



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL
DISEÑO Y PROCESO DE FABRICACIÓN DEL
SISTEMA DE MEDICIÓN DE PRESIÓN FLEXIBLE
DESARROLLADO POR EL GRUPO DE
INVESTIGACIÓN EN BIOINSTRUMENTACIÓN E
INGENIERÍA CLÍNICA DE LA UNIVERSIDAD DE
ANTIOQUIA**

Anlly López Betancur

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Tecnología Biomédica
El Carmen de Viboral
2020



Implementación de mejoras en el diseño y proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible desarrollado por el Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica de la Universidad de Antioquia

Anlly López Betancur

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Tecnóloga biomédica

Asesor:

Andrés Felipe Castaño Franco, Bioingeniero

Línea de investigación:
Bioinstrumentación y diseño de dispositivos médicos.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Tecnología Biomédica
El Carmen de Viboral
2020

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	6
1. OBJETIVOS	8
1.1. Objetivo general	8
1.2. Objetivos específicos.....	8
2. MARCO TEÓRICO	9
3. METODOLOGÍA.....	14
4. RESULTADOS	20
4.1. Mejoras en tarjetas electrónicas	20
4.2. Orden del proceso de termofijación	22
4.3. Reducción de las dimensiones de la carcasa principal del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos	22
4.4. Fabricación de sistemas de medición de presión flexibles.....	24
4.5. Documentación del proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible	25
5. CONCLUSIONES	26
6. ANEXO A: OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS	27
6.1. Apoyo en procesos de logística para la certificación invima de los laboratorios seccional oriente de la universidad de antioquia.....	27
6.2. Implementación del proceso de costura dentro de la fabricación del sistema de medición de presión flexible.....	27
6.3. Cambio en el diseño de la tarjeta electrónica de transición	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Módulos que conforman el sistema de medición de presión flexible.	12
Ilustración 2. Tarjetas electrónicas que conforman equipo de acondicionamiento y transmisión de datos.....	13
Ilustración 3. Implementación de conector para cable plano con cabezal DIP. Imagen izquierda: tarjeta antes de la modificación, imagen derecha tarjeta después de la modificación.	15
Ilustración 4. Implementación de conector hembra cinta plana con pestaña. Imagen izquierda: tarjeta antes de la modificación, imagen derecha tarjeta después de la modificación.	16
Ilustración 5. Orden de termofijación de los textiles que conforman el sensor.	17
Ilustración 6. Diseño de carcasa que conforma el módulo de acondicionamiento y transmisión de datos.....	18
Ilustración 7. Vista superior e inferior de la tarjeta electrónica conector Ribbon antes (izquierda)y después (derecha) de los cambios implementados.	21
Ilustración 8. Vista superior de la tarjeta electrónica interfaz Ribbon-FPC antes y después del cambio en la máscara de soldadura, donde se ocultaron las vías expuestas.	22
Ilustración 9. Dimensiones de la carcasa del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos antes y después de la modificación en el diseño de esta.	23
Ilustración 10. Modificación realizada en el diseño de la tarjeta electrónica de transición. ...	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de reducción y magnitudes de la carcasa principal antes y después de reducir sus dimensiones.	24
Tabla 2. Lista de chequeo funcionamiento de sistemas de medición de presión flexible.....	24

RESUMEN

En el proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible, desarrollado por el Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica, GIBIC, se identificaron una serie de necesidades, que debían suplirse con el desarrollo de la práctica académica, tales como fallas en el diseño del conector del sensor flexible, fallas en la conexión del sensor flexible y en el módulo de acondicionamiento y transmisión de datos, posibilidad de optimizar el diseño de la carcasa del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos, necesidad de establecer el orden de termofijado de los textiles y necesidad de elaboración de documentación que permitiera tener un registro de todo el proceso de fabricación del sistema.

En total, durante el desarrollo de la práctica académica, se construyeron cuatro sistemas de medición de presión flexible en los cuales, se logró intervenir todas las necesidades que habían sido identificadas, se implementaron cambios en las tarjetas electrónicas, que permitieron resolver los problemas de conexión entre los diferentes módulos que conforman el sistema, se consiguió reducir el tamaño del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos redistribuyendo las tarjetas electrónicas que lo conforman, lo que además de mejorar la estética del sistema, facilita la movilidad y permite reducir materiales para la fabricación. Se elaboró además toda la documentación necesaria para estandarizar el proceso de fabricación del sistema, donde se estableció el orden de termofijado de los textiles que permitió optimizar el proceso y los tiempos de fabricación.

INTRODUCCIÓN

Los pacientes que se ven obligados a permanecer largos periodos de tiempo acostados, o en posiciones fijas, con frecuencia se ven afectados por lesiones por presión (National Pressure Ulcer Advisory Panel, European Pressure Ulcer Advisory Panel, and Pan Pacific Pressure Injury Alliance, 2014) que son heridas que se dan cuando la piel es sometida a diferentes presiones por tiempos prolongados; estas lesiones pueden prevenirse si se realiza un adecuado seguimiento de la exposición de la piel a dichas presiones. (Sakai, y otros, 2009) Es por esto que el Grupo de Investigación en Bioinstrumentación e Ingeniería Clínica, GIBIC, de la universidad de Antioquia, desarrolló un sistema de medición de presión flexible, enfocado en la medición de la presión por contacto corporal, usado para medir los ángulos de inclinación de la cama, medir y monitorear la distribución de presión por contacto que el colchón de una cama hospitalaria ejerce sobre la piel del paciente y los tiempos de exposición a presiones prolongadas en regiones específicas.

El sistema de medición de presión flexible está conformado por tres módulos. El módulo uno es un sensor textil diseñado con entretela adhesiva doble fusión, tela conductiva y tela piezorresistiva, para configurar una matriz de 4136 puntos sensibles a los cambios de presión, el módulo dos es un cobertor externo que protege al sensor textil y el módulo tres es el equipo de acondicionamiento y transmisión de datos que contiene toda la electrónica de procesamiento encargada de leer y acondicionar las señales eléctricas generadas por el módulo uno para una correcta medida de la distribución de presión.

Durante diferentes ensayos realizados con el sistema, se detectaron una serie de necesidades que consistían principalmente en problemas estructurales del módulo uno y

problemas de conexión entre el módulo uno y el módulo tres. Uno de los problemas estaba en la tarjeta electrónica encargada de recibir el cable Ribbon que transporta las señales eléctricas del módulo uno y otro correspondía a fallas en la conexión mecánica entre el módulo uno y el módulo tres. También se consideró la necesidad de reducir el tamaño de la carcasa del módulo tres con el fin de facilitar el manejo del sistema en el entorno hospitalario, se identificó la necesidad de establecer un orden de termofijado de los textiles que permitiera aprovechar al máximo las propiedades adhesivas del textil y optimizar los tiempos de producción y se planteó la necesidad de elaborar documentación que permitiera tener un registro de todo el proceso de fabricación donde se estandarizara la elaboración de los módulos del sistema.

Buscando dar solución a todas las necesidades expuestas anteriormente, se realizaron cambios en el diseño de la tarjeta electrónica encargada de comunicar el módulo uno con el módulo tres lo que permitió mejorar las conexiones, se realizaron cambios en el diseño del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos con el fin de reducir sus dimensiones, para lo cual fue necesario cambiar la ubicación de las tarjetas electrónicas dentro de la misma y a su vez, se modificó el orden de termofijación de los textiles del módulo uno. En total se fabricaron cuatro sistemas de medición de presión flexible, en los cuales se implementaron todos los cambios realizados, llevando un registro detallado de los procesos requeridos para su elaboración, con lo que finalmente se elaboró un guía de fabricación.

Con todos estos cambios al sistema de medición de presión flexible se logró no solamente aplicar mejoras al sistema sino también la optimización de los procesos de producción, además de facilitar el proceso de fabricación.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Contribuir en el proceso de fabricación de sistemas de medición de presión flexible.

1.2. Objetivos específicos

- Implementar mejoras en el proceso de fabricación del sensor de presión, enfocadas al ensamble textil, a las adecuaciones de las tarjetas electrónicas y al diseño estructural del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos.
- Fabricar 4 sensores de presión con mejoras implementadas.
- Elaborar documentación referente al proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible.

2. MARCO TEÓRICO

Para intervenir en el desarrollo del sistema de medición de presión flexible, es necesario comprender la importancia y razones de su fabricación y uso. En primera instancia, es fundamental mencionar que, en el ámbito de la salud, se entiende las lesiones por presión como “una lesión localizada en la piel y / o el tejido subyacente, generalmente sobre una prominencia ósea, como resultado de presión” (National Pressure Ulcer Advisory Panel, European Pressure Ulcer Advisory Panel, and Pan Pacific Pressure Injury Alliance, 2014), las cuales afectan a los pacientes que por diferentes causas se ven obligados a permanecer largos periodos de tiempo inmovilizados, total o parcialmente, en una misma posición. La formación y gravedad de estas lesiones depende de la intensidad de la presión que se ejerza sobre la piel y del tiempo que sea sometida a ella (Sakai, y otros, 2009); lo que sucede con el tejido, es una obstrucción o corte del flujo sanguíneo capilar en el mismo, causado por la presión producida entre una prominencia ósea del paciente y una superficie externa dura, que puede llegar a causar la muerte del tejido (Martínez, 2008).

Dichas lesiones suponen serias complicaciones tanto para los pacientes como para sus cuidadores, debido a que disminuyen la calidad de vida del paciente, ya que para este representan fuertes dolores que a su vez generan incomodidad y pérdida de autonomía, y que para los cuidadores y familiares representa desgaste y cansancio. Es importante resaltar que las lesiones por presión no solo traen repercusiones sobre la salud de los pacientes, los cuidadores y sus familias, sino que además representan una problemática para el sistema de salud, debido al alto costo que representa su incidencia y prevalencia (Plaza, y otros, 2007), en estados unidos los costos de los tratamientos alcanzan los \$130.000 por paciente, lo que agrega \$11 mil millones anuales a los costos de atención médica (Sen, McNeill, Mendelson,

Dunn, & Hickle, 2018), esto por varias razones: se retrasa el proceso de recuperación del paciente lo que implica mayores tiempos de estancia hospitalaria, se necesita mayor número de personal asistencial y de tiempo para el cuidado y atención, y se requiere tratamientos farmacéuticos adicionales, (Martínez, 2008). Estos costos podrían ser menores si se hace énfasis en la prevención de las lesiones por presión, “se trata de costos que podrían ser menores al instaurarse medidas preventivas y programas institucionales, organizados y estructurados, que tengan como finalidad evitar la aparición de UPP en los pacientes con riesgo a padecerlas” (Ministerio de salud y protección social, s.f) , entiéndase que con UPP se hace referencia a las úlceras o lesiones por presión. Se remonta entonces como una necesidad en el campo de la ingeniería biomédica el diseño de dispositivos que permitan llevar a cabo acciones enfocadas a la prevención de las lesiones por presión. Según la Guía de práctica clínica para el cuidado de personas con úlceras por presión o riesgo de padecerlas (GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE SANITAT, 2012) las mejores estrategias de prevención están direccionadas a realizar la valoración e higiene adecuada diariamente de la piel, en especial en zonas donde se tenga mayor riesgo de presentar las lesiones, por ejemplo, zonas de exposición a humedad constante, zonas con lesiones anteriores, zonas con dispositivos terapéuticos y zonas donde se presenten prominencias óseas, a llevar un control sobre el exceso de humedad en la piel, un control nutricional del paciente, y una de las más importantes, llevar un manejo efectivo de la presión donde se tenga un control sobre las magnitudes de presión a las que se ve sometido el paciente y la duración de las mismas, para lo cual se debe implementar cambios posturales que deben realizarse en intervalos regulares de dos horas (Monzón, 2019) (National Pressure Ulcer Advisory Panel, European Pressure Ulcer Advisory Panel, and Pan Pacific Pressure Injury Alliance, 2014). Por lo tanto, usar sistemas que permitan monitorear y registrar la postura, la sobreexposición y distribución de la presión sobre los tejidos del paciente resulta muy útil

para reducir el riesgo de padecer lesiones por presión y definir los intervalos óptimos para llevar a cabo los cambios posturales (Yousefi, y otros, 2011)

Todo esto denota entonces la importancia del diseño y fabricación del sistema de medición de presión flexible que se lleva a cabo por el grupo de investigación GIBIC de la Universidad de Antioquia, puesto que este responde a la necesidad inmediata de monitorear las zonas del cuerpo del paciente que están sometidas a mayor presión y el tiempo de exposición a estas, a la vez que permite llevar un control para que los cambios posturales se hagan de manera regular y de acuerdo a las necesidades de cada paciente. El diseño del sistema de medición de presión flexible desarrollado por GIBIC que permite prevenir la incidencia de UPP, integra 4136 puntos sensibles a los cambios de presión, fabricados a partir de material textil con propiedades piezorresistivas, es decir que presenta una variación en su resistividad como resultado de un esfuerzo mecánico (Pallás, 2003), para los cuales se configura un circuito eléctrico interconectado con líneas de tela conductiva, distribuidos en una matriz textil fabricada con entretela doble fusión, la cual tiene propiedades adhesivas que permiten la termofijación. La matriz textil (módulo uno) es conectada a través de correas de cable Ribbon al sistema electrónico de procesamiento y transmisión de datos (módulo tres), conformado por cinco tarjetas electrónicas: la primera, *tarjeta conector Ribbon*, ubicada en el conector de la carcasa principal del sistema, encargada de conectar las correas de cable Ribbon con el módulo tres, la segunda, ubicada en la carcasa principal del módulo tres, *tarjeta interfaz Ribbon -FPC*, encargada de conectar la tarjeta mencionada anteriormente con la *tarjeta de procesamiento y transmisión de datos*, la cual se encarga de procesar las señales de los sensores de presión y movimiento inercial, y transmite los datos al software de procesamiento, para así, visualizar un mapa de presión del paciente, la última posición en la cual fue ubicado, la información de los tiempos de exposición asociados a las regiones de

análisis y un cronómetro asociado con el tiempo que ha transcurrido a partir del último cambio de posición. Las otras dos tarjetas, *conversor AC/DC* y *conversor DC/DC*, se encargan de regular los voltajes usados en el sistema. En la ilustración 1 y en la ilustración 2 se presenta cada una de las partes que conforman el sistema de medición de presión flexible.

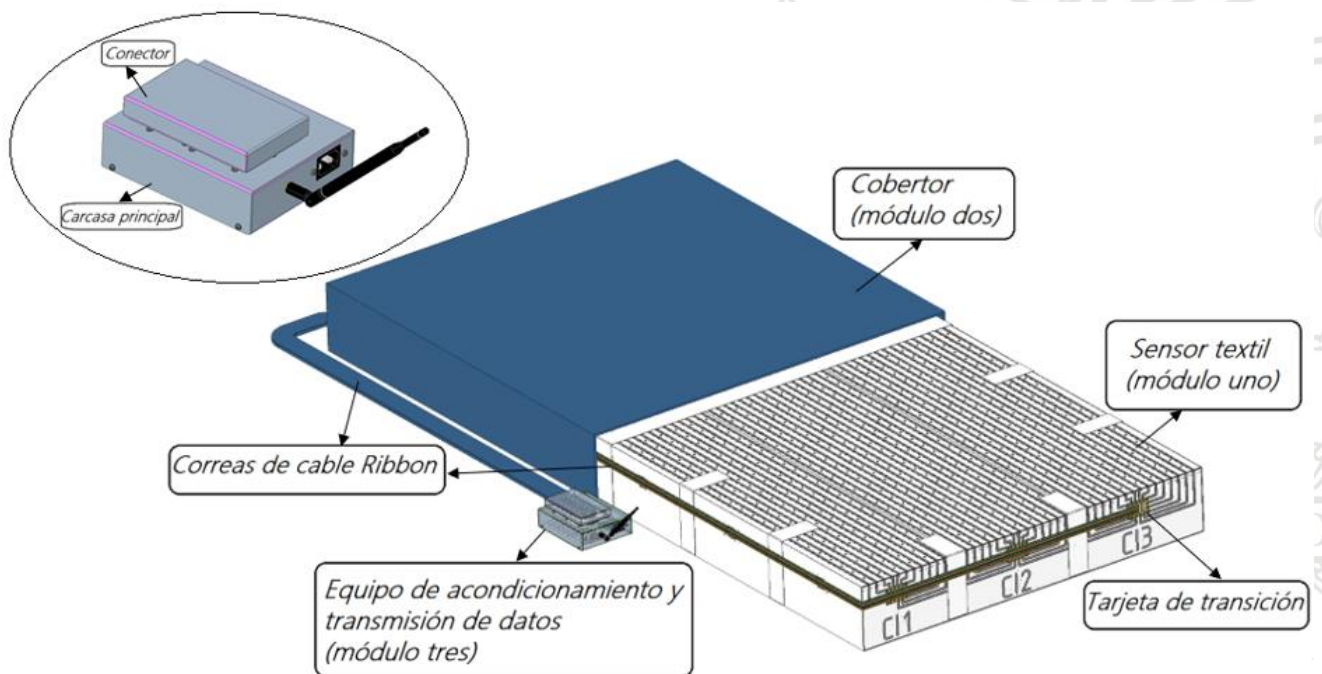


Ilustración 1. Módulos que conforman el sistema de medición de presión flexible.

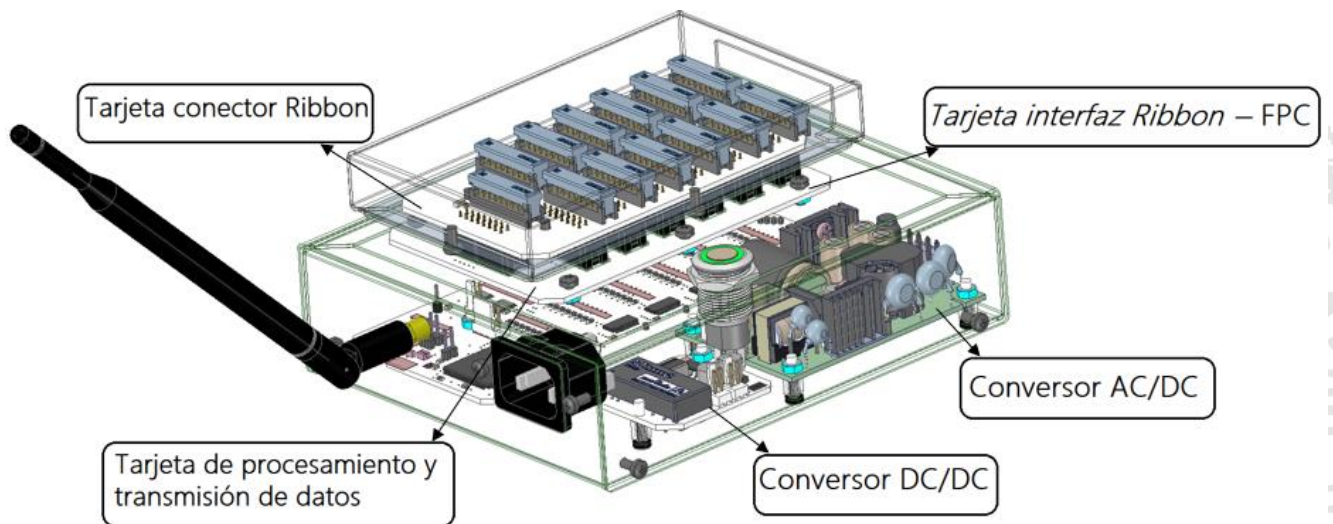


Ilustración 2. Tarjetas electrónicas que conforman equipo de acondicionamiento y transmisión de datos.

3. METODOLOGÍA

La ejecución de las mejoras propuestas para satisfacer las necesidades presentes en el proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible fue desarrollada en cinco etapas. La **primera etapa** fue la modificación de la *tarjeta conector Ribbon* ubicada dentro del conector del módulo tres. En este rediseño se realizaron básicamente dos cambios, el primero fue cambiar el sistema de conexión de las correas de cable Ribbon provenientes del sensor textil que se acoplan a la *tarjeta electrónica conector Ribbon*, en principio estas correas se conectaban con la tarjeta soldándolas directamente a los pads, con lo cual se presentaban frecuentemente fallas en la conexión, debido a que el anclaje mecánico no era lo suficientemente bueno, además el proceso de ensamblado de la tarjeta resultaba bastante complejo, retrasando los procesos de producción. Este sistema fue reemplazado en el diseño de la tarjeta electrónica por conectores para cable plano con cabezal DIP, los cuales proporcionan una conexión más resistente y permite reducir los tiempos de ensamblado de la tarjeta, en la ilustración 3 se observa este cambio; el segundo cambio importante en el diseño de la *tarjeta electrónica conector Ribbon* fue la implementación del conector hembra cinta plana con pestaña, el cual permitió mejorar el anclaje mecánico entre el módulo uno y el módulo tres, con lo que se eliminan los problemas de conexión que se venían presentando, en la ilustración 4 se observa la implementación de este conector. Adicional a los cambios mencionados anteriormente, a la *tarjeta electrónica conector Ribbon* y a la *tarjeta electrónica interfaz Ribbon – FPC*, se les realizó una adecuación en el diseño, que consistió en agrandar los aislamientos de plano a tierra en los agujeros de los tornillos, además, en la *tarjeta electrónica interfaz Ribbon – FPC* se hizo una modificación en la capa de máscara de soldadura del diseño, para que las vías no estuvieran expuestas y no se presentara contacto entre estas y la carcasa donde se fija la tarjeta electrónica. Posteriormente las tarjetas

electrónicas fueron ensambladas y probadas, para verificar la efectividad de los cambios implementados.

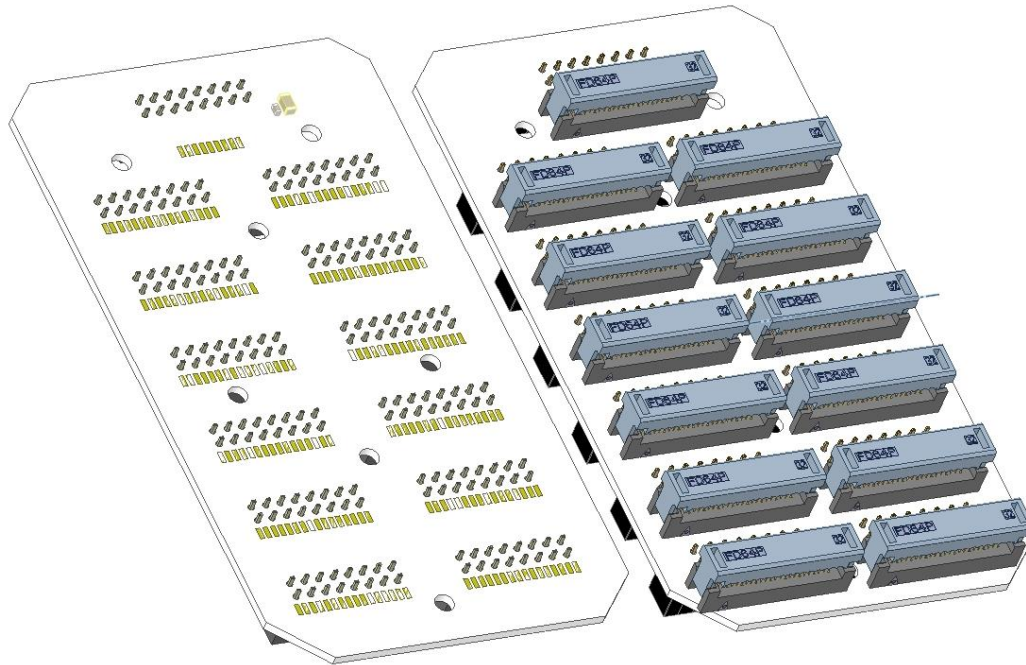


Ilustración 3. Implementación de conector para cable plano con cabezal DIP. Imagen izquierda: tarjeta antes de la modificación, imagen derecha tarjeta después de la modificación.

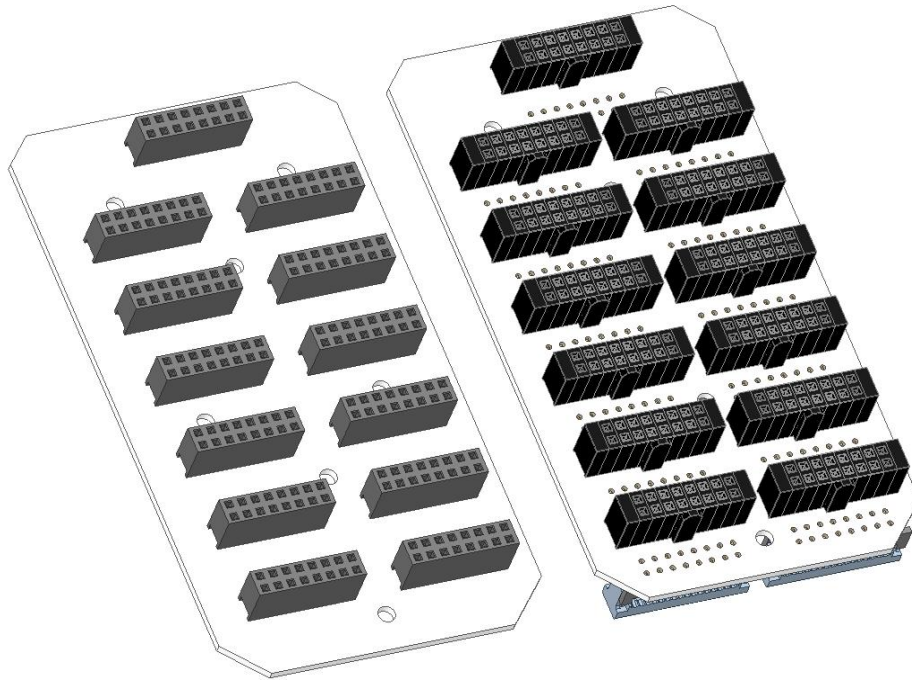


Ilustración 4. Implementación de conector hembra cinta plana con pestaña. Imagen izquierda: tarjeta antes de la modificación, imagen derecha tarjeta después de la modificación.

La **segunda etapa**, consistió en el establecimiento del orden de termofijación de los textiles que conforman el sensor textil del módulo uno con el fin de aprovechar al máximo las propiedades termoadhesivas de la entretela. Para esto se realizó el corte de todas las piezas textiles que son sometidas al proceso de termofijado. Una vez verificada la calidad del corte, se procedió a realizar una prueba con un nuevo orden de termofijación que consistió en termofijar en primer lugar las líneas de tela conductiva y las líneas de tela piezorresistiva en las piezas de distribución en fila, en segundo lugar, la entretela offset en estas mismas piezas, y por último se unieron las columnas a las filas, en este proceso a la vez se termofija también las líneas de tela conductiva a las columnas. Con la implementación de este orden de termofijado se logró una mejor adhesión entre las piezas que conforman el sensor textil. En la siguiente ilustración se puede observar un diagrama con el orden de termofijado propuesto.

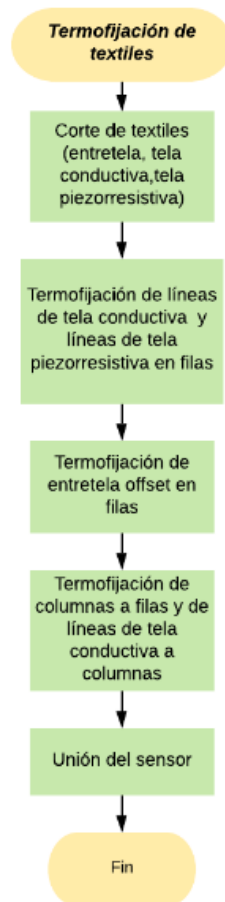


Ilustración 5. Orden de termofijación de los textiles que conforman el sensor.

En la **tercera etapa**, se modificaron las dimensiones de la carcasa principal del módulo tres, para lo cual se realizó previamente el modelo 3D de cada una de las tarjetas electrónicas que conforman este módulo con todos sus componentes, para posteriormente ubicarlas dentro del diseño 3D de la carcasa de tal manera que se optimizara el espacio y así poder realizar la respectiva modificación de las dimensiones. Una vez obtenido este diseño modificado, se procedió a realizar la fabricación de una carcasa, con el fin de verificar que todas las tarjetas tuvieran el espacio adecuado y que además todas las piezas que la conforman ajustaran perfectamente. En la ilustración 6, se observa el diseño final de la carcasa del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos.

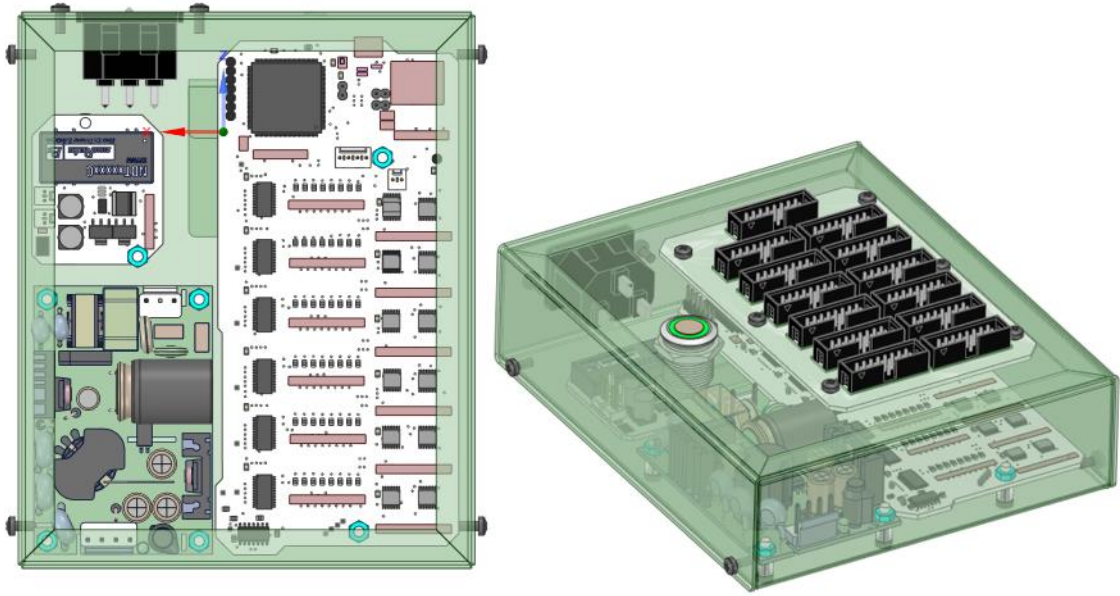


Ilustración 6. Diseño de carcasa que conforma el módulo de acondicionamiento y transmisión de datos.

La **cuarta etapa**, consistió en la fabricación de cuatro sistemas de medición de presión flexible, en los cuales se implementaron todos los cambios mencionados anteriormente, los módulos textiles se fabricaron utilizando el nuevo orden de termofijado, se realizó para estos el ensamble de cada una de las tarjetas electrónicas que conforman el sistema: *tarjeta de procesamiento y transmisión de datos*, *tarjeta conversor DC/DC*, *tarjeta conector Ribbon*, *tarjeta interfaz Ribbon – FPC* y se fabricaron y ensamblaron las carcasas. Además, en la fabricación del cobertor o módulo dos del sistema se realizó un cambio en la cubierta para las correas de cable Ribbon, el cual consistió en mejorar la fijación de dicho cobertor con el conector de la carcasa a través del uso de un resorte en el punto de encuentro de estos dos componentes y el reemplazo de la cremallera por una costura fija, lo cual permite mayor protección y cobertura de las correas.

La **quinta etapa** de la práctica académica consistió en la elaboración de un documento guía del proceso de fabricación donde se describió detalladamente cada uno de los procedimientos que se llevan a cabo para la fabricación de los módulos que conforman el sistema, los equipos y materiales necesarios y el tiempo que requiere cada proceso, utilizando imágenes para facilitar la explicación e interpretación de estos. Se construyó también un documento adicional donde se describe el proceso de ensamblado de cada una de las tarjetas electrónicas, se brinda información específica de cada componente electrónico requerido, se especifica el orden de ensamblado y se estima un tiempo aproximado para llevar a cabo cada proceso.



4. RESULTADOS

4.1. Mejoras en tarjetas electrónicas

Después de realizar los respectivos cambios en el diseño de las *tarjetas electrónicas conector Ribbon y tarjeta electrónica interfaz Ribbon FPC* y después de haber realizado el ensamblado de las mismas, se evidencia la eficiencia de los conectores implementados ya que permitieron mejorar el anclaje mecánico del conector con la carcasa principal, facilitaron el contacto y la fijación de las correas de cable Ribbon e hicieron más fácil el proceso de ensamble, con lo que se redujo notablemente los tiempos de realización de este proceso. En la ilustración 7 se muestran los cambios realizados en el diseño de la tarjeta electrónica para implementar los nuevos conectores.

En cuanto a los cambios realizados sobre la capa de máscara de soldadura en la Tarjeta interfaz Ribbon - FPC, se observa, durante las pruebas realizadas con el sistema, que ya no se presenta contacto entre el circuito electrónico y la carcasa, en la ilustración 8 se pueden observar los cambios realizados en la máscara de soldadura de la tarjeta electrónica.

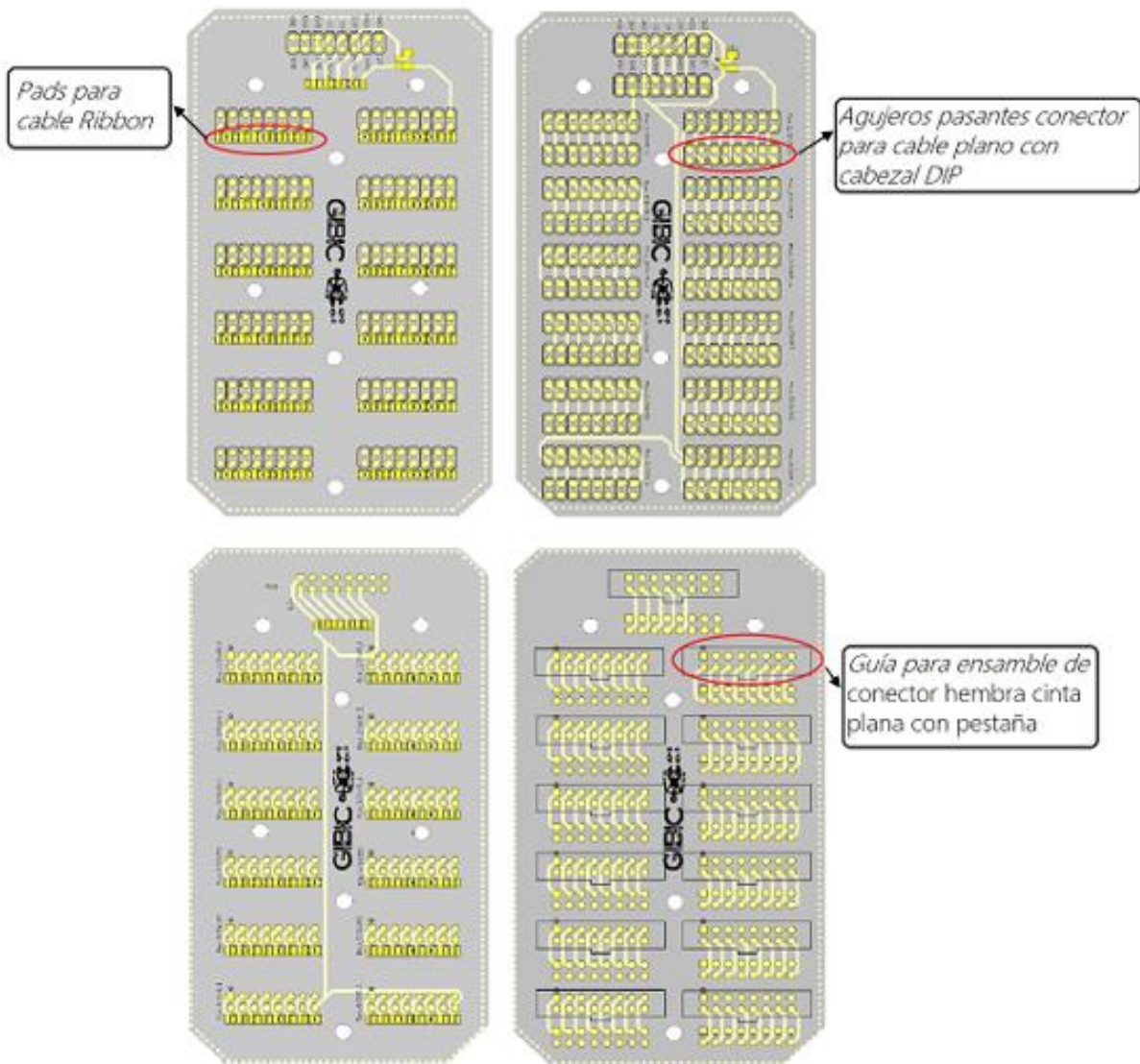


Ilustración 7. Vista superior e inferior de la tarjeta electrónica conector Ribbon antes (izquierda) y después (derecha) de los cambios implementados.

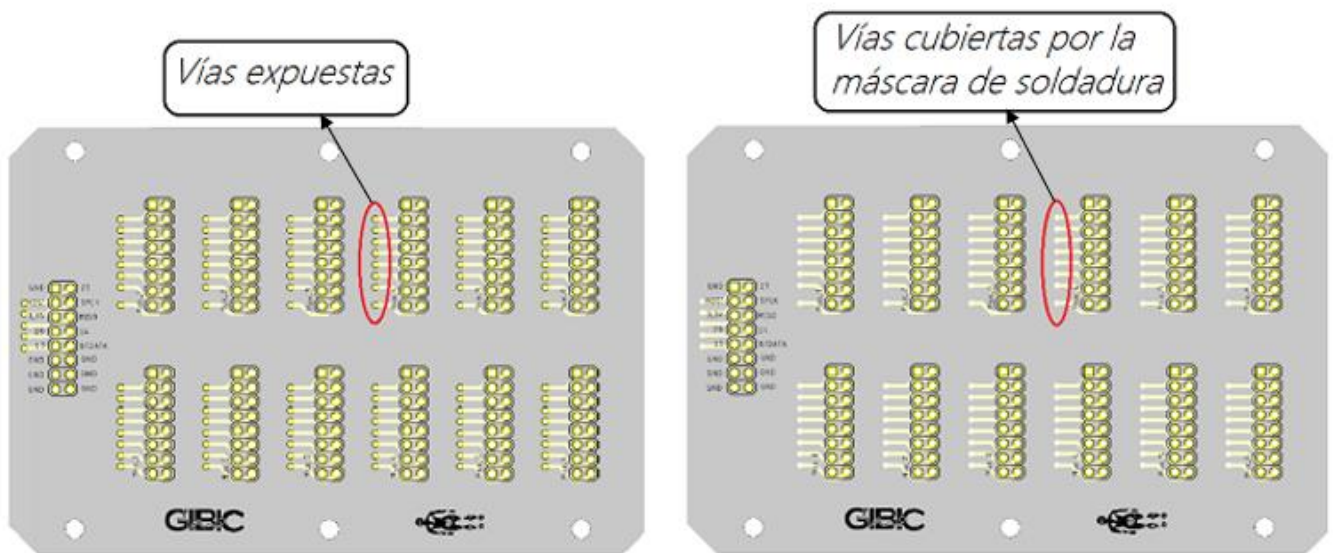


Ilustración 8. Vista superior de la tarjeta electrónica interfaz Ribbon-FPC antes y después del cambio en la máscara de soldadura, donde se ocultaron las vías expuestas.

4.2. Orden del proceso de termofijación

Con el establecimiento de un nuevo orden de termofijado de los textiles, se consiguió disminuir en treinta minutos aproximadamente el tiempo en el que se realiza el proceso, se evidenció una mejor adhesión de los textiles a la entretela doble fusión en especial entre las columnas y las filas, además de conseguir un mejor acabado del sensor textil.

4.3. Reducción de las dimensiones de la carcasa principal del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos

Se realizó la reducción de las dimensiones de la carcasa principal, con lo cual se consiguió además de mejorar el acabado y la apariencia, que el sistema sea más liviano y fácil de movilizar. Con la reducción de las dimensiones se logra disminuir la cantidad de materia prima utilizada para su fabricación en un 14.3%. En este módulo también se implementó el uso de una terminal de anillo para la conexión a tierra de toda la carcasa, haciendo la

conexión más eficiente y segura. En la ilustración 4 se pueden observar las diferencias en las dimensiones de la carcasa del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos.

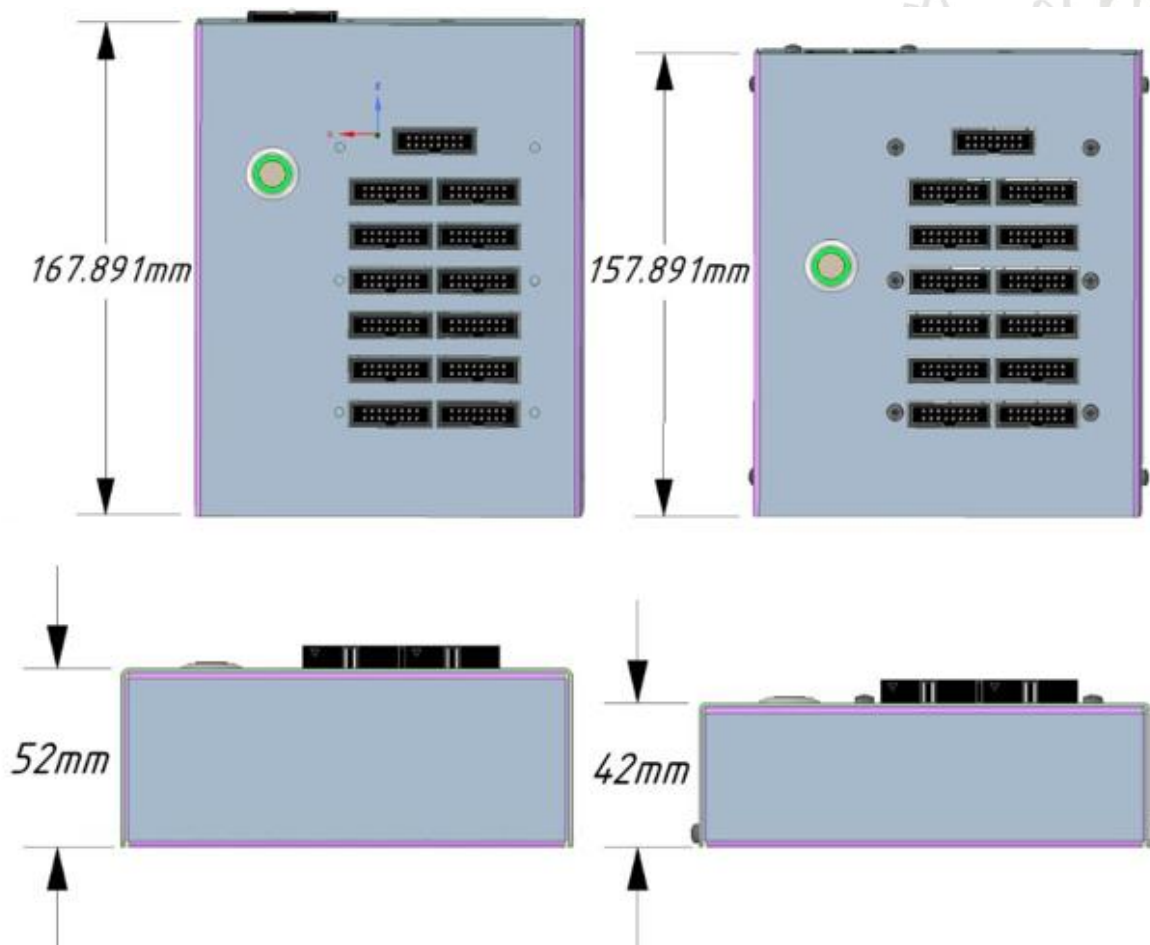


Ilustración 9. Dimensiones de la carcasa del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos antes y después de la modificación en el diseño de esta.

En la siguiente tabla se presenta el cambio de dimensiones realizado en la carcasa principal del equipo de acondicionamiento y transmisión de datos.

<i>Magnitud</i>	<i>Antes</i>	<i>Después</i>	<i>Porcentaje de reducción</i>
<i>Alto</i>	52 mm	42mm	19.2 %
<i>Largo</i>	167.891 mm	157.891 mm	6%
<i>Volumen</i>	90289.7 mm ³	76693.7 mm ³	15.1 %

Tabla 1. Porcentaje de reducción y magnitudes de la carcasa principal antes y después de reducir sus dimensiones.

4.4. Fabricación de sistemas de medición de presión flexibles

En total se fabricaron cuatro sistemas de medición de presión flexibles, durante cada etapa del proceso de fabricación se realizaron las respectivas verificaciones y pruebas de calidad, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del sensor. Para cada sistema fabricado se realizó una prueba de conexión al software de procesamiento, presentadas en la tabla 2, donde se verificó el funcionamiento de la conexión wifi, la conexión entre los módulos que conforman el sistema, y la respuesta de los sensores a los cambios de presión, revisando el mapa de presión entregado por el software. Todos los sensores funcionaron correctamente, no presentó ningún problema de conexión entre los módulos que lo conforman, y tampoco con el software de procesamiento.

EQUIPO (MAC)	PARÁMETROS							
	Funcionamiento de conexión wifi		Conexión entre módulos del sistema		Respuesta de sensores a cambios de presión		Conexión al software de procesamiento	
	B	M	B	M	B	M	B	M
60:01:94:83:64:C3	x		x		x		x	
60:01:94:8D:B2:61	x		x		x		x	
60:01:94:83:64:D5	x		x		x		x	
60:01:94:83:15:0B	x		x		x		x	

Abreviaturas: B= Bueno M= malo

Tabla 2. Lista de chequeo funcionamiento de sistemas de medición de presión flexible.

4.5. Documentación del proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible

La elaboración del documento “Guía de fabricación Sistema de medición de presión flexible” (almacenada en el repositorio del sistema de medición de presión flexible), permite la estandarización del proceso, además de facilitar la comprensión de cada una de las etapas del mismo. La guía se divide en tres partes, las cuales corresponden a la fabricación de cada uno de los módulos que conforman el sistema de medición de presión, en la primera parte se expone el paso a paso de la fabricación del módulo textil, en la segunda se explica todo el proceso para la elaboración de la cubierta del sistema y en una tercera parte se expone el proceso de fabricación del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos, se muestra el orden en que se debe hacer el ensamblado de las carcasas y explica el proceso que se debe llevar a cabo para comprobar el correcto funcionamiento de las tarjetas electrónicas que lo conforman. Cada proceso explicado en el documento está apoyado en imágenes que facilitan la interpretación de cada uno de ellos.

5. CONCLUSIONES

Después del planteamiento, diseño y ejecución de las mejoras en el sistema de medición de presión flexible, es posible afirmar que se optimizaron los tiempos, los recursos y los procesos de fabricación, en cuanto al tiempo se obtiene una reducción de dos horas en el proceso y en cuanto a los recursos se obtiene una reducción del 14.3% en la materia prima utilizada para la fabricación de la carcasa que conforma el módulo tres. Se eliminaron las fallas de conexión que se identificaron inicialmente, además de dar un mejor acabado al sistema en cuanto a la estética y la calidad de la presentación final del producto.

La elaboración de la documentación correspondiente a todo el proceso de fabricación del sistema de medición de presión flexible permite la estandarización del mismo y facilita la interpretación de las etapas que se llevan a cabo en cada uno de los procesos de fabricación de los diferentes módulos que conforman el sistema.

Con las modificaciones propuestas para la fabricación del sistema de medición de presión flexible, se logró comprobar la eliminación de los problemas de conexión que se venían presentando entre los módulos del sistema, verificar que con el nuevo orden en el proceso de termofijado se mejora la adhesión entre los textiles que conforman el primer módulo del sistema y comprobar que la reducción de las dimensiones del módulo de acondicionamiento y transmisión de datos, facilita la manipulación y traslado del mismo.

6. ANEXO A: OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS

6.1. Apoyo en procesos de logística para la certificación Invima de los laboratorios Seccional Oriente de la Universidad de Antioquia

El GIBIC lideró el proyecto para la obtención de la certificación Invima de los laboratorios de la Seccional Oriente de la Universidad de Antioquia para la fabricación de dispositivos médicos, entre los productos autorizados para llevar a cabo su fabricación en el nuevo centro de producción se encuentra el sistema de medición de presión flexible, por esta razón una de las actividades que también fue desarrollada en la práctica académica fue el apoyo en la logística para la obtención de esta certificación, contribuyendo en la adecuación de los espacios para que cumplieran con los estándares exigidos por el Invima, se asistió en la elaboración del inventario, fichas técnicas y reportes de mantenimiento de los equipos que son utilizados en los procesos de fabricación de los dispositivos autorizados.

6.2. Implementación del proceso de costura dentro de la fabricación del sistema de medición de presión flexible

El proceso de fabricación del módulo dos o cubierta textil del sistema de medición de presión flexible, venía siendo realizado por terceros, debido a que no se tenía la capacidad de operar la máquina de confección disponible en el laboratorio, en el desarrollo de la práctica académica se logró implementar el uso de esta máquina en dos procesos, el primero en la fijación del velcro al módulo textil y el segundo en la fabricación de la cubierta textil del sistema, lo que permitió optimizar tiempos de producción y de uso del recurso humano.

6.3. Cambio en el diseño de la tarjeta electrónica de transición

Las señales adquiridas en el sensor textil viajan a través de correas de cables ribbon hasta la *tarjeta conector Ribbon*. Para el cambio de interfaz tela-cable se tenía diseñado una tarjeta electrónica con ojales para insertar la tela y pads para soldar los cables. El diseño de esta tarjeta de interfaz se había hecho con un formato inadecuado que dificultaba su procesamiento y complicaba las modificaciones en el archivo, presentándose incluso problemas para visualizar el diseño. Buscando resolver este problema, se hizo nuevamente el diseño de la tarjeta electrónica, conservando sus dimensiones y diseño inicial, pero cambiando la forma en que se realizaron los ojales, con lo que se consiguió un archivo de menor tamaño, que permite ser modificado y visualizado con mucha facilidad. El archivo paso de tener un tamaño de 1.1 MB a 572 KB, reduciéndose así un 48%. En la ilustración 5 se puede observar el cambio realizado en el diseño de la tarjeta electrónica. El formato anterior tenía ojales contruidos a partir de pads consecutivos con lo que saturaba el diseño de componentes discretos, el nuevo formato dispone de un único elemento por lo que optimiza el diseño completo de la tarjeta.

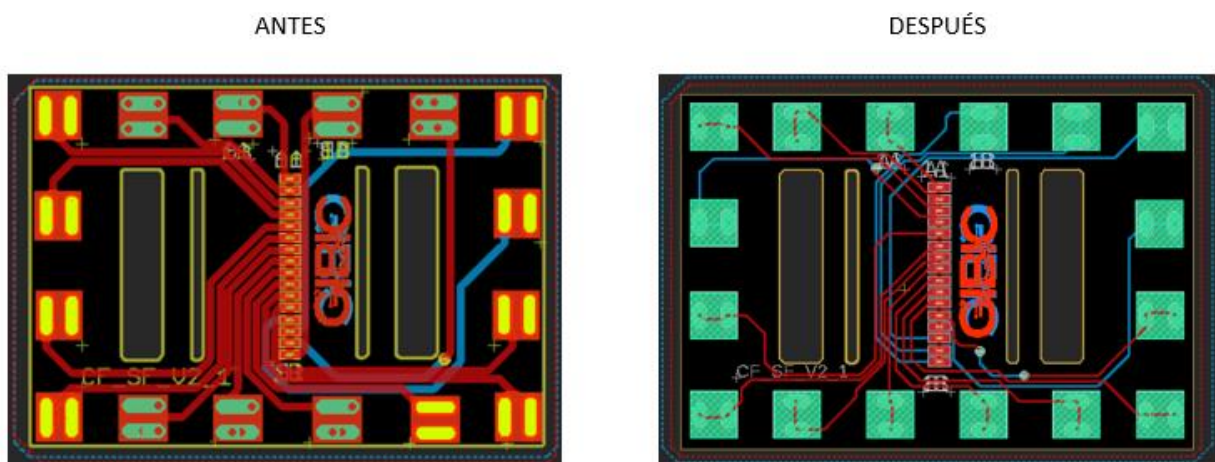


Ilustración 10. Modificación realizada en el diseño de la tarjeta electrónica de transición.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE SANITAT. (2012). *Guía de práctica clínica para el cuidado de personas con úlceras por presión o riesgo de padecerlas*. Comunidad Valenciana, España: Generalitat Valenciana. Conselleria de Sanitat. Obtenido de https://portal.guiasalud.es/wp-content/uploads/2018/12/GPC_520_Ulceras_por_presion_compl.pdf
- Martínez, J. F. (2008). *Prevención y tratamiento de úlceras y escaras*. España: VÉRTICE.
- Ministerio de salud y protección social. (s.f). Prevención Úlceras por Presión. *Guía técnica "Buenas prácticas para la seguridad del paciente en la atención en salud"*, Versión 2.0. Colombia. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/CA/prevenir-ulceras-por-presion.pdf>
- Monzón, A. (2019). *Intervalo de tiempo óptimo en la realización de cambios posturales, independientemente de la superficie sobre la que descansa, para la prevención de úlceras por presión en el entorno asistencial*. Tesis doctoral, España. Obtenido de <https://gneaupp.b-cdn.net/wp-content/uploads/2020/05/Monz%C3%B3n-2019.-Intervalo-tiempo-%C3%B3ptimo-cambios-posturales.-TD-desbloqueado.pdf>
- National Pressure Ulcer Advisory Panel, European Pressure Ulcer Advisory Panel, and Pan Pacific Pressure Injury Alliance. (2014). *Prevention and Treatment of Pressure Ulcers: Quick Reference Guide*. Western Australia: Cambridge Media. Obtenido de <https://www.epuap.org/wp-content/uploads/2016/10/quick-reference-guide-digital-npuap-epuap-pppia-jan2016.pdf>
- Pallás, R. (2003). *Sensores y acondicionadores de señal*. Barcelona: Marcombo.
- Plaza, R., Guija, R., Martínez, M., Alarcón, M., Calero, C., & Piqueras, J. y. (2007). Prevención y tratamiento de las Úlceras. *Revista Clínica de Medicina de Familia*, vol. 1(no. 6), 284-290. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1696/169617626008.pdf>
- Sakai, K., Sanada, H., Matsui, N., Nakagami, G., Sugama, J., Komiyama, C., & and Yahagi, N. (2009). Continuous monitoring of interface pressure distribution in intensive care patients for pressure ulcer prevention. *Journal of Advanced Nursing*, vol. 65(no. 4), 809-817.

Sen, D., McNeill, J., Mendelson, Y., Dunn, R., & Hickel, a. K. (2018). A New Vision for Preventing Pressure Ulcers: Wearable Wireless Devices Could Help Solve a Common-and Serious-Problem. (IEEE, Ed.) *IEEE Pulse*, vol. 9(no. 6), 28-31.

Yousefi, R., Ostadabbas, S., Faezipour, M., Farshbaf, M., Nourani, M., Tamil, L., & Pompeo, M. (2011). Bed posture classification for pressure ulcer prevention. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*.

