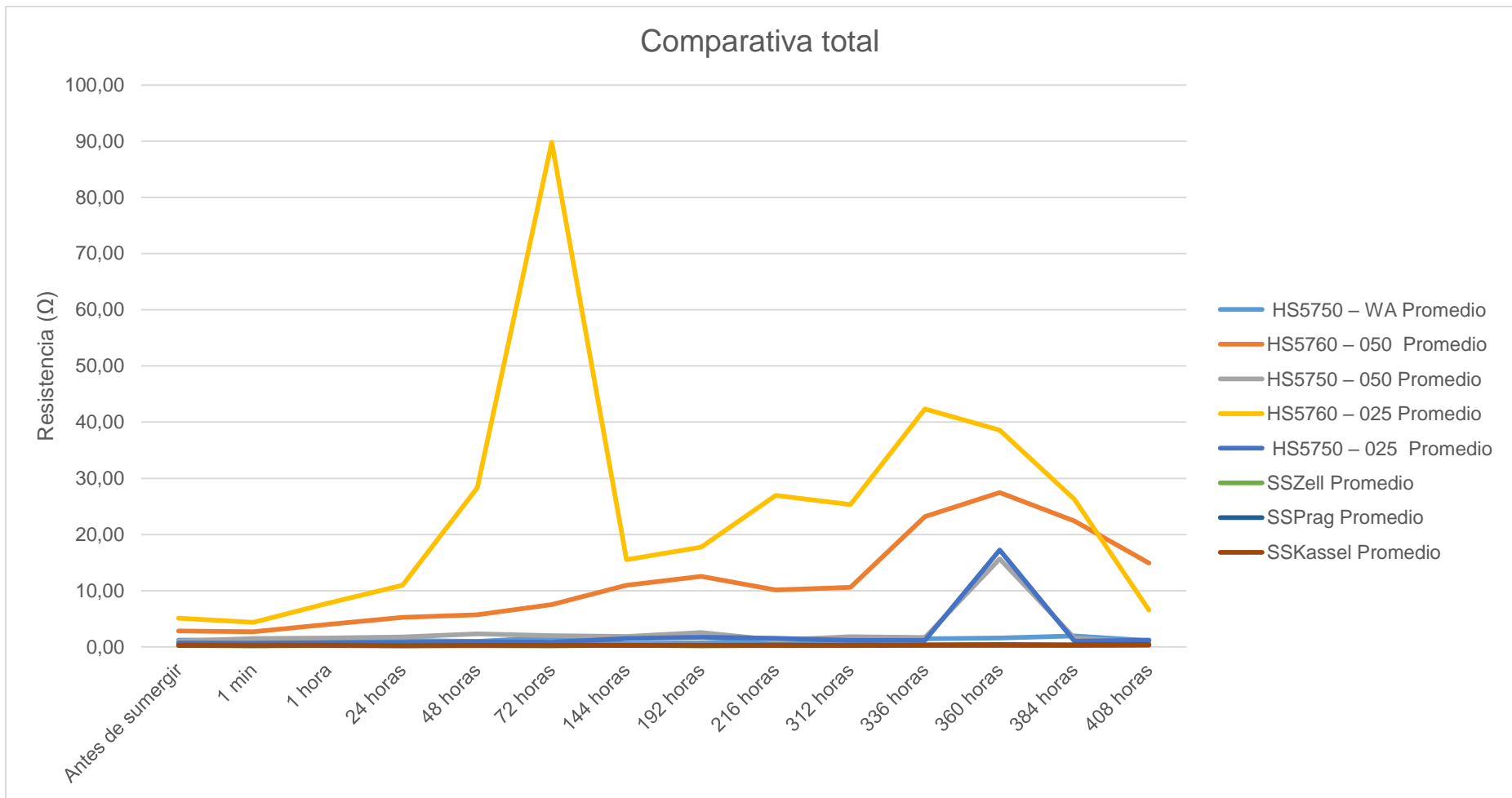
Comparativa total	HS5750 – WA	HS5760 – 050	HS5750 – 050	HS5760 – 025	HS5750 – 025	SSZell	SSPrag	SSKassel
Medidas en Ω (ohms)	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio	Promedio
Antes de sumergir	1,20	2,82	1,03	5,13	0,70	0,23	0,30	0,27
1 min	1,22	2,72	1,50	4,36	0,67	0,20	0,23	0,22
1 hora	1,02	4,02	1,58	7,78	0,73	0,27	0,30	0,22
24 horas	1,15	5,27	1,78	10,97	0,80	0,22	0,25	0,20
48 horas	1,00	5,72	2,32	28,30	0,95	0,23	0,27	0,25
72 horas	1,67	7,53	1,98	89,80	0,82	0,20	0,27	0,23
144 horas	0,62	10,97	1,88	15,52	1,50	0,27	0,30	0,27
192 horas	0,77	12,55	2,57	17,75	1,70	0,20	0,30	0,23
216 horas	1,10	10,15	1,22	26,96	1,53	0,27	0,35	0,23
312 horas	0,98	10,58	1,82	25,32	1,15	0,27	0,30	0,23
336 horas	1,47	23,22	1,68	42,36	1,18	0,30	0,37	0,27
360 horas	1,57	27,47	15,68	38,58	17,27	0,32	0,40	0,27
384 horas	1,95	22,42	1,60	26,26	1,03	0,28	0,38	0,27
408 horas	1,10	14,90	0,80	6,54	1,20	0,33	0,42	0,32

Tabla 33.- Resultados totales de todas las muestras realizadas en todas las aguas (promedio)



Grafica 28.- Comportamiento de todas las muestras total

Esta misma gráfica se amplía a continuación para mostrar los valores de aquellos materiales con resistencia eléctrica entre 0 – 5 Ohms.



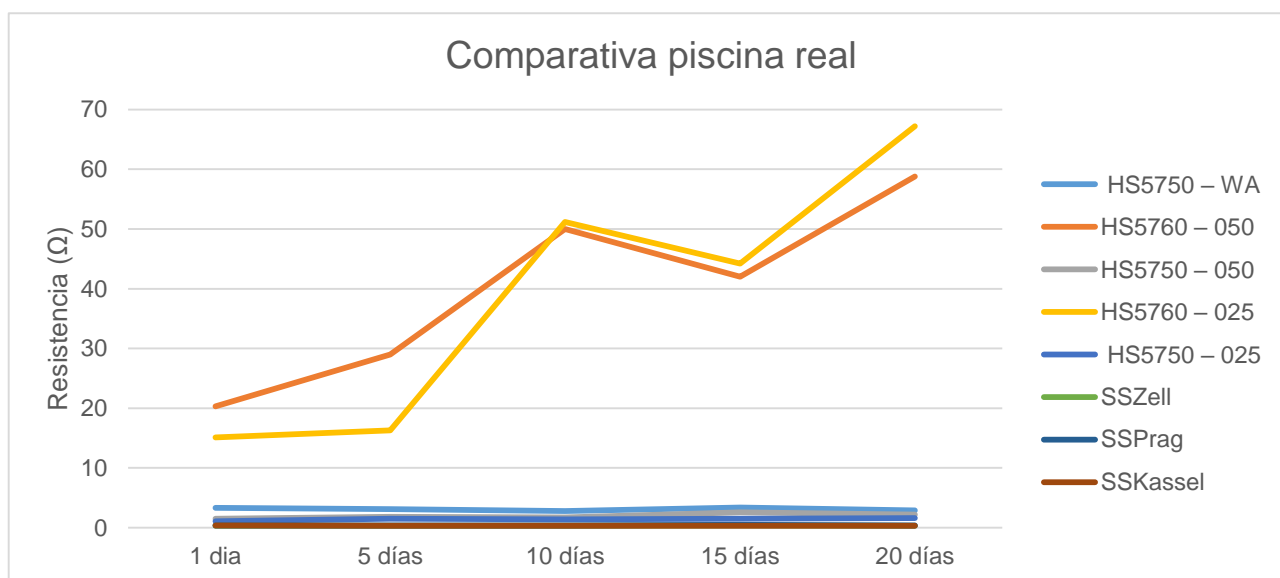
Grafica 29.- Comportamiento de todas las muestras total con lupa

Pruebas en entorno real (Piscina)

Una vez sacado las conclusiones, se ha optado por realizar una prueba en una piscina real de todas las muestras, a continuación las medidas obtenidas.

Comparativa piscina real	HS5750 – WA	HS5760 – 050	HS5750 – 050	HS5760 – 025	HS5750 – 025	SSZell	SSPrag	SSKassel
Medidas en Ω (ohms)	Medida	Medida	Medida	Medida	Medida	Medida	Medida	Medida
1 día	3,3	20,3	1,5	15,1	1,1	0,3	0,4	0,4
5 días	3,1	29	1,8	16,3	1,5	0,3	0,4	0,3
10 días	2,8	50	1,7	51,2	1,4	0,3	0,4	0,3
15 días	3,4	42	2,6	44,2	1,5	0,4	0,5	0,3
20 días	2,9	58,8	2,2	67,2	1,6	0,3	0,4	0,3

Tabla 34.- Resultados de todas las muestras en la piscina



Grafica 30.- Comportamiento de todas las muestras en la piscina

Tras las pruebas realizadas en un entorno real, como una piscina, se puede observar que las muestras se comportan de manera muy parecida a las pruebas realizadas en el laboratorio. Los textiles son los materiales que mejor se comportan y en especial los tejidos: SSZell y SSKassel.

Conclusiones

Tras este estudio se ha comprobado que bajo el agua, ya sea salada, clorada o dulce, cualquier material hoy por hoy no funciona de manera ideal y las mediciones no son 100% fiables. No obstante sí que dan una aproximación y orientación adecuada para su uso deportivo que puede servir de guía para el entrenamiento.

Tras haber observado los resultados obtenidos en el segundo ensayo realizado, en el cual medimos la conductividad al sumergir el sensor en disoluciones de distinto pH, se puede sacar una conclusión más detallada para elegir que material será el que al incorporarlo al producto actué mejor bajo el agua, ya sea salada, dulce o de piscina (clorada).

Al fijarse en las últimas tablas donde hay una gran comparativa en las diferentes aguas, se puede observar una clara diferencia entre las muestras y qué material será más efectivo que otro.

Las primeras muestras para ser descartadas son HSS760 – 025, HSS760 – 050, HSS750 – 025 y HSS750 – 050 por sus picos altos de resistencia eléctrica y su gran inestabilidad tras las distintas mediciones. Claramente en caso de utilización de estos materiales como electrodos de ritmo cardiaco, una vez que el usuario se introduzca en el agua, en la prueba de natación, los sensores no registrarían correctamente las pulsaciones de cliente, ni durante la sumersión ni las posteriores pruebas de ciclismo y running, ya que el agua habría dañado los electrodos.

Por otra parte está el HSS750 –WA, parece que está entre valores aceptables de resistencia eléctrica y no hay mucha variación entre ellos durante el ensayo. Pero comparándolos con los tejidos conductivos se recomienda su no utilización dado que presenta peores resultados.

En cuanto a los tres tejidos de la empresa Statex se observa que presentan mejores resultados a la hora de utilizarlos como electrodos. Se observa que dan unos excelentes valores de resistencia eléctrica y con una gran estabilidad en las pruebas realizadas con los diferentes tipos de agua, sin variaciones ni picos entre las diferentes mediciones. De esta manera se recomienda, la utilización tanto del SSZell como del SSKassel, dado que son los dos materiales que mejores valores registran y se espera que mayor rendimiento y efectividad aporten en una situación real con el producto.

No obstante, la fiabilidad de las mediciones depende en gran parte de la precisión del algoritmo, por ello no basta con elegir el mejor material sino que además habrá que diseñar un buen algoritmo. Por todo ello se recomienda en futuros entregables prestar atención a la parte del diseño de los algoritmos.

- [1] D. L. Rodrigo, *Desarrollo y caraterización de hilos para la fabricación de tejidos técnicos*, Alcoy, 2009.
- [2] P. Stenton, «<http://www.smarttextiles.co.uk/wearcomp.html>,» 01 de agosto de 2016
- [3] M. K. Singh, «The state-of-art Smart Textiles,» *Pakistan textile journal*, 2004.
- [4] S. M. Javier Ramón, «Los tejidos inteligentes y el desarrollo tecnológico de la industria textil,» *Tecnica industrial*, pp. 38-45, Marzo-Abril 2007.
- [5] J. Meyer, P. Lukowicz y G. Tröster, « Textile Pressure Sensor for Muscle Activity and Motion Detection.,» *In Proceeding of the 10th IEEE International Symposium on Wearable Computers, Montreux, Switzerland, 2006* Octubre 11-14 .
- [6] B. Karaguzel, C. Merritt, T. Kang, J. Wilson, H. Nagle, E. Grant y B. Pourdeyhimi, «Flexible, durable printed electrical circuits,» *J. Text. Inst*, vol. 100, pp. 1-9, 2009.
- [7] M. Stoppa y A. Chiolerio, «Wearable Electronics and Smart Textiles: A Critical Review,» *mdpi*, julio 2014.
- [8] «<http://www.idtechex.com/research/topics/printed-flexible-organic-electronics.asp>,» 11 de agosto de 2016.
- [9] «<http://insights.globalspec.com/article/1227/ink-turns-textiles-into-stretchable-electronics>,» 11 de agosto de 2016
- [10] «<http://sensingtex.com/switch-sensor-tex>,» SensingTex. 09 de agosto de 2016
- [11] « <http://www.3neo.org/noticias/i/3380/48/evaluando-el-mercado-de-las-tintas-conductivas>,» 23 de agosto de 2016

- [12] «<http://www.mexcostura.mx/index.php/publicaciones/edicion-71/publicaciones-71-tecnologia/544-de-las-mantas-electricas-a-los-textiles-que-conducen-la-electricidad>,» 23 de agosto de 2016
- [13] « www.textile-wire.com,» Elektrisola Feindraht AG.. 24 de agosto de 2016
- [14] T. Mac, S. Houis y T. M. F. Gries, «In Proceeding of the International Conference on Shape Memory and Superelastic Technologies,» Baden-Baden, Germany, 3-7 octubre 2004.
- [15] «<https://es.wikipedia.org/wiki/Trefilado>,» 25 de agosto de 2016
- [16] K. P. X. T. W. C. X. C. P. Xue, «Composite Structures,» de *Electrically conductive yarns based on PVA/carbon nanotubes*, Hong Kong, 2007, pp. 271-277.
- [17] «www.swiss-shield.ch,» Spoerry & Co AG, Swiss Shield®.. 20 de septiembre de 2016
- [18] S. Fujii, M. Kodama, S. Matsuzawa, H. Hamasaki, A. Ohtaka y Y. Nakamura , «Conducting Polymer-Metal Nanocomposite Coating on Fibers,» de *Nanotechnology and Nanomaterials*, 2011, p. capítulo 2.
- [19] «https://es.wikipedia.org/wiki/Pulverizaci%C3%B3n_cat%C3%B3lica,» 21 de septiembre de 2016
- [20] «<http://www.istas.net/fitema/att/li1.htm>,» 21 de septiembre de 2016
- [21] «<http://ricardi.webcindario.com/quimica/eltrolis.htm>,» 21 de septiembre de 2016
- [22] «http://www.plasmatreteat.es/tratamiento_con_plasma/procesos/recubrimiento_funcional_plasma_nano-recubrimiento.html,» 25 de septiembre de 2016
- [23] «http://www.plasmatreteat.es/aplicaciones_industriales/tratamiento_plasma_atmosferico_industria_textil.html,» 25 de septiembre de 2016

- [24] «<http://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/electrodeposicion>,» 21 de septiembre de 2016
- [25] «<https://learn.sparkfun.com/tutorials/sewing-with-conductive-thread>,» 25 de septiembre de 2016
- [26] «https://www.researchgate.net/profile/Herbert_Reichl/publication/4198454_Embroidering_electrical_interconnects_with_conductive_yarn_for_the_integration_of_flexible_electronic_modules_into_fabric/links/0deec531473ffafdc000000.pdf,» 02 de octubre de 2016
- [27] «<http://www.majr.com/conductive-rubber-what-it-is-and-where-its-used/>,» 02 de octubre de 2016
- [28] «<http://es.methode.com/sensors-and-switches/conductive-and-resistive-inks.html>,» Methode. 02 de octubre de 2016
- [29] «<https://www.sigmaaldrich.com/>,» Sigma-Aldrich. 02 de octubre de 2016
- [30] «<http://www.tekra.com/>,» Tekra. 03 de octubre de 2016
- [31] «<https://www.dfrobot.com/index.php?route=common/home>,» Df robot. 03 de octubre de 2016
- [32] «<http://www.statex.de/index.php/en>,» Statex. 03 de octubre de 2016
- [33] «<http://www.tibtech.com/>,» Tibtech. 03 de octubre de 2016
- [34] «<http://www.bekaert.com/>,» bekaert. 07 de octubre de 2016
- [35] «<http://hollandshielding.com/>,» Holland Shielding. 07 de octubre de 2016
- [36] «<http://eeonyx.com/>,» eeonyx. 08 de octubre de 2016

- [37] «<http://www.majr.com/>,» Majr. 08 de octubre de 2016
- [38] «<http://www.tiger-poly.com/>,» Tiger Polymer Corporation. 08 de octubre de 2016
- [39] «<http://www.tikp.co.uk/knowledge/technology/coating-and-laminating/laminating>,» Textile Innovation Knowledge Platform. 09 de agosto de 2016
- [40] « <http://www.creativesewing.co.nz/>,» Creative Sewing. 09 de agosto de 2016
- [41] «<http://nanetteparker.hubpages.com/hub/Popular-Embroidery-Techniques-Used-to-Decorate-Fabrics>,» Popular Embroidery Techniques Used to Decorate Fabrics. 09 de agosto de 2016
- [42] « <http://sophiasdecor.blogspot.it/2012/09/insidespoonflower-custom-fabric.html>,» Custom Fabric Printing. 13 de agosto de 2016
- [43] C.-T. Huang, C.-L. Shen, C.-F. Tang y S.-H. Chang, A wearable yarn-based piezo-resistive sensor. *Sens*, Elsevier, 2008, pp. 396-403.
- [44] F. Benito-Lopez, S. Coyle, R. Byrne, A. Smeaton, N. O'Connor y D. Diamond, «Pump Less Wearable Microfluidic Device for Real Time pH Sweat Monitoring.,» de *In Proceeding of the Eurosensors XXIII Conference*, Lucerne, Switzerland, 2009.
- [45] I. Locher, «Technologies for System-on-Textile Integration. Ph.D.,» Thesis, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Zurich, Switzerland, 2006.
- [46] L. Tong, W. Lijing, W. Xungai y K. Akif, «Polymerising pyrrole on polyester textiles and controlling the conductivity through coating thickness.,» *Thin Solid Films* , vol. 479, pp. 777-782, 2005.
- [47] «https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fibra_de_carbono_vista_con_una_lupa_2013-08-11_08-25.jpg,» 16 de agosto de 2016

- [48] «https://es.wikipedia.org/wiki/Nanotubo#/media/File:Types_of_Carbon_Nanotubes.png,» 23 de agosto de 2016
- [49] «<http://es.slideshare.net/DiegoCalvoRuiz/nanotubos-de-carbono-43467283>,» 23 de agosto de 2016
- [50] «<http://www.kobakant.at/DIY/?p=379>,» 28 de agosto de 2016
- [51] «<http://culturavernetta.com/blog/inspiracion/page/5/>,» 13 de septiembre de 2016
- [52] «<https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-speed-industrial-used-overlock-brand-name-sewing-machine-high-quality-in-china-1967393426.html>,» 13 de septiembre de 2016
- [53] «<http://tech-etch.com/shield/4000series.html>,» 09 de octubre de 2016