

---

# Desarrollo de sistema de sujeción de bolsas de ostomía para neonatos

---

María Jimena Juárez Medal





UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Desarrollo de sistema de sujeción de bolsas de ostomía para  
neonatos**

Trabajo de graduación presentado por María Jimena Juárez Medal para  
optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Biomédica

Guatemala,

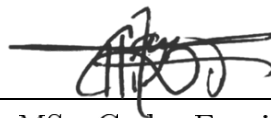
2025

Vo.Bo.:



(f)

Dr.-Ing. José Leal



(f)

MSc. Carlos Esquit

Desde pequeña, tuve el deseo de poder contribuir de manera positiva al país, consciente de que crecí con más oportunidades y que puedo ofrecerle algo a la sociedad. Con el tiempo, tuve distintas experiencias que me permitieron conocer la realidad del sistema de salud del país, observando muchas necesidades que siguen sin alguna respuesta. Esto influyó en la toma de decisión de estudiar Ingeniería Biomédica, con el compromiso de involucrarme y aportar al cambio que nuestro país necesita.

El punto del proyecto que desarrollé fue demostrar que la ingeniería biomédica no solo se basa en crear nuevas tecnologías para el área médica, sino que también tiene un componente humanitario permitiendo resolver problemáticas que afectan a distintas poblaciones. No siempre se requiere de máquinas sofisticadas para poder transformar una vida, a veces basta con observar una necesidad y buscar una solución. A través del diseño de soluciones viables, como un sistema de sujeción para neonatos ostomizados, la ingeniería biomédica me permite demostrar que su impacto no solo está en avanzar la ciencia, sino en responder de forma práctica a necesidades presentes. Con cada diseño, grande o pequeño, la biomédica puede acercar la tecnología al cuidado humano, recordando que innovar también es cuidar.

Quiero agradecer a todas las personas que estuvieron presentes durante el desarrollo de este proyecto, como guías y apoyo. A mi asesor José Leal por guiarme a lo largo de este

trabajo. A Pablo Mazariegos, por sus consejos y apoyo durante la impresión 3D de mis prototipos, y al Departamento de Electrónica por su apoyo en la obtención de materiales y espacios de trabajo. Estoy muy agradecida con mis papas, por siempre velar por mi educación y por motivarme para poder alcanzar todo lo que me propongo; con mis hermanas por siempre acompañarme; con mis amigos por todos los momentos que vivimos en la carrera, formándonos como futuros profesionales; y con una persona especial que me apoyó de manera incondicional dejándome momentos y lecciones, impulsándome para ser la mejor versión de mí. Todavía queda un largo camino por recorrer, pero estos años estudiando en la universidad ampliaron mi conocimiento y mi hambre por aportar al cambio.

---

<b>Prefacio</b>	<b>II</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de cuadros</b>	<b>VII</b>
<b>Resumen</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract</b>	<b>XI</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Antecedentes</b>	<b>3</b>
<b>3. Justificación</b>	<b>6</b>
<b>4. Objetivos</b>	<b>10</b>
4.1. Objetivo general . . . . .	10
4.2. Objetivos específicos . . . . .	10
<b>5. Alcance</b>	<b>12</b>
<b>6. Marco teórico</b>	<b>14</b>
6.1. Ostomías . . . . .	14
6.2. Bolsas de ostomía . . . . .	18
6.3. Uso de textiles en la biomédica . . . . .	20

<b>7. Metodología</b>	<b>22</b>
7.1. Evaluación de situación actual sobre manejo de ostomías en Guatemala . . . . .	22
7.2. Ganchos de sujeción . . . . .	23
7.3. Textiles . . . . .	26
7.4. Prototipos . . . . .	29
7.5. Análisis de viabilidad . . . . .	31
<b>8. Resultados</b>	<b>33</b>
8.1. Fabricación de ganchos de sujeción . . . . .	33
8.2. Textiles . . . . .	35
8.3. Prototipos . . . . .	38
8.4. Análisis económico . . . . .	40
<b>9. Discusión</b>	<b>43</b>
<b>10. Conclusiones</b>	<b>47</b>
<b>11. Recomendaciones</b>	<b>49</b>
<b>12. Referencias</b>	<b>51</b>

1.	Representación estoma sano gráficamente[1] . . .	7
2.	Caso de neonato en Guatemala mostrando la herida y adaptaciones para poder tratar con el estoma Nota. Foto otorgada por ASOGUA. . .	9
3.	Representación del aparato digestivo [17] . . . .	15
4.	Tipos de ostomías a) colostomía, b) ileostomía, c) urostomía Nota. Imagen obtenida de [19] . .	17
5.	Tipos de bolsas de ostomía a) bolsa de ostomía pediátrica, b) bolsa drenable con clip de cierre, c) bolsa drenable sin clip de cierre, d) bolsa de urostomía Nota. Imagen obtenida de [20] . . . .	19
6.	Proyección final del sistema propuesto, conformado por la faja de sujeción, los ganchos y como sujetan la bolsa de ostomía para adultos . .	23
7.	Diseño 3D gancho; vista inferior, superior, lateral e isométrica . . . . .	24
8.	Dibujo técnico del prototipo de gancho impreso en 3D; vista superior, frontal y lateral . . . . .	24
9.	Montaje de carga colgante (1) colocación de cuerda en soporte fijo y a la gancho impreso lado superior, (2) colocación de cuerda sobre el lado inferior del gancho y la carga . . . . .	26
10.	Diagrama de muestras textiles (1) corte de las muestras, (2) colocación del velcro, (3) tipos de costuras aplicadas . . . . .	27

11.	Diseño de prototipos elaborados; prototipo 1 cinturón estándar, y prototipo 2 con soporte adicional en la zona de la espalda . . . . .	30
12.	Demostración de modelo neonatal (1) muñeca con placa de soporte en el abdomen, (2) sistema de evacuación de fluidos, (3) colocación de faja de sujeción y bolsa de ostomía . . . . .	31
13.	Demostración del gancho realizado . . . . .	34
14.	Ganchos en ensayo de carga suspendida . . . . .	35
15.	Telas después de los ciclos de lavado . . . . .	36
16.	Costuras después de los ciclos de lavado . . . . .	36
17.	Telas después de los estiramientos . . . . .	37
18.	Velcro después de ciclos de lavado y separación . . . . .	38
19.	Demostración de los prototipos realizados con los distintos métodos de confección . . . . .	39
20.	Pruebas de funcionalidad en modelo neonatal . . . . .	40
21.	Comparación de precios entre cinturones comerciales y prototipos desarrollados . . . . .	42

1.	Tiempos de confección de los prototipos . . . . .	39
2.	Costos de materiales y servicios para el prototipo 1 . . . . .	40
3.	Costos de materiales y servicios para el prototipo 2 . . . . .	41
4.	Comparación de precios entre cinturones comerciales y prototipos desarrollados . . . . .	41

Una ostomía es una intervención quirúrgica que consiste en crear una abertura en el abdomen del paciente para permitir la salida de desechos cuando el sistema digestivo no puede hacerlo naturalmente. Al tener una ostomía, los pacientes requieren de una bolsa externa al cuerpo que permita la recolección de los desechos. En Guatemala, el precio de estas bolsas ronda entre los Q35-Q80, variando según calidad y marca. Dichas bolsas son comúnmente donadas debido a limitaciones de recursos, por lo que poblaciones como los neonatos carecen de dispositivos adecuados a sus necesidades. Esto acentúa las complicaciones que se pueden tener por una incorrecta aplicación de la bolsa, como fugas, irritación y lesiones cutáneas. Aunque algunas organizaciones brindan insumos y apoyo, persiste la necesidad de adaptar estas bolsas a los requerimientos de los recién nacidos.

Se desarrolló un sistema de sujeción adaptable para bolsas de ostomía en neonatos, enfocado en mejorar comodidad, seguridad y estabilidad. Se evaluaron tres telas mediante pruebas de estiramiento y lavado, y se realizaron ensayos de resistencia de velcro. Se fabricaron ganchos en 3D con PLA, garantizando ergonomía y resistencia. Dos prototipos fueron confeccionados manualmente y con máquina de coser, y se evaluaron en un modelo anatómico neonatal para verificar su funcionalidad. Los resultados mostraron que la combinación de un textil ligero y transpirable con componentes 3D permitió desarrollar un sistema eficiente y económico, capaz de

sostener bolsas adultas sin comprometer la movilidad y seguridad del bebé, contribuyendo con su bienestar y facilitando el manejo por parte de sus cuidadores.

**Palabras clave:** Bolsas de ostomía, ostomía neonatal, sistema de sujeción, limitaciones económicas.

An ostomy is a surgical procedure that involves creating an opening in the patient's abdomen to allow waste to be expelled when the digestive system cannot do so naturally. Patients with an ostomy require an external bag to collect waste. In Guatemala, these bags cost between Q35 and Q80, depending on quality and brand. These bags are commonly donated due to resource limitations, which means that populations such as newborns lack devices that are appropriate for their needs. This exacerbates the complications that can arise from incorrect application of the bag, such as leaks, irritation, and skin lesions. Although some organizations provide supplies and support, there is still a need to adapt these bags to the requirements of newborns.

An adaptable fastening system for ostomy bags in newborns was developed, focusing on improving comfort, safety, and stability. Three fabrics were evaluated through stretching and washing tests, and Velcro resistance tests were performed. 3D hooks were manufactured with PLA, ensuring ergonomics and resistance. Two prototypes were made by hand and with a sewing machine and evaluated on a neonatal anatomical model to verify their functionality. The results showed that the combination of a lightweight, breathable fabric with 3D components made it possible to develop an efficient and economical system capable of holding adult bags without compromising the baby's mobility and safety, contributing to their well-being and facilitating handling by caregivers.

**Keywords:** Ostomy bags, neonatal ostomy, fastening system, economic limitations.

Una ostomía es una cirugía que crea una abertura en el abdomen para permitir la salida de desechos cuando el sistema digestivo no puede hacerlo de forma natural [1]. Este procedimiento conlleva complicaciones físicas, emocionales y económicas afectando la calidad de vida de los pacientes y sus cuidadores. Dentro de la población ostomizada, los neonatos representan un grupo vulnerable debido a su piel sensible y crecimiento acelerado. En Guatemala, las mayoría de las bolsas de ostomía disponibles son para adultos. Existen organizaciones que distribuyen las bolsas como donaciones para pacientes que no pueden adquirirlas, pero estos insumos no están diseñados para neonatos. Este problema de compatibilidad dificulta su correcta colocación generando fugas e irritaciones cutáneas. Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar soluciones locales, funcionales y de bajo costo que permitan adaptar los dispositivos disponibles a la necesidad de los recién nacidos.

El proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de sujeción adaptable para bolsas de ostomía en neonatos, utilizando materiales accesibles como textiles y componentes impresos en 3D. La metodología incluyó la evaluación de telas y velcro sometidos a pruebas de estabilidad a largo plazo, y el diseño y fabricación de ganchos de sujeción en 3D luego sometidos a ensayos de carga suspendida para evaluar la resistencia de

los materiales a utilizar. Luego se elaboraron prototipos con distintos métodos de confección, evaluando su funcionalidad utilizando un modelo neonatal.

El documento se organiza así: el capítulo 2 presenta antecedentes relevantes sobre dispositivos médicos personalizados y bolsas de ostomía; el capítulo 3, la justificación del proyecto; el capítulo 4, los objetivos; el capítulo 5 establece la delimitación del trabajo; el capítulo 6 desarrolla el marco teórico sobre ostomías, materiales y aplicaciones textiles en biomedicina; el capítulo 7 describe la metodología aplicada; el capítulo 8, los resultados obtenidos; el capítulo 9 discute dichos resultados en función de los objetivos planteados; y, finalmente, los capítulos 10 y 11 presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del proyecto.

Los dispositivos médicos han ido evolucionando a través de los años, logrando revolucionar el tratamiento de diversos padecimientos mediante la adaptación de modelos, materiales y tecnologías específicas para la necesidad de cada paciente. Entre estos avances se encuentra la impresión 3D, siendo una tecnología innovadora que permite la creación de prótesis e implantes personalizados. Empresas como BRECA Health Care han desarrollado prótesis en áreas como maxilofacial, neurocirugía y osteosíntesis con Titanio Ti6Al4V [2]. También Materialise, siendo la primera empresa en realizar la impresión de modelos basados en tomografías computarizadas [3]. Por otro lado, proyectos como e-NABLE, han autorizado el acceso de sus diseños para mejorar la accesibilidad de prótesis de extremidades [4]. La impresión 3D ha encontrado diversas aplicaciones en el área médica, incluyendo la ortodoncia, implantes, prótesis, rehabilitación, entre otros.

Esta capacidad de personalización de dispositivos ha influido en el diseño y fabricación de bolsas de ostomía. Este dispositivo es esencial para la recolección de los desechos de pacientes a los que les han realizado una ostomía y cuentan ahora con un estoma, siendo una abertura que se crea quirúrgicamente entre los intestinos y la pared abdominal [5]. Estas bolsas evitan el contacto desecho-piel previniendo irritaciones

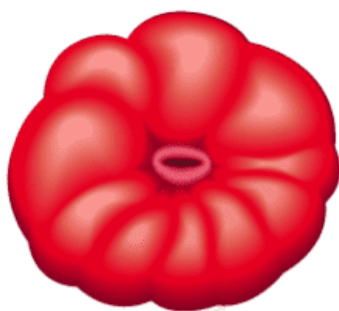
e infecciones, por lo que su diseño debe garantizar seguridad evitando derrames y adaptándose a la morfología del estoma. A lo largo de los años, se ha implementado nuevas tecnologías para la mejora de las bolsas en términos de materiales, seguridad y comodidad. A nivel de materiales, el uso de hidrocoloides y siliconas avanzadas ha mejorado la adherencia y protección contra irritaciones en la piel [6]. Se ha mejorado el sistema de sellado, para minimizar fugas y malos olores, y vaciado, permitiendo que el paciente limpie la bolsa sin necesidad de retirarla. Además, los diseños actuales han evolucionado para ofrecer bolsas más delgadas y ergonómicas que se adaptan mejor al contorno del cuerpo y minimizan su visibilidad bajo la ropa. Adicionalmente, la tecnología de escaneo y modelado 3D ha permitido la personalización exacta de la bolsa según la morfología del estoma del paciente [7]. Existen diversos proyectos innovadores que han aplicado esta tecnología, como Odapt, desarrollado por Elisava en Barcelona, introduciendo una oblea de silicona reutilizable y personalizada para bolsas de ostomía de dos piezas [8]. Por otro lado, el dispositivo Ostofix, desarrollado por Ownmed Innovation, ha permitido un mayor control del paciente sobre la evacuación mediante un sistema antirreflujo [9].

En neonatos, una ostomía es realizada principalmente por malformaciones congénitas como la atresia esofágica o la imperforación anal, lo que requiere de soluciones especializadas gracias a que presentan desafíos adicionales [10]. El crecimiento continuo del neonato provoca que el tamaño del estoma, siendo la incisión en el abdomen, cambie de diámetro con frecuencia. También presentan mayor sensibilidad en la piel aumentando la posibilidad de irritaciones si el material no es adecuado o no se coloca la bolsa de manera correcta. Adicionalmente, los neonatos suelen requerir de cambios de bolsa más frecuentes, teniendo una duración máxima de 24 horas. Se ha tratado de cumplir con estos requerimientos adicionales implementado fajas y soportes que sostienen la bolsa sin causar molestias al bebé, pero no se cuenta con una manera estandarizada de tratar con estos casos.

En Guatemala, ASOGUA (Asociación de Ostomizados de

Guatemala) ha tenido un papel esencial en la adaptación de bolsas de ostomía y en el apoyo a pacientes con necesidades específicas. Esta asociación dona bolsas para personas con dificultades económicas, y desarrolla soluciones que ayudan a mejorar la adaptabilidad de la bolsa, adhesión y comodidad, con el objetivo de mejorar la calidad de vida del paciente reduciendo complicaciones asociadas con el mal uso de estos dispositivos.

Una ostomía es un procedimiento quirúrgico, que puede ser tanto temporal como permanente, que consiste en la creación de una abertura en el abdomen del paciente con el fin de permitir la salida de desechos cuando el sistema digestivo no puede hacerlo de manera natural [1]. Esta abertura es conocida como estoma, teniendo una forma idealmente circular de color rojo vivo como se muestra en la Figura 1. El estoma puede ubicarse en diferentes partes del abdomen dependiendo del tipo de ostomía realizada. Entre los tipos se encuentra la colostomía, ileostomía y urostomía, adaptándose a las diferentes necesidades clínicas de los pacientes [11]. En una colostomía se exterioriza el colon o intestino grueso permitiendo el paso de heces sólidas, mientras que en la ileostomía se exterioriza el intestino delgado permitiendo el paso de heces líquidas o semisólidas. En el caso de la urostomía, se desvía el paso de la orina a la abertura generada en la pared abdominal sin pasar por la vejiga [12]. Estas intervenciones son requeridas por diversas enfermedades o condiciones, incluyendo el cáncer colorrectal, enfermedad de Crohn, defectos congénitos en neonatos o por traumatismos en el sistema digestivo [13].



**Figura 1.** Representación estoma sano gráficamente[1]

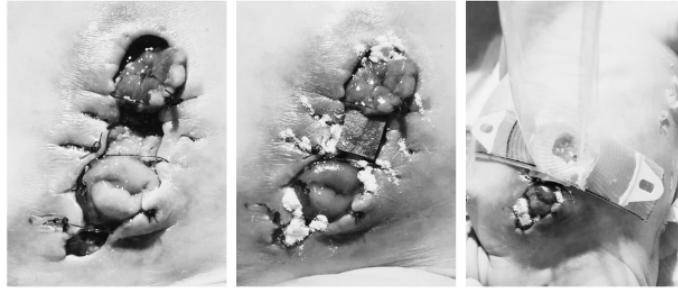
Esta cirugía brinda diversos beneficios a los pacientes, no solo permiten la recuperación del tracto digestivo reduciendo la propagación de infecciones y riesgo de sepsis, sino que también ayuda a prolongar y mejorar la vida del paciente reestableciendo la función extractora del cuerpo [12]. Sin embargo, también existen complicaciones. Está el riesgo de irritación e infección de la herida si no es tratada correctamente gracias a la humedad constante, la mala adaptación de la bolsa de ostomía puede provocar fugas, se puede generar una obstrucción intestinal, y puede haber una reacción del estoma por una mala cicatrización [6]. Adicionalmente, lidiar con esta condición también puede afectar psicológica y emocionalmente al paciente. Estas complicaciones suelen ser frecuentes en poblaciones vulnerables, como los neonatos y adultos mayores.

A nivel global, se estima que alrededor de 13.5 millones de personas viven con una ostomía, pero las cifras varían según el registro de cada país [14]. En Estados Unidos se estima que alrededor de 1 millón de personas viven con un estoma, y anualmente se realizan 100,000 nuevas cirugías. En Europa, la cifra ronda alrededor de los 2 millones de personas [1]. No todos los países cuentan con datos sobre la cantidad de personas ostomizadas, ya que esta información, así como el tratamiento del estoma dependen de la calidad del sistema de salud. Pacientes que viven en países con acceso a sistemas de salud avanzados reciben educación y acceso a dispositivos modernos

que ayudan a mejorar su bienestar. Sin embargo, en países en vías de desarrollo, el acceso a estos dispositivos es limitado y muchas personas enfrentan dificultades económicas y falta de información sobre su cuidado [15].

Guatemala, siendo un país en vías de desarrollo, enfrenta una situación compleja en cuanto a pacientes ostomizados. Existe una falta recursos médicos y personal capacitado para realizar esta cirugía, y los pacientes generalmente cuentan con problemas económicos y no están informados sobre el manejo correcto de una ostomía. En respuesta a esta problemática se creó una asociación sin fines de lucro llamada ASOGUA (Asociación de Ostomizados de Guatemala), que se ha empeñado en proporcionar apoyo a pacientes y sus familias tratando con casos complejos, distribuyendo bolsas, y promoviendo la concientización sobre el manejo adecuado de los estomas.

Una de las poblaciones más afectadas son los neonatos, ya que presentan desafíos adicionales. Se estima que 1 de cada 5,000 nacimientos en el mundo requieren de una ostomía debido a alguna enfermedad o malformación [15]. Gracias a su rápido crecimiento y una mayor sensibilidad cutánea, existe una mayor dificultad en la colocación y cambio de la bolsa, y si no se realiza de forma correcta, tienen un mayor riesgo de fugas e infecciones cutáneas [16]. Actualmente, las opciones disponibles para estos pacientes son limitadas y no todas se adaptan a sus necesidades anatómicas. En Guatemala, hay una falta de acceso a dispositivos especializados y el costo elevado de las bolsas representan barreras significativas para muchas familias. En la Figura 2 se muestra un caso real de un neonato ostomizado en Guatemala, donde se pueden observar las dificultades que enfrentan estas familias al no contar con dispositivos adecuados para el cuidado del estoma.



**Figura 2.** Caso de neonato en Guatemala mostrando la herida y adaptaciones para poder tratar con el estoma  
Nota. Foto otorgada por ASOGUA.

Es por esto que este proyecto a desarrollar busca abordar esta problemática mediante el desarrollo de un adaptador en la boquilla de la bolsa de ostomía para que sea más accesible a las necesidades de los neonatos. Así mismo, se busca mejorar el diseño de una faja de soporte para la bolsa, con el fin de permitir el movimiento natural del neonato proporcionando estabilidad y seguridad. Con esto se espera mejorar la calidad de vida de los bebés ostomizados y brindarles así seguridad a los familiares, generando un impacto positivo y promoviendo soluciones más accesibles y adaptadas a las necesidades de la población seleccionada.

#### 4.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema de sujeción centrado en el desarrollo de un modelo de faja, pro bando distintas configuraciones y materiales, que permita la colocación segura y cómoda de bolsas de ostomía donadas no adecuadas para neonatos.

#### 4.2. Objetivos específicos

- Analizar el método actual de uso de bolsas de ostomía en neonatos para identificar las necesidades de esta población, considerando aspectos fisiológicos y ergonómicos, así como la evaluación del impacto económico y psicológico de los familiares.
- Desarrollar diversos prototipos para fajas de sujeción con materiales biocompatibles resistentes y seguros, integrando las necesidades de los neonatos, utilizando herramientas digitales.
- Ejecutar diversas pruebas de calidad en modelos anatómicos para asegurar la resistencia, adaptabilidad y adherencia, evaluando posibles mejoras de diseño.

- Evaluar la viabilidad técnica y económica del prototipo en Guatemala, identificando proveedores, costos de producción y proponiendo estrategias de financiamiento.

Este trabajo se centró en el desarrollo de un sistema de sujeción adaptable para bolsas de ostomía en neonatos con el objetivo de brindar una solución a la falta de dispositivos personalizados para esta población, siendo una solución accesible, segura y económica. El enfoque principal se basó en la creación y validación de una faja de soporte ajustable para mantener la posición de la bolsa sin restringir el movimiento natural del bebe.

El alcance incluyó la investigación y recopilación de datos sobre las condiciones que enfrentan los neonatos ostomizados; selección de materiales textiles, algodón, dacrón y nailon y elementos de sujeción como el velcro y ganchos impresos en PLA; la realización de pruebas de lavado, estiramiento, resistencia y adherencia para confirmar la utilización de los materiales; desarrollo de dos prototipos mediante confección manual y con máquina de coser, evaluando su funcionalidad con un modelo anatómico neonatal; y la realización de un análisis de viabilidad económica considerando los costos de los materiales y la mano de obra, con el fin de establecer una alternativa fácil de replicar y de bajo costo.

El proyecto no contempló la evaluación del impacto psicológico y económico en los familiares de neonatos ostomizados debido a suspensión de comunicación por parte de la Aso-

ciación de Ostomizados de Guatemala (ASOGUA), entidad que inicialmente iba a proporcionar la información relacionada con las situaciones actuales. Asimismo, la cantidad de pruebas realizadas no son suficientes para demostrar funcionalidad y seguridad de un dispositivo médico debido a la falta de pruebas clínicas, por lo que es importante realizar otras evaluaciones.

Este proyecto delimitó su alcance al diseño, fabricación y validación de un sistema de sujeción funcional para bolsas de ostomía en neonatos, demostrando su viabilidad técnica y económica en el contexto guatemalteco. Los resultados obtenidos son base para el desarrollo de versiones mejoradas del sistema, mediante validaciones clínicas y sociales, con el fin de ofrecer un dispositivo adaptado a la población neonatal.

## 6.1. Ostomías

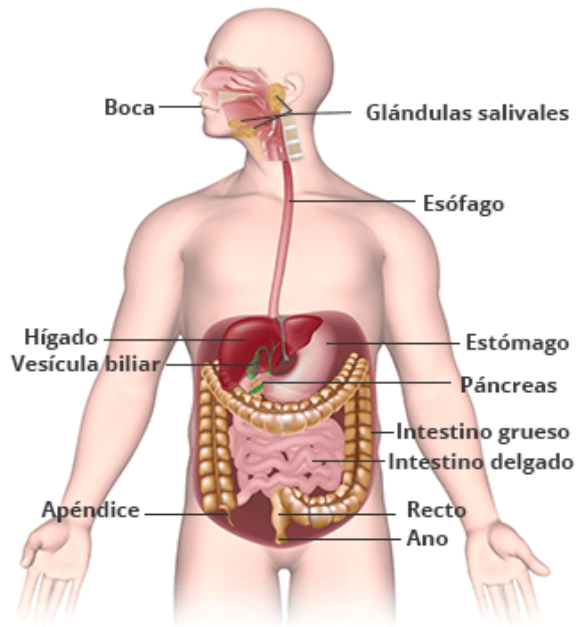
### 6.1.1. Aparato digestivo

El aparato digestivo (Figura 3), también llamado sistema digestivo, es el conjunto de órganos que procesan los alimentos para que el cuerpo pueda absorber los nutrientes que son utilizados para energía, crecimiento y reparación de células. Está conformado por el tracto gastrointestinal, siendo la boca, el esófago, el estómago, el intestino delgado y grueso, el ano, al igual que por el hígado, el páncreas y la vesícula biliar [17].

El intestino delgado se extiende desde el esfínter pilórico hasta el intestino grueso, teniendo como función principal la absorción de nutrientes y transferencia de residuos al intestino grueso, finalizando con el proceso de digestión. Está conformado por tres partes: el duodeno, el yeyuno y el íleon. El hígado, la vesícula biliar y el páncreas son órganos accesorios del intestino delgado, ayudándolo con el proceso de digestión [18].

El intestino grueso tiene un diametro mayor que el intestino delgado, extendiéndose desde el íleon del intestino delga-

do hasta el ano. Su función principal es la absorción de agua y electrolitos, formando heces y preparándolas para su eliminación. Está compuesto por el colon, el recto y el conducto anal [18]. Cada parte del aparato digestivo ayuda a descomponer alimentos y líquidos para que el cuerpo pueda absorber y transportar los nutrientes a donde se necesitan.



**Figura 3.** Representación del aparato digestivo [17]

### 6.1.2. Proceso digestivo

El proceso digestivo es un conjunto de transformaciones físicas, químicas y enzimáticas de alimentos que permiten su descomposición en moléculas para que puedan ser absorbidas por el organismo y brindar así los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del cuerpo. Este proceso se activa incluso antes de la ingestión, gracias a estímulos sensoriales como el aroma, vista, y sabor de los alimentos [17].

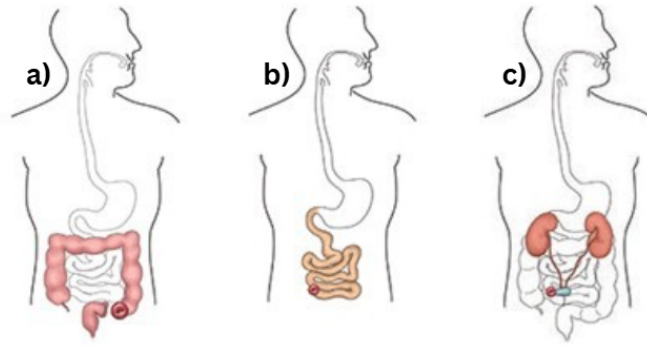
La digestión inicia con la boca, donde los alimentos comienzan a fragmentarse y lubricarse gracias a los dientes y la saliva, iniciando con la descomposición de los almidones. Cuando la persona traga, la lengua empuja los alimentos hacia el esófago,

sirviendo como un conducto hacia el estómago en donde los alimentos se almacenan de manera temporal, y son mezclados con ácidos estomacales y enzimas para iniciar la degradación de las proteínas. El estómago vacía lentamente su contenido en el intestino delgado, en donde se lleva a cabo la mayor parte de la digestión y absorción. Al mismo tiempo, el páncreas libera bicarbonato para neutralizar el ácido estomacal y produce un jugo digestivo que permite la descomposición química de los carbohidratos, grasas y otras proteínas. Y, el hígado, produce bilis permitiendo la absorción de las grasas y algunas vitaminas. El intestino delgado mezcla los jugos del páncreas e hígado para continuar con el proceso de digestión absorbiendo agua y nutrientes digeridos, y lo incorpora al torrente sanguíneo. Los alimentos que aún no fueron digeridos se fermentan por bacterias en el intestino grueso donde se convierten en ácidos grasos y se absorben en el colon. Adicionalmente, se absorbe nuevamente agua y electrolitos, y se almacenan los desechos sólidos antes de que se movilicen hacia el recto para que puedan ser eliminados del cuerpo durante la defecación [17]. Este proceso está regulado e integrado para garantizar una adecuada asimilación de nutrientes y eliminación de desechos, pero diversas enfermedades o traumas pueden alterar el proceso y comprometer la salud del organismo.

### **6.1.3. Concepto básico sobre ostomías**

Una ostomía es una intervención quirúrgica en la pared abdominal de manera temporal o permanente que consiste en la modificación anatómica de algunos órganos, como el intestino, con el propósito de permitir la salida de desechos corporales [1]. Entre las causas que hacen de esta cirugía necesaria se encuentran las enfermedades como el cáncer de colon, enfermedad inflamatoria intestinal (Crohn), malformaciones congénitas y traumatismos [13]. A la abertura generada en el abdomen se le conoce como estoma, presentando idealmente una forma circular y un color rojo vivo. La ubicación del estoma depende del tipo de ostomía realizada, siendo las más comunes la colostomía, ileostomía y urostomía (Figura 4). Se

le denomina colostomía cuando la abertura generada hacia la pared abdominal es en el colon o en el intestino grueso permitiendo el paso de heces sólidas. Una ileostomía es cuando lo que se exterioriza es el intestino delgado. Dependiendo de la parte del intestino en donde se haga la intervención las heces tendrán consistencia líquida o sólida. Y por último la urostomía, es cuando se desvía el paso de la orina al orificio generado sin pasar por la vejiga [12].



**Figura 4.** Tipos de ostomías a) colostomía, b) ileostomía, c) urostomía  
Nota. Imagen obtenida de [19]

#### 6.1.4. Cuidados

El cuidado del estoma es indispensable para prevenir irritaciones e infecciones gracias al carácter de la cirugía, teniendo contacto con desechos corporales. Se debe tener una higiene adecuada, limpiando constantemente la abertura y la piel que se encuentra alrededor con agua tibia y jabón libre de aceite. Existen productos recomendables, como polvos o aerosol de protección cutánea, que ayudan a proteger la piel. También se debe monitorear diariamente la herida para detectar enrojecimiento o sangrado [12].

Para neonatos, estos cuidados requieren de una atención especial gracias a la delicadeza de su piel, consistencia de los desechos, movimiento, y por el crecimiento acelerado generando un cambio constante del tamaño y forma del estoma. Es fundamental utilizar productos de carácter pediátrico para evitar irritaciones y para promover una mejor adherencia de

la bolsa sin causar daños en la piel [16]. Los cuidadores deben de estar capacitados para tener manipulación delicada, para detectar signos de irritación, y para colocar de manera correcta la bolsa de ostomía para que no haya fugas y no se restrinja el movimiento ergonómico de los neonatos.

#### **6.1.5. Riesgos**

Este procedimiento, como cualquier intervención quirúrgica, conlleva riesgos a corto y largo plazo. Entre estos riesgos se encuentran las irritaciones cutáneas, infecciones por el contacto con desechos corporales, necrosis del estoma, creación de hernias, prolapso, obstrucción intestinal, pérdida de líquidos frecuentes provocando deshidratación, y fugas del sistema de recolección siendo las bolsas de ostomía [12].

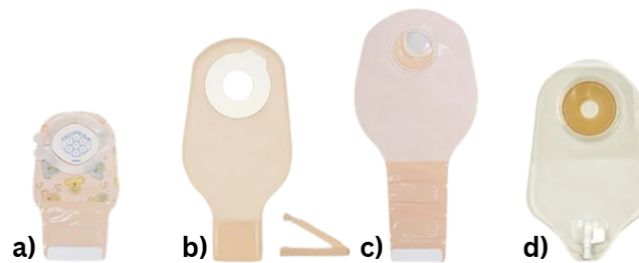
En el caso de los neonatos, debido a su cuidado especial, los riesgos se intensifican. Gracias a su piel delgada y sensible las irritaciones e infecciones son más frecuentes. Según estudios, más del 30 % de los neonatos presentan complicaciones. El cambio constante del tamaño del estoma puede aumentar la posibilidad de fugas [12]. Los neonatos requieren de un seguimiento constante y completo para evitar dichas complicaciones.

## **6.2. Bolsas de ostomía**

### **6.2.1. Tipos de dispositivo**

Las bolsas de ostomía sirven para la recolección de los desechos y son clasificada de dos maneras, como un sistema de una o dos piezas (Figura 5). Se clasifican en sistema de una o dos piezas. Ambos tipos de bolsas cuentan con un hidrocoloide, conocido también como lámina o barrera cutánea, y con bolsa en donde se almacenan los desechos. El sistema de una pieza

cuenta con el hidrocoloide y la bolsa unidos en una misma unidad, por lo que al requerir de cambio de bolsa se retiran juntos. El sistema de dos piezas se compone por el hidrocoloide separado de la bolsa, y cuentan con un aro de plástico que permite la conexión entre piezas. Este sistema permite el retiro de la bolsa, pero el hidrocoloide permanece en el cuerpo. En cuanto a las bolsas como tal, existen abiertas o cerradas. Las bolsas abiertas cuentan con un cierre o pinza en la parte de abajo permitiendo su vaciado cuando se encuentren llenas siendo así reutilizables. Las bolsas cerradas se desechan luego de su uso [12].



**Figura 5.** Tipos de bolsas de ostomía a) bolsa de ostomía pediátrica, b) bolsa drenable con clip de cierre, c) bolsa drenable sin clip de cierre, d) bolsa de urostomía  
 Nota. Imagen obtenida de [20]

### 6.2.2. Diseños existentes

Los diseños actuales de bolsas presentan comodidad y funcionalidad. Hollister, Coloplast y Convatec son las marcas más grandes creadoras de bolsas de ostomía, comenzando desde los años sesenta. Gracias a su constante innovación, buen desarrollo y apoyo global, estas marcas han logrado tener dominio en el campo [19], [21], [20].

En años recientes se han desarrollados diversos proyectos que han innovado la forma de tratar con las ostomías. Odapt es un proyecto que busca la elaboración de láminas personalizadas impresas en 3D para adaptarse a las necesidades de los pacientes. Este proyecto ofrece personalización, seguridad y sostenibilidad [8]. También está el proyecto Ostofix, sien-

do un dispositivo que permite el control de la evacuación de desechos por medio de una jeringa [9].

### **6.2.3. Materiales**

Las bolsas actuales de ostomía están fabricadas con una combinación de materiales que garantizan seguridad, comodidad e higiene. Están principalmente elaboradas con polietileno, polipropileno, poliuretano, etileno-acetato de vinilo o nylon, ofreciendo resistencia, flexibilidad y resistencia contra gases y olores. Adicionalmente, algunas bolsas cuentan con filtros de carbón activado cubiertos con teflón o poliéster para neutralizar los olores [7]. Algunas bolsas están cubiertas por compuestos de telas para aportar suavidad.

Para la adherencia a la piel, un componente esencial es el hidrocoloide que está compuesto por materiales como gelatina, pectina y polímeros adhesivos que son suaves para la piel permitiendo una buena adherencia y protección cutánea [7]. La combinación de todos estos materiales hacen que el sistema de bolsas de ostomía sea tanto funcional como segura para el uso de pacientes.

## **6.3. Uso de textiles en la biomédica**

### **6.3.1. Materiales**

Existen muchos tipos de textiles que son utilizados en el área de biomédica, abarcando desde telas hasta materiales implantables. Se emplean fibras naturales, como el algodón, seda y bambú, al igual que fibras sintéticas como nylon, poliéster y polipropileno. Estas fibras contienen propiedades como compatibilidad, elasticidad, permeabilidad, transpirabilidad y resistencia que hacen que sean ideales para el campo de la biomedicina

El mercado de textiles ha escalado considerablemente a lo largo de los años. A nivel global, las ventas de textiles médicos representan 4,100 millones de dólares, teniendo un crecimiento anual estimado del 3-4 % gracias a sus diversas aplicaciones [22].

### **6.3.2. Usos**

Los textiles en la medicina se pueden aplicar de diferentes maneras, principalmente dividido como aplicaciones implantables, no implantables y sanitarias. Entre las aplicaciones implantables se encuentran las suturas, injertos y andamios. En aplicaciones no implantables se encuentran los vendajes, sistemas de contención como cinturones de traqueostomía y almohadillas, y los sanitarios se encuentran las batas, mascarillas, uniformes, pañales, entre otros [22].

### **6.3.3. Pruebas**

Los productos utilizados en la industria textil pasan por una serie de pruebas y procesos que analizan la calidad del material, y en especial, para determinar si son perjudiciales para la salud. Entre las pruebas que deben pasar los productos textiles bajo distintas normas se encuentran: resistencia mecánica, permeabilidad, transpirabilidad, flexibilidad, y desgaste [12]. Pero gracias a que son aplicados en el cuerpo, también deben de realizarse estudios clínicos que indiquen biocompatibilidad para verificar que el material no cause alergias, irritaciones e inflamaciones en la piel. En el caso de ser aplicados en sistemas de bolsas de ostomía, las propiedades destacables deben ser la resistencia a fluidos orgánicos y la biocompatibilidad con la piel, en especial en piel cutánea [1].

### **7.1. Evaluación de situación actual sobre manejo de ostomías en Guatemala**

Se realizó una investigación con el fin de recopilar información sobre el uso de bolsas de ostomías en el territorio nacional, así como determinar las limitaciones existentes en la atención a neonatos ostomizados. La búsqueda incluyó bases de datos científicos, y comunicación con organizaciones nacionales que brindaron información sobre pacientes tratados. Posteriormente, se identificaron materiales por medio de proveedores locales de textiles, permitiendo establecer un marco de referencia técnico y socioeconómico que fundamentó el desarrollo experimental.

En base a esta información, se elaboró una proyección visual del sistema propuesto, mostrando el diseño general de la faja de sujeción y el modo en que se integran sus componentes principales, siendo la tela, el velcro, y los ganchos. En la Figura 6 se puede observar cómo está conformado el diseño. Se compone de una faja textil base en donde ambos extremos de la faja se incorporaron segmentos de velcro (1) de distinto tipo: un área de velcro suave o hembra (recuadro grande) y una sección de velcro duro o macho (recuadro pequeño), per-

mitiendo un ajuste regulable según el contorno abdominal del neonato. Se debe integrar un gancho impreso en 3D, y una vez colocado la faja se voltea sobre sí misma de modo que las superficies de velcro se adhieren (2), ajustando la presión y posición deseada. El “hook” del gancho se introduce finalmente en el orificio de las aletas que posee el hidrocoloide de la bolsa (3), asegurando una fijación estable. Esta representación permitió comprender la estructura del dispositivo, su modo de ensamble y las piezas necesarias para su fabricación, sirviendo como una guía conceptual para el desarrollo y evaluación de los prototipos.



**Figura 6.** Proyección final del sistema propuesto, conformado por la faja de sujeción, los ganchos y como sujetan la bolsa de ostomía para adultos

## 7.2. Ganchos de sujeción

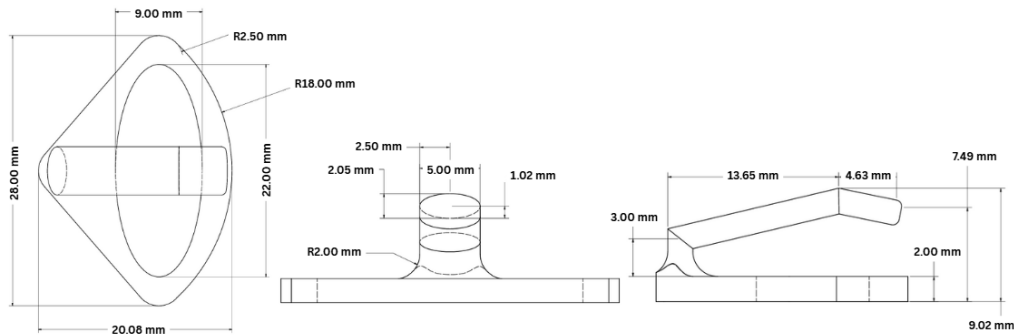
### 7.2.1. Diseño y fabricación de ganchos

Se realizó el diseño en 3D (Figura 7), el dibujo técnico (Figura 8) y fabricación de ganchos de sujeción que sirven como punto de unión entre la bolsa de ostomía y la faja de soporte. Para esto se utilizó el software Autodesk Inventor (Autodesk Inc., SF, USA). La pieza cuenta con una base de 28 mm de largo, 25 mm de ancho y 2 mm de alto, con un radio de curvatura de 2.5 mm en las cuatro esquinas. Tiene un orificio interno en la base en forma de elipse teniendo una dimensión de 22 mm

de largo y 9 mm de ancho. Cuenta con un brazo colocado en la parte media superior de la base creado por una extrusión constituida de la siguiente manera: extrusión elíptica de 2.05 mm de ancho y 5 mm de largo, cuyo recorrido comienza con una línea vertical de 3mm de alto, línea de 12.66 mm de largo de manera diagonal superior, línea de 9.80 mm de largo diagonal inferior.



**Figura 7.** Diseño 3D gancho; vista inferior, superior, lateral e isométrica



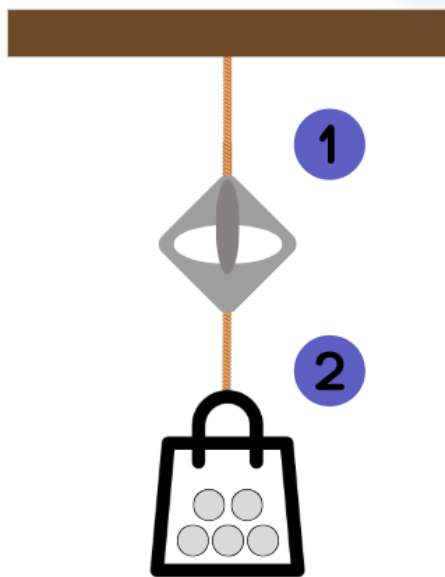
**Figura 8.** Dibujo técnico del prototipo de gancho impreso en 3D; vista superior, frontal y lateral

Se procedió con la fabricación de los ganchos, en donde se exportó el diseño en formato 3MF (3D Manufacturing Format), siendo compatible con la impresora 3D utilizada Bambu Lab X1C (Bambu Lab, China) con boquilla  $\varnothing$  0.4 mm. El material utilizado para su composición fue filamento eSun PLA+  $\varnothing$  1.75 mm (Shenzhen eSUN Industrial Co., Ltd., China), y se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: posición recta con un infill de 15 % de densidad, patrón concéntrico y soportes orgánicos (tree). Se realizó la impresión de dos ganchos

por modelo, utilizando un total de 1.35 gramos de filamento y un tiempo estimado de impresión de 22 minutos, por unidad.

### **7.2.2. Pruebas de resistencia mecánica de los ganchos**

Una vez obtenidos los ganchos, se realizaron pruebas para determinar su resistencia mediante la realización de ensayos de cargas colgantes estáticas (carga hasta un valor objetivo). Inicialmente se realizó una inspección visual del gancho para verificar que no hubieran grietas o deformaciones por una falla de impresión. Luego se realizó el montaje del sistema de carga suspendida ( Figura 9). Este consistió en la colocación de una cuerda en un soporte fijo, a la cual se le colocó en el otro extremo el gancho impreso (1) amarrado en la parte superior asegurándose que la cuerda estuviera centrada y 100 % vertical. Luego se colocó otra cuerda sobre el lado inferior del gancho y se colgó la carga (2), siendo una bolsa con pelotas de peso marca GoSports (GoSports, P&P Imports LLC, EE. UU.). Se aplicó una carga incremental en pasos hasta alcanzar la carga definida. Se agregó primero 0.5kg, luego 1kg, 3kg y por último 5 kg. En cada incremento de carga se esperó 60 segundos a que se estabilizara y se realizaron observaciones visuales, registrando cualquier signo de deformación, fisura o desprendimiento del material.

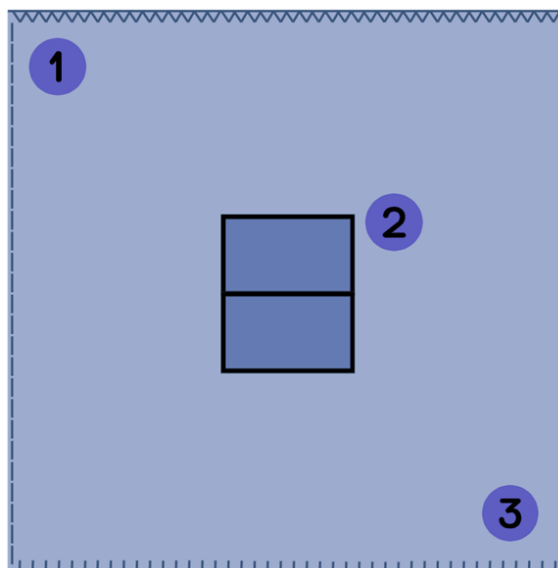


**Figura 9.** Montaje de carga colgante (1) colocación de cuerda en soporte fijo y a la gancho impreso lado superior, (2) colocación de cuerda sobre el lado inferior del gancho y la carga

### 7.3. Textiles

#### 7.3.1. Fabricación de muestras textiles

Se llevó a cabo la selección de los textiles destinados a la confección de las fajas de soporte, los cuales fueron algodón 100 %, mezcla de algodón con nailon y dacrón. Estos fueron adquiridos por media yarda en la distribuidora Casa y Estilo. De cada material se cortaron tres muestras (1) de  $20 \times 20$  cm con un borde de 0.5 cm, a las cuales se cosieron en el centro dos piezas de velcro (macho y hembra) de 5 cm (2), obtenido en El Mundo de las Manualidades. Posteriormente, se realizaron diferentes tipos de costuras en cada uno de los lados de las muestras (3) utilizando una máquina de coser Brother LX-3125 (Brother Industries, Japón) con hilo de poliéster de 0.3 mm de grosor también obtenido en el Mundo de las Manualidades. En el lado izquierdo se aplicó una costura back stitch, en el derecho una chain stitch, en el borde superior una overstitch y en el inferior una blanket stitch (Figura 10).



**Figura 10.** Diagrama de muestras textiles (1) corte de las muestras, (2) colocación del velcro, (3) tipos de costuras aplicadas

### 7.3.2. Pruebas de estabilidad a largo plazo

Una vez obtenidas las muestras, se comenzó con las pruebas de lavado y estiramiento. Una muestra por material fue sometida a cinco veces de lavado a mano utilizando agua fría y jabón en barra marca Ambar, secando a sol. Otra muestra por material fue sometida a cinco ciclos de lavado a máquina lavadora 16kg Whirlpool Xpert System (Whirlpool Corporation, EE. UU.) utilizando agua fría, detergente en polvo marca Fab Luxury, suavizante marca Suavitel, secando a sol. Al finalizar de cada ciclo de lavado se registraron cambios de textura, color y resistencia de cada muestra mediante una evaluación visual y táctil. La textura fue evaluada por medio de tacto directo, determinando la presencia de endurecimiento, pérdida de suavidad o formación de pelusa en la superficie. El color se comparó visualmente con una muestra de referencia sin lavar, observando variaciones de tono, pérdida de brillo o manchas.

### 7.3.3. Pruebas de estiramiento manual de textiles

La tercera muestra por material fue utilizada para realizar pruebas de estiramiento de manera manual, aplicando tensión progresiva con los dedos para detectar debilitamiento del tejido, desprendimiento de las costuras o pérdida de firmeza en las zonas del velcro. Se le aplicó fuerza leve, moderada y severa para determinar si se generaban daños estructurales en la tela. Los cambios en las muestras también fueron registrados de manera visual y manual. La textura se evaluó al tacto, determinando si el tejido presentaba pérdida de densidad. La deformación se midió visualmente mediante comparación con una muestra de referencia sin estirar. Así mismo se realizaron observaciones de las puntadas para identificar desprendimientos o aflojamiento de hilos. Adicionalmente, se realizaron pruebas de adhesión de velcro separando las caras alrededor de 100 veces, registrando entre fases la pérdida de adherencia o daños al textil. Se realizaron observaciones visuales para detectar pérdida de adherencia o desgaste del tejido del velcro mediante el aflojamiento de los hilos.

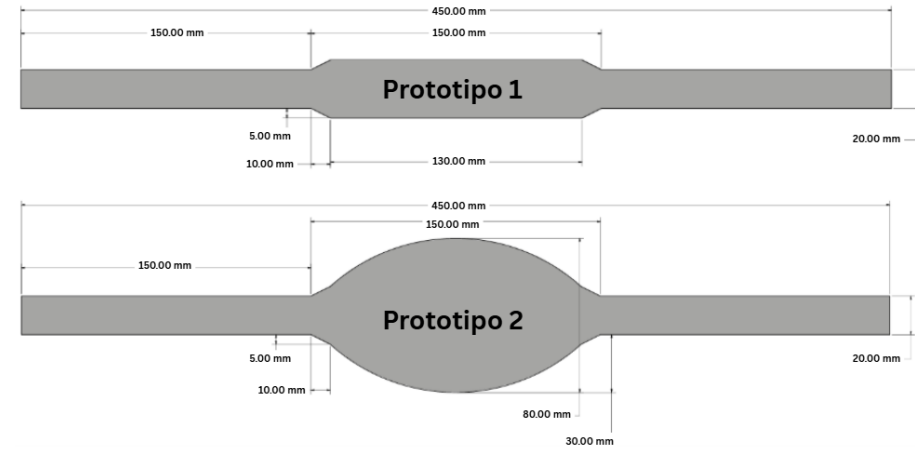
Todos los resultados fueron documentados por medio de registro fotográfico y anotaciones de observaciones, permitiendo comparar los diferentes tipos de tela, velcro y técnica de costura utilizadas. Al finalizar las pruebas cada muestra fue visualizada en un microscopio digital AmScope SZR-14 (AmScope Inc., EE. UU.) con zoom 0.67x...4.5x para observar sus propiedades estructurales, con el fin de compararlas entre sí y con muestras de referencia. Luego de esto se realizó la selección del material y puntada ideal para hacer el diseño final.

## 7.4. Prototipos

### 7.4.1. Diseño y fabricación de prototipos

Con base a los resultados obtenidos se diseñaron y ensamblaron dos diferentes prototipos de fajas de sujeción con la tela seleccionada (Figura 11), adaptados a tallas neonatales (de 0 a 12 meses) que varían de a 30 a 62 de perímetro neonatal [23]. El primer diseño consistió en un cinturón estándar, teniendo un largo de 45 cm totales, 15 cm en cada uno de los laterales, y 15 cm del centro contando con 1 cm de inclinación para crear un borde. Adicionalmente se agregó 0.5 cm de un borde adicional a toda la estructura para poder realizar un bordado el momento de su confección. El segundo diseño consistió en agregar un soporte en la espalda, teniendo un largo total de 45 cm, 15 cm en cada uno de los laterales, con una elipse en el centro de 15 cm de largo y 8 cm de ancho, contando con 1 cm de inclinación entre el centro y el lateral. De igual manera, se agregó 0.5 cm de borde adicional a toda la estructura para el bordado.

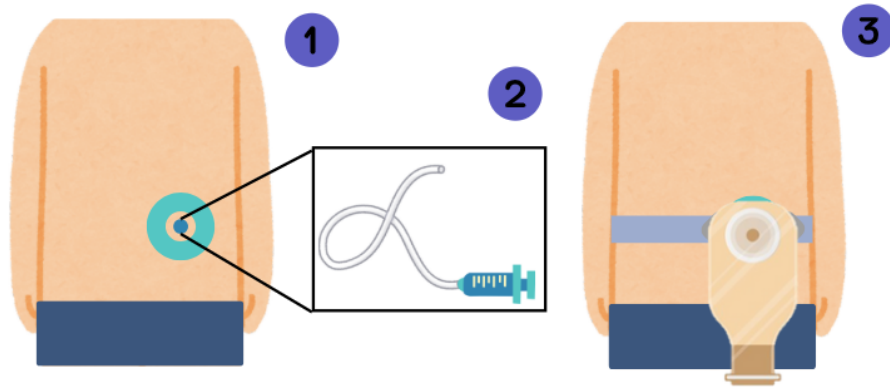
Los diseños luego fueron transferidos a papel calco para hacer los moldes de las piezas, y posteriormente cortados en la tela seleccionada. Se cortaron dos piezas por prototipo y se cosieron los bordes, unificando ambas piezas, utilizando la puntada seleccionada en las pruebas anteriores. Luego se incorporaron las piezas de velcro en los extremos de cada faja, colocados de la siguiente manera: partiendo del borde, se colocó una pieza de 3.4 cm de velcro macho, se dejó un espacio de 4 cm y luego se colocó una pieza de 7.5 cm de velcro hembra para permitir el ajuste según sea necesario. Finalmente, se incorporaron los ganchos impresos en 3D. En total, se realizaron dos prototipos por diseño, uno realizado a mano y otro a máquina de coser.



**Figura 11.** Diseño de prototipos elaborados; prototipo 1 cinturón estándar, y prototipo 2 con soporte adicional en la zona de la espalda

#### 7.4.2. Pruebas de funcionalidad en modelo anatómico neonatal

Para simular el funcionamiento del sistema de sujeción diseñado, con el fin de verificar su efectividad, se realizó un modelo neonatal (Figura 12). Se utilizó una muñeca marca My Sweet Love obtenida en Walmart (Walmart de México y Centroamérica, EE. UU.) con proporciones anatómicas similares a las de un neonato. Dado que el material interno de la muñeca era de felpa, se imprimió en 3D una placa circular de 7.5 cm de diámetro con un orificio interno de 4.5 cm de diámetro (1) para permitir que la bolsa se fijara de manera adecuada sobre la superficie del modelo. Luego se incorporó un sistema simulado de evacuación de fluidos (2) utilizando una cánula binasal de adulto marca Medic y una jeringa de 10ml marca Medbest, ambos obtenidos en la Farmacia Meykos (Meykos S. A., Guatemala). En un extremo de la cánula se colocó la jeringa, y el otro lado se introdujo dentro del cuerpo de la muñeca colocando el extremo dentro del círculo impreso, permitiendo la inyección de agua para representar la salida de desechos. Luego se colocaron los cinturones de sujeción diseñados, uno a la vez, y la bolsa de ostomía de uso adulto (3).



**Figura 12.** Demostración de modelo neonatal (1) muñeca con placa de soporte en el abdomen, (2) sistema de evacuación de fluidos, (3) colocación de faja de sujeción y bolsa de ostomía

Una vez montado el sistema se impulsó el agua a través de la cánula por medio de la jeringa para realizar la prueba de funcionalidad, con el objetivo de verificar la estabilidad del sistema, mediante observaciones visuales y táctiles. Para la evaluación visual se examinó el ajuste del cinturón alrededor del perímetro abdominal del modelo verificando la correcta alineación del gancho en las aletas del hidrocoloide, y la estabilidad del cierre durante movimientos de la muñeca. También se observó posibles filtraciones de agua, especialmente en la zona de unión entre la bolsa y el cinturón. En cuanto a la evaluación táctil, se aplicó tensión en las uniones del sistema para verificar estabilidad, y se tocaron las áreas en donde se corrió el agua para verificar que el bebé estuviera seco. Estas observaciones permitieron determinar la ergonomía, resistencia y seguridad del sistema, simulando el contacto que tendría el dispositivo con el bebé y durante su manipulación por parte de sus cuidadores.

### 7.5. Análisis de viabilidad

Para finalizar, se realizó un análisis de viabilidad económica con el fin de determinar el costo estimado de la producción de los prototipos, considerando los materiales y la mano de obra.

Para el costo unitario de los materiales por prototipo se utilizó la información correspondiente de los precios de los materiales obtenidos en distribuidores locales, y se consideró la cantidad de material utilizado. Para esto, el costo total de la obtención del material fue dividido proporcionalmente a la cantidad de material utilizado por modelo. Por ejemplo, si una yarda de tela tenía un costo total de referencia, dicho valor fue dividido entre el área utilizada por prototipo en centímetros, de modo que el costo reflejara la fracción consumida. Este procedimiento fue aplicado para la tela seleccionada, el velcro, hilo y filamento de impresión 3D. Por otro lado, el costo de mano de obra fue estimado en base al tiempo que requirió la confección total de cada prototipo, considerando el corte de la tela, la costura manual y a máquina, y el tiempo de impresión de los ganchos. Estos tiempos se promediaron a partir de los registros tomados durante la elaboración de los dos modelos y luego se determinó el valor equivalente por minuto de trabajo considerando el salario mínimo vigente en Guatemala, siendo de Q122.40 la hora en el área no agrícola [24], que fue utilizado como referencia para calcular el costo laboral aproximado. Finalmente, se integraron los costos de los materiales y mano de obra, y se obtuvo un costo unitario estimado por prototipo. Con esta información se evaluó la viabilidad económica del proyecto con el fin de definir si el proyecto ofrece una alternativa funcional y de bajo costo, adaptable a las condiciones de la población guatemalteca.

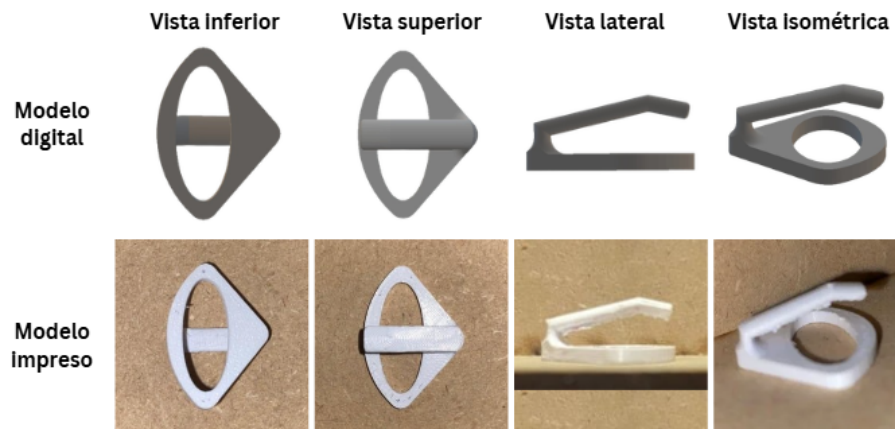
La fase experimental del proyecto permitió obtener resultados, tanto cualitativos como cuantitativos, de las diferentes etapas del diseño, manufactura y evaluación de los componentes del sistema de sujeción adaptable para bolsas de ostomía en neonatos. Los resultados se organizaron en cuatro bloques principales: diseño y pruebas de los ganchos de sujeción, evaluación de textiles, desarrollo de prototipos y análisis de costos y viabilidad. Cada bloque posee las observaciones experimentales, las mediciones y los valores relevantes obtenidos durante el proceso.

## **8.1. Fabricación de ganchos de sujeción**

### **8.1.1. Modelos tridimensionales**

Durante el proceso de desarrollo del sistema de sujeción, se comenzó con la realización de los ganchos que brindarán soporte a la bolsa y a la faja. La primera versión presentaba una geometría semicircular con una base delgada, pero fue muy frágil, por lo que se incrementó el grosor y se cambió a una forma de rombo. Posteriormente se realizó una segunda modificación redondeando los bordes del gancho. Una tercera

modificación fue realizada para disminuir el grosor de la extremidad y su altura con respecto a la base para obtener un mejor agarre a las aletas de la bolsa de ostomía. La versión final del gancho (Figura 13), fue una geometría que combina un aro circular con una extensión cuadrada con bordes redondeados, teniendo una proyección creando un extremo para enganche y un agujero central. Posee 9.02 mm de altura, 28.0 mm de ancho y 22.08 mm de largo. Para la impresión 3D de los ganchos se utilizó un total de 1.35 gramos de filamento y tuvo un tiempo de impresión de 22 minutos por unidad.



**Figura 13.** Demostración del gancho realizado

### 8.1.2. Ensayo de resistencia a una carga suspendida

En las pruebas de 0.5kg, luego 1kg, 3kg y por último 5 kg los ganchos mantuvieron su forma original sin presentar deformaciones (Figura 14). Al aplicar 10 libras se mostró una leve flexión en la zona de la curva, pero no se reportaron fracturas. Estos resultados indican que los ganchos poseen una resistencia adecuada para soportar la carga, superando ampliamente el peso promedio de una bolsa de ostomía llena, que generalmente no excede los 0.5 kg.

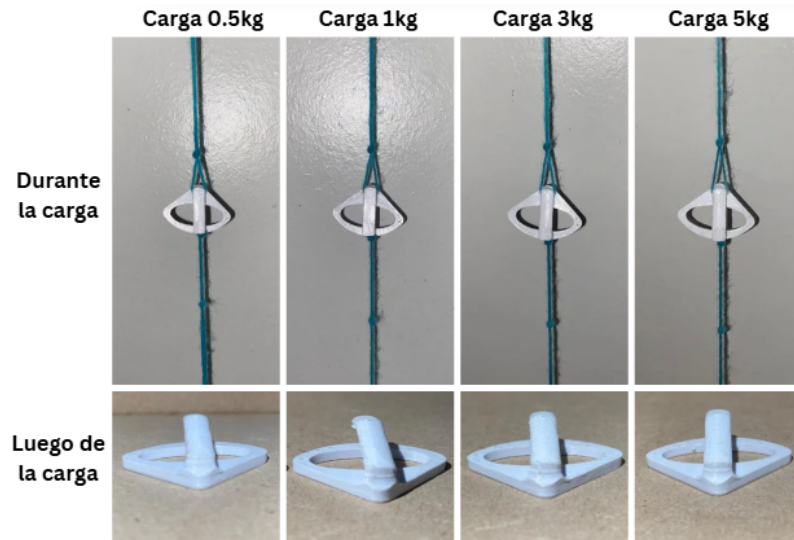


Figura 14. Ganchos en ensayo de carga suspendida

## 8.2. Textiles

### 8.2.1. Ensayo de resistencia de textiles y costura frente a ciclos de lavado

Luego de los cinco ciclos de lavados manuales las telas presentaron arrugas o dobleces, pero no presentaron alteraciones en su estructura (Figura 15). Por otro lado, las puntadas *back stitch* y *overstitch* presentaron mayor resistencia a comparación de las puntadas *blanket stitch* y *chain stitch*, manteniendo una mejor unión entre las telas (Figura 16). En los lavados a máquina, luego de los cinco ciclos, las telas tuvieron un comportamiento similar presentado arrugas y dobleces. La tela 100 % algodón presentó separación de hilos en los bordes cortados, mientras que las telas con fibras sintéticas, siendo el poliéster y nailon, no presentaron cambios en sus estructuras adicionales. En cuanto a las costuras, las puntadas que tuvieron mejor rendimiento fueron nuevamente la *back stitch* y *overstitch*, manteniendo sus forma y firmeza a lo largo de los ciclos como.

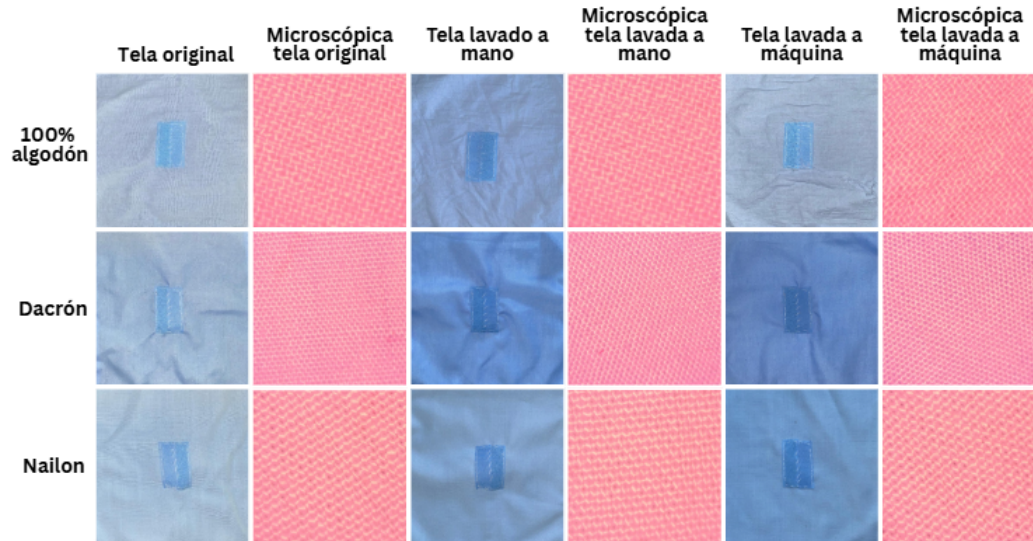


Figura 15. Telas después de los ciclos de lavado

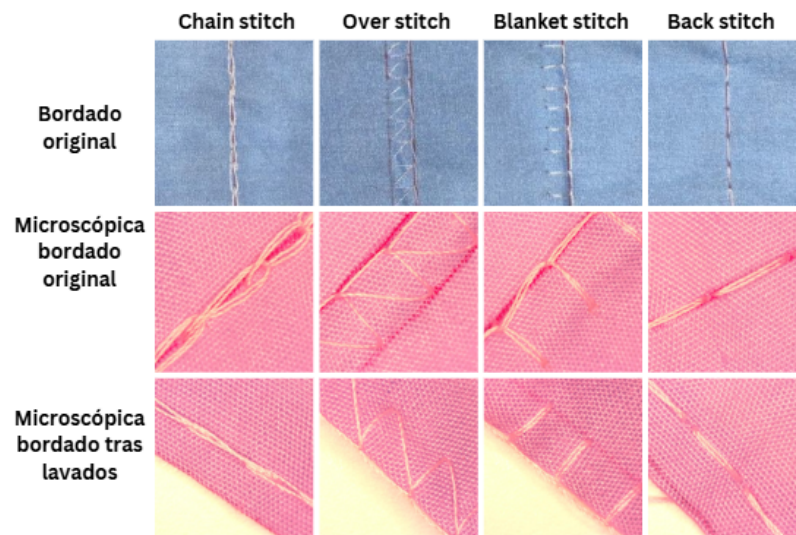
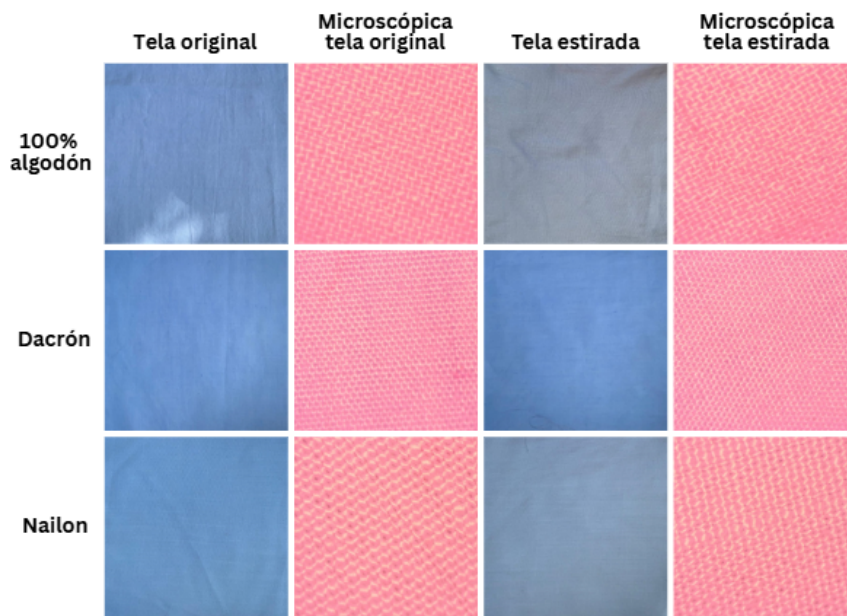


Figura 16. Costuras después de los ciclos de lavado

### 8.2.2. Ensayo de estiramiento manual de textiles

En la aplicación de fuerza leve, correspondiente a la manipulación similar a la que se ejercería en los textiles, todas las telas mantuvieron su forma original sin deformaciones visibles. Bajo fuerza moderada, equivalente a un estiramiento ejercido por ambas manos, la tela 100 % de algodón evidenció una leve

deformación, pero recuperó casi por completo su forma luego de liberar la tensión. La tela de algodón con poliéster y la de algodón con nailon no demostraron deformaciones visibles. En la aplicación de fuerza severa la tela de 100 % algodón presentó deformaciones permanentes en las fibras en los bordes de la muestra. La tela de algodón y poliéster presentó deformaciones permanentes en las fibras en el centro de la muestra. Mientras que la tela de algodón con nailon no presentó deformaciones, demostrando una mayor resistencia a comparación con los otros dos textiles (Figura 17).

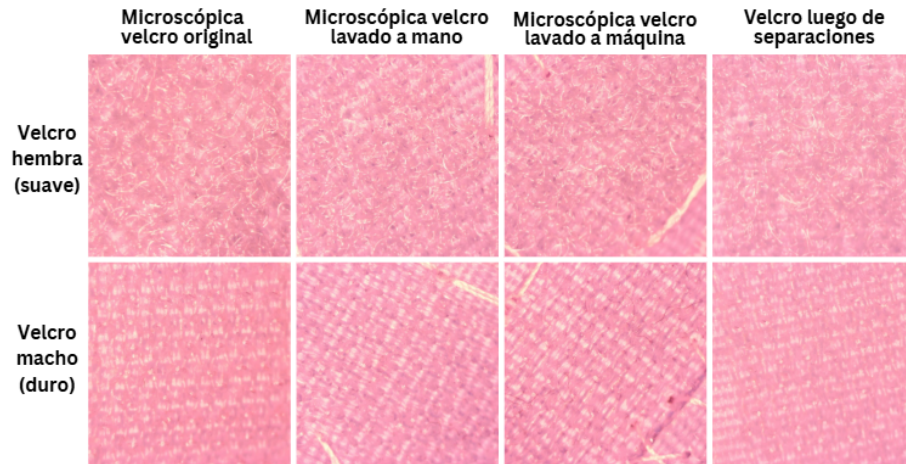


**Figura 17.** Telas después de los estiramientos

### 8.2.3. Ensayo de resistencia del velcro frente a ciclos de lavado y separación

Luego de los lavados manuales se presentó una ligera pérdida de firmeza de las fibras del velcro parte hembra, y luego de los lavados a máquina la pérdida de firmeza fue un poco más notable. Por otro lado, en cuanto a las pruebas de separación, a medida que se realizaron las separaciones se pudo ver pérdida de firmeza de manera progresiva. Luego de realizar 100 ciclos de separación, se pudo observar que las fibras de la parte hembra del velcro se fueron desprendiendo, pero no se

observó ninguna ruptura total(Figura 18).



**Figura 18.** Velcro después de ciclos de lavado y separación

### 8.3. Prototipos

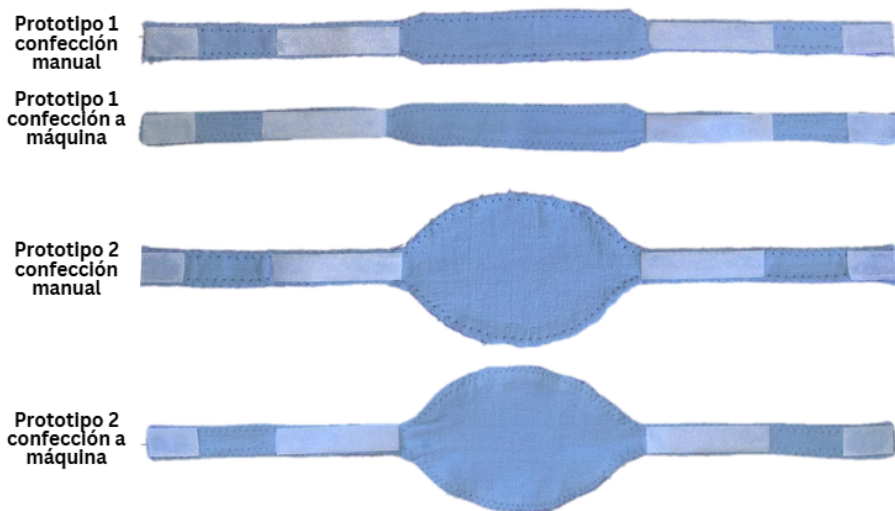
#### 8.3.1. Fabricación de prototipos

Basándose en los resultados previos, se utilizó la tela de 100 % algodón e hilo de poliéster, realizando un bordado con costura overstitch para elaborar los prototipos. Los tiempos de confección de ambos prototipos realizados, tanto a mano como a máquina, se encuentran en el (Cuadro 1). Se debe mencionar que en los tiempos de costura se consideró el tiempo que toma enhebrar la aguja y colocar alfileres guía. Adicionalmente, en el caso de la utilización de máquina de coser se consideró el tiempo de calibración.

Durante la confección de los prototipos (Figura 19) se observaron que ambos prototipos mostraron buena estabilidad estructural gracias al uso de tela 100 % algodón, permitiendo que tuviera una manipulación sencilla. A pesar de ser un material suave y delgado, mostró resistencia suficiente para mantener la forma del cinturón.

Prototipo	Método	Tiempo de corte	Tiempo de costura	Tiempo total
1	Manual	1 min 41 s	31 min 22 s	33 min 03 s
1	A máquina	1 min 54 s	6 min 03 s	8 min 37 s
2	Manual	2 min 13 s	44 min 17 s	46 min 30 s
2	A máquina	2 min 06 s	7 min 40 s	9 min 46 s

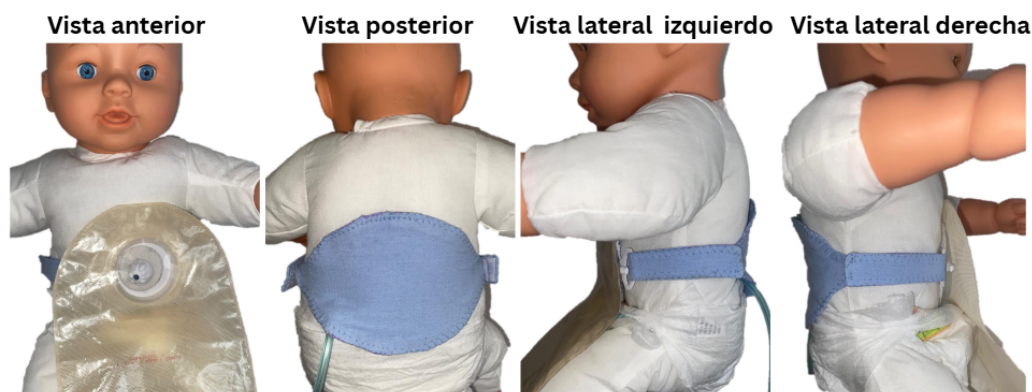
**Cuadro 1.** Tiempos de confección de los prototipos



**Figura 19.** Demostración de los prototipos realizados con los distintos métodos de confección

### 8.3.2. Pruebas de funcionalidad en modelo anatómico neonatal

En términos de ajuste, los cinturones se adaptaron de forma uniforme sin generar tensiones excesivas sobre las zonas de contacto gracias al rango de ajuste que se le colocó utilizando el velcro. Los ganchos impresos funcionaron de manera estable facilitando la unión con las aletas de la bolsa. En cuanto a las pruebas de funcionalidad, al introducir agua a través del sistema con la cánula y la jeringa, con el fin de simular la salida de desechos, se comprobó de manera visual y táctil que no hubo fugas entre la bolsa y el sistema de sujeción creado. El cinturón se mantuvo firme durante los movimientos suaves y moderados del modelo gracias a que el ajuste y de los ganchos y la alineación del cinturón fueron estables (Figura 20).



**Figura 20.** Pruebas de funcionalidad en modelo neonatal

## 8.4. Análisis económico

### 8.4.1. Costos de materiales y mano de obra

Para la fabricación del prototipo 1 a mano se tiene un costo de Q27.67 incluyendo materiales y mano de obra, y para su fabricación a máquina se tiene un costo de Q21.31 (Cuadro 2). Para la fabricación del prototipo 2 a mano se tiene un costo de Q31.49 incluyendo materiales y mano de obra, y para su fabricación a máquina, se tiene un costo de Q22.09 incluyendo materiales y mano de obra (Cuadro 3).

Material	Cantidad	Precio unitario (Q)	Subtotal (Q)
Tela 100% algodón	2 * 5x50 cm (0.10 yds)	2.55	5.10
Velcro	2 * 7.5 cm de largo	0.86	1.72
Hilo	10 yardas	0.68	0.68
Filamento PLA	2 * 1.35 g	0.23	0.46
<b>Total de materiales</b>			<b>7.96</b>
Servicio	Tiempo	Precio (Q)	
Impresión de ganchos	44 minutos	11.22	
Confección manual	33 min 3 s	8.49	
Confección a máquina	8 min 37 s	2.13	
<b>Total mano de obra manual</b>	—	<b>19.71</b>	
<b>Total mano de obra a máquina</b>	—	<b>13.35</b>	
<b>Costo total prototipo 1 (manual)</b>			<b>Q 27.67</b>
<b>Costo total prototipo 1 (a máquina)</b>			<b>Q 21.31</b>

**Cuadro 2.** Costos de materiales y servicios para el prototipo 1

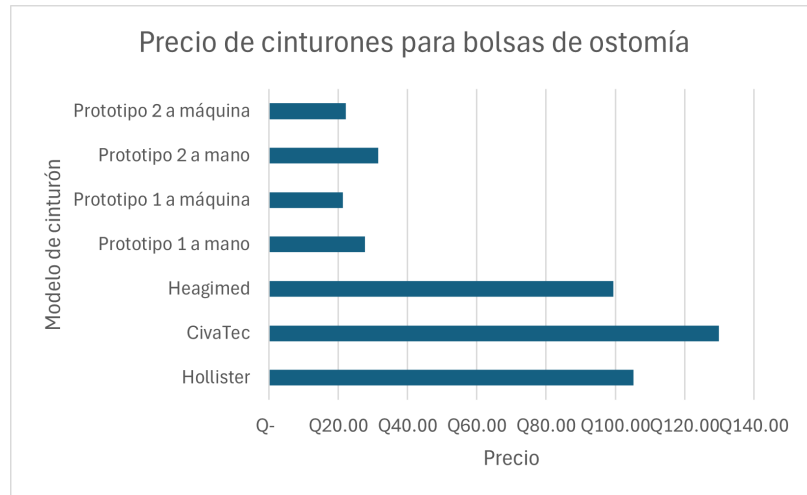
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (Q)</b>	<b>Subtotal (Q)</b>
Tela 100 % algodón	2 * 10x50 cm (0.10 yds)	2.80	5.60
Velcro	2 * 7.5 cm de largo	0.86	1.72
Hilo	10 yardas	0.68	0.68
Filamento PLA	2 * 1.35 g	0.23	0.46
<b>Total de materiales</b>			<b>8.46</b>
<b>Servicio</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Precio (Q)</b>	
Impresión de ganchos	44 minutos	11.22	
Confección manual	46 min 30 s	11.81	
Confección a máquina	9 min 46 s	2.41	
<b>Total mano de obra manual</b>	—	<b>23.03</b>	
<b>Total mano de obra a máquina</b>	—	<b>13.63</b>	
<b>Costo total prototipo 2 (manual)</b>			<b>Q 31.49</b>
<b>Costo total prototipo 2 (a máquina)</b>			<b>Q 22.09</b>

**Cuadro 3.** Costos de materiales y servicios para el prototipo 2

Los resultados muestran una diferencia significativa entre los precios de los dispositivos comerciales y los prototipos desarrollados (Cuadro 4). Las marcas disponibles en el mercado, como CivaTec, Hollister y Heagimed, presentan costos entre Q99.37 y Q129.97 por unidad, lo cual representa una barrera económica considerable. Por otro lado, los prototipos desarrollados mostraron costos sustancialmente menores: entre Q21.31 y Q31.49 dependiendo del método de confección y del modelo (Figura 21).

<b>Tipo</b>	<b>Precio (Q)</b>
Hollister	105.19
CivaTec	129.97
Heagimed	99.37
Prototipo 1 confeccionado a mano	27.67
Prototipo 1 confeccionado a máquina	21.31
Prototipo 2 confeccionado a mano	31.49
Prototipo 2 confeccionado a máquina	22.09

**Cuadro 4.** Comparación de precios entre cinturones comerciales y prototipos desarrollados



**Figura 21.** Comparación de precios entre cinturones comerciales y prototipos desarrollados

La falta de dispositivos adaptados para la necesidad de neonatos ostomizados es un problema en Guatemala, en donde la mayor parte de las bolsas donadas disponibles son para uso adulto. Esto obliga al personal de salud y a los cuidadores a realizar improvisaciones poniendo en riesgo la salud del bebé. El sistema de sujeción desarrollado responde de manera directa a esta necesidad, proporcionando un dispositivo seguro y ajustable para sostener una bolsa que no fue diseñada para neonatos, sin ejercer presión excesiva ni restringir su movimiento natural.

La integración de ganchos impresos en 3D en el diseño fueron determinantes para el sostenimiento de la bolsa. Su geometría personalizada tiene un grosor ideal que permite resistencia para servir como un soporte lateral y unión entre la bolsa y la faja, no tiene bordes que pudieran rozar o incomodar al bebé gracias a que son redondeados, y es ligero gracias a que fue impreso en PLA. EL PLA es en su forma pura de origen natural y no es tóxico, pero su superficie porosa puede retener bacterias por lo que no es recomendable que esté en contacto con mucosas [25]. Pero como la colocación de los ganchos es externa a la bolsa, lo hace ideal para su uso por su resistencia mecánica y bajo costo. Adicionalmente, su diseño permite que puedan usarse en diferentes modelos de bolsas de ostomía gracias a que se ajustan a las aletas de las bolsas. El

resultado final fue un gancho funcional y seguro, capaz de sostener cargas muy superiores a las que enfrentaría en uso real gracias a que se realizaron pruebas de hasta 5kg, mientras que una bolsa llega a sostener de 0.4 a 0.7 kg de desechos [1].

Para la realización de la faja se seleccionó una tela 100 % algodón. Aunque la tela presentó arrugas visibles tras los ciclos de lavado y deformaciones leves bajo estiramientos extremos, estos efectos no comprometen su desempeño. Las deformaciones observadas surgieron únicamente bajo fuerzas severas, superiores a las que podría generar un bebé o un cuidador durante el manejo diario. Las fibras permanecieron íntegras y no se registraron rupturas en las costuras tras los ciclos de lavado. La selección de esta tela es justificada por la compatibilidad del tejido con la piel del neonato, teniendo más peso ante otras características. El algodón es suave, transpirable, hipoalergénica y libre de fibras sintéticas, siendo una tela ideal para su aplicación con la piel delicada de un neonato. El análisis del comportamiento del velcro también fue relevante. Aunque el velcro suave mostró desgaste progresivo, su rendimiento se mantuvo adecuado para permitir ajustes repetidos. El velcro duro no presentó deformaciones significativas. Esto permite determinar que el sistema de cierre tiene un desempeño suficientemente estable para su uso en el sistema de sujeción.

Las pruebas realizadas con el modelo anatómico neonatal confirmaron que el dispositivo logra mantener la bolsa estable, previniendo fugas. Además, la colocación del velcro permite el ajuste en el perímetro abdominal del neonato, adecuándose a su crecimiento. La correcta colocación y adherencia entre los componentes, y la falta de filtraciones, evidencian que el sistema cumple su objetivo principal. Estas pruebas simulaban tanto la salida de desechos como el movimiento típico del bebé en un escenario controlado, validando que la geometría del gancho y la tensión del cinturón no comprometen la estabilidad del sistema. El método de evaluación visual y táctil permitió identificar rápidamente comportamientos esenciales, como desplazamientos o humedades. Gracias a que no se presentaron dichos problemas, el diseño se considera funcional y potencialmente capaz de soportar escenarios clínicos reales.

Aunque no se evaluó directamente en pacientes, el ensayo proporciona evidencia sustancial sobre la capacidad del prototipo para manejar las condiciones propias de un neonato ostomizado.

Uno de los resultados más relevantes del proyecto es el costo de los prototipos creados. Los costos de producción van de Q21.31 a Q31.49 por unidad, considerando los materiales, la impresión 3D y la confección manual o a máquina. Los costos de mano de obra fueron calculados con base en el salario mínimo actual. Sin embargo, es importante señalar que obtener un costo de producción exacto para un producto de naturaleza artesanal es relativo, especialmente porque se trata de una costura sencilla que podría realizar cualquier persona sin experiencia avanzada si fuera necesario. Si el precio final del prototipo fuera de Q30, al incluirse un margen de ganancia únicamente con fines de autosostenibilidad, cubriría los costos de materiales y mano de obra sin generar pérdidas, manteniendo la intención humanitaria del proyecto. Aunque los precios varían debido a la compra de materiales como consumidor final, esta variabilidad disminuiría si se produjeran varias unidades simultáneamente.

En Guatemala, durante el año 2024 se reportaron alrededor de 354,000 nacimientos [26], y considerando que 1 de cada 5,000 requiere una ostomía [15], se estiman 70 casos anuales, de los cuales se reportan aproximadamente 15. Aunque la demanda es baja, el diseño del prototipo permite que su elaboración sea accesible, ya que puede ser fabricado por cualquier persona con conocimientos básicos de costura, lo cual aumenta su escalabilidad y disminuye la dependencia de fabricantes externos.

La comparación con dispositivos comerciales evidencia aún más la viabilidad económica del prototipo. Los cinturones disponibles en el mercado presentan precios entre Q99.37 y Q129.97, lo que representa un ahorro entre 68 % y 84 % al utilizar los prototipos desarrollados. Esta diferencia es especialmente relevante en el contexto guatemalteco, donde muchas familias y hospitales públicos enfrentan restricciones econó-

micas. Sin embargo, esta comparación no implica que ambos productos sean equivalentes en propósito. Los cinturones comerciales están diseñados para pacientes neonatales o adultos, mientras que los prototipos elaborados en este proyecto buscan resolver una necesidad distinta ofreciendo una solución funcional cuando únicamente se cuenta con bolsas de ostomía para adultos, las cuales son las que se reciben usualmente como donación. De esa manera, el prototipo no solo ofrece un menor costo, sino que también responde a una brecha clínica existente en torno a la falta de sistemas de sujeción apropiados para neonatos.

En conjunto, los resultados respaldan la viabilidad técnica, funcional y económica del sistema de sujeción, destacando su utilidad como una solución adaptable, accesible y orientada a mejorar las condiciones de cuidado de neonatos ostomizados en Guatemala.

- Se confirma que los neonatos carecen de dispositivos adecuados, y se justifica la necesidad de desarrollar un dispositivo adaptable a sus necesidades, los resultados del proyecto demostraron que es posible desarrollar un sistema de sujeción adaptable para bolsas de ostomía no diseñadas para neonatos, utilizando materiales accesibles y componentes impresos en 3D con un costo significativamente menor al de alternativas comerciales, ofreciendo una solución viable para esta población.
- La tela 100 % algodón, aunque susceptible a arrugas, mantuvo su estructura tras múltiples ciclos de lavado, y es considerablemente más compatible con la piel neonatal. Los ganchos impresos en PLA demostraron estabilidad estructural y capacidad de sostener la bolsa para adultos, permitiendo una unión segura. Los dos prototipos creados con dichos materiales mostraron buena compatibilidad con las necesidades fisiológicas de los neonatos.
- Las evaluaciones visuales y táctiles con el modelo anatómico neonatal demostraron que los prototipos evitaron fugas, se mantuvieron estables durante el uso simulado y permitieron una unión segura entre la bolsa y la faja de

sujeción.

- Los costos unitarios entre Q21.31 y Q31.49 mostraron que el dispositivo puede producirse a bajo costo, con un ahorro de hasta 84 % comparado con productos comerciales. Esto valida su uso de manera técnica y económica especialmente porque los cinturones existentes están diseñados solo para neonatos o para adultos, mientras que este proyecto propone una solución funcional adaptando bolsas de ostomía destinadas para adulto para uso neonatal.
- En conjunto, el proyecto cumple su objetivo general y objetivos específicos, exceptuando únicamente el análisis del impacto económico y psicológico en familiares debido a suspensión de comunicación por parte de la asociación que iba a proporcionar la información relacionada con situaciones actuales.

- Realizar evaluaciones clínicas formales del desempeño del sistema de sujeción. Se recomienda que el dispositivo sea evaluado directamente en neonatos dentro de un entorno clínico controlado. Este proceso permitiría analizar con mayor precisión aspectos que no pueden ser completamente replicados en un modelo neonatal como tolerancia cutánea considerando factores como irritación, enrojecimiento o acumulación de humedad, y variabilidad entre distintas morfologías de estomas ya que los estomas neonatales presentan diferentes profundidades, diámetros y niveles de sensibilidad que podrían influir en la efectividad del dispositivo. Estas pruebas deben incluir también la evaluación de facilidad de uso por parte de los cuidadores y enfermeras, permitiendo identificar qué tan intuitivo es aplicar, retirar o ajustar el cinturón.
- Desarrollar un manual de fabricación ilustrado que explique de forma clara cada paso necesario para reproducir el cinturón utilizando materiales que pueden conseguirse fácilmente en las comunidades. La posibilidad de que se replique el dispositivo en comunidades rurales tendría un doble beneficio. Primero, aumentaría la disponibilidad del dispositivo en áreas donde los hospitales no cuentan con suministros adecuados. Segundo, puede fomentar la aceptación del dispositivo en entre familias gracias al sentido de participación y confianza ya que se realizó de manera

propia. Para esto se tiene que tomar en consideración la impresión de los ganchos 3D, por lo que se deben evaluar alternativas de diseño que puedan fabricarse manualmente o con materiales localmente accesibles, o establecer un plan de distribución de los ganchos impresos en 3D desde centros educativos cercanos a las comunidades. Estos centros podrían imprimir los ganchos y distribuirlos junto con el manual de confección.

- Realizar una evaluación económica ampliada considerando que la producción fuera a mediana escala. Aunque el proyecto analizó costos unitarios, una siguiente etapa debería contemplar un modelo económico que simule la producción a mediana escala para permitir calcular el costo real de materiales al comprarlos al por mayor, evaluar la reducción del tiempo de confección al estandarizar procesos, y estimar un precio accesible que permita a organizaciones de apoyo, hospitales públicos o fundaciones producir y distribuir los dispositivos sin generar pérdidas. Este análisis ampliado también permitiría proyectar la sostenibilidad del sistema, identificando la posibilidad de crear microprogramas comunitarios de costura o alianzas con talleres textiles pequeños, manteniendo el enfoque humanitario del dispositivo.

- [1] United Ostomy Associations of America, *Ostomy Basics*, 2016. dirección: <https://www.ostomy.org/>
- [2] Breca Health Care, *Prótesis e implantes a la medida*, n.d. dirección: <https://brecahealthcare.com>
- [3] Materialise, *Innovadores en Impresión 3D*, n.d. dirección: <https://www.materialise.com>
- [4] Enabling the Future, *Enabling The Future*, n.d. dirección: <https://enablingthefuture.org>
- [5] L. Gould et al., «Global prevalence and healthcare costs of ostomy care: An epidemiological study,» *Journal of Global Health*, vol. 10, n.º 4, págs. 210-218, 2020.
- [6] E. Yilmaz y P. Rojas, «Evaluation of ostomy bags with advanced materials for skin protection and comfort,» *Journal of Medical Devices*, vol. 15, n.º 3, págs. 223-230, 2018.
- [7] M. S. Goetz y M. Bernard, «Advancements in ostomy bag technology and patient comfort,» *Colorectal Disease Journal*, vol. 22, n.º 6, págs. 456-467, 2020.
- [8] Odapt, *Una solución innovadora para personas ostomizadas*, n.d. dirección: <https://www.odapt.org>
- [9] J. F. Calero, *Ostofix: el dispositivo que cambiará la vida de los pacientes ostomizados, más cerca*, 2024. dirección: <https://www.innovaspain.com>
- [10] C. Kovacevic, *Cuidados de enfermería al neonato ostomizado*, 2015. dirección: <https://riu.austral.edu.ar/>
- [11] Portal de Salud de Castilla y León, *La ostomía: tipos de ostomías*, n.d. dirección: <https://www.saludcastillayleon.es>
- [12] American Cancer Society, *Ostomías*, n.d. dirección: <https://www.cancer.org/es/cancer/como-sobrellevar-el-cancer/tipos-de-tratamiento/cirugia/ostomias.html>

- [13] Colorectal Cancer Alliance, *Ostomy as a Treatment for Colorectal Cancer*, 2021. dirección: <https://colorectalcaner.org/resources-support/resources/living-well-colorectal-cancer/ostomy>
- [14] A Bigger Life, *What is a stoma?* 2020. dirección: <https://abiggerlife.com/to-a-bigger-life/living-with-a-stoma/>
- [15] Global Ostomy Care Report, *Disparities in Ostomy Care: A Global Perspective*, 2019.
- [16] Pediatric Ostomy Care Journal, «Complications in Neonatal Ostomy Management,» *Pediatric Ostomy Care Journal*, 2020.
- [17] National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, *El aparato digestivo y su funcionamiento*, 2018. dirección: <https://www.niddk.nih.gov/>
- [18] National Cancer Institute, *Small and Large Intestine*, n.d. dirección: <https://training.seer.cancer.gov/anatomy/digestive/regions/intestine.html>
- [19] Hollister MX, *Ostomía, Incontinencia, Cuidados intensivos*, n.d. dirección: <https://www.hollister.com.mx/es-mx/>
- [20] Convatec, *¿Qué es una bolsa?* 2022. dirección: <https://www.convatec.com/es-us/cuidado-de-la-ostomia/blog/preventive-care/>
- [21] Coloplast, *Coloplast*, n.d. dirección: <https://www.coloplast.com>
- [22] Textile Today, *Textile Materials and Products for Healthcare and Medical Applications*, 2010. dirección: <https://textiletoday.com.bd/>
- [23] Organización Mundial de la Salud, *Child Growth Standards*, n.d. dirección: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards>
- [24] Ministerio de Trabajo y Previsión Social, *Salario mínimo*, 2024. dirección: <https://www.mintrabajo.gob.gt/minimum-wage>
- [25] L. C., *¿Qué tan «ecológico» es realmente el filamento PLA?* <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/>, 3Dnatives. Último acceso: 2025-11-09, 2023.
- [26] RENAP, *Inscripciones de nacimiento disminuyeron en 2024*, 2025. dirección: <https://www.renap.gob.gt/noticias/inscripciones-de-nacimiento-disminuyeron-en-2024>

