



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería

Maestría en Diseño e Innovación

Tesis

Diseño de matriz biodegradable para posible uso en pañales
desechables.

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Diseño e Innovación, con línea en Diseño de Producto

Presenta

L.D.I. Angélica Rocío Serrano Farfán

Dirigido por:

M. en C. Alejandra Nivón Pellón

Centro Universitario, Querétaro, Junio 2021. México



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Maestría en Diseño e Innovación

Diseño de matriz biodegradable para posible uso en pañales
desechables.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Diseño e Innovación, con línea en Diseño de Producto

Presenta

L.D.I. Angélica Rocío Serrano Farfán

Dirigido por:

M. en C. Alejandra Nivón Pellón

M. en C. Alejandra Nivón Pellón

Directora

M. en I. Jorge Arturo García Pitol

Secretario

Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez

Vocal

Dr. Oscar Alatorre Jácome

Suplente

M. en I. Jorge Javier Cruz Florín

Suplente

Centro Universitario, Querétaro, Junio 2021. México

Dedicatorias

A Jesusillo, por tu esfuerzo y paciencia para recorrer este camino en el que te guío con el más tierno y bello amor que conozco. El gran motor que impulsa este proyecto, y la fuerza imparable que empuja esta tesis es el interés de una madre por mantener un mundo amigable, verde y sostenible para las generaciones futuras.

A mis padres, Rocío y Gerardo, porque a pesar de la distancia estuvieron cerca de nosotros. Porque con su apoyo y comprensión me alentaron a perseguir mis sueños y seguir caminando con paso firme.

A Jesús López por entender la gran tarea de ser madre, profesionista, estudiante y esposa y continuar por este camino junto tomados de la mano.

A Fernanda Arias por hacer de este proyecto una gran aventura de muchos aprendizajes. Gracias por enseñarme que, “Juntas somos más fuertes”.

Agradecimientos

Deseo manifestar mi más sincero agradecimiento a las personas y entidades que han colaborado en la realización de esta Tesis, sin cuyo apoyo no hubiera sido posible llevarla a cabo con especial mención a:

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de mis estudios de posgrado.

La Universidad Autónoma de Querétaro y a sus profesores por permitirme desarrollar y realizar mis estudios de posgrado y haberme facilitado lo necesario para concluir satisfactoriamente mis estudios.

A mi directora de Tesis la M. en C. Alejandra Nivón Pellón por ser siempre empática, por brindarme su tiempo, paciencia, dedicación y por creer en mí y en el proyecto.

Gracias a la vida, que me ha dado tanto.

ÍNDICE

RESUMEN

ABSTRACT

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

I.	INTRODUCCIÓN	15
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.1.	Problemática de los pañales desechables para bebés.....	17
2.2.	Composición de los pañales comerciales.....	19
2.3.	Eficiencia de los pañales desechables.....	21
2.4.	Eficacia: Capacidad de absorción.....	22
2.5.	Etapa de pañales desechables.....	23
2.6.	Retos de la Normativa en México.....	24
III.	ANTECEDENTES.....	27
3.1.	Proyectos mexicanos que valorizan los pañales desechables.....	27
3.2.	Biodegradabilidad.....	29
IV.	HIPÓTESIS.....	30
V.	OBJETIVOS.....	30
5.2.	Objetivo general.....	30
5.3.	Objetivos particulares.....	31
VI.	METODOLOGÍA.....	31
6.2.	Metodología Centrada en el Humano (Human Centered Design).....	32
6.3.	Metodología Design Thinking.....	33

6.4.	Adaptación de las metodologías Design Thinking y Centrada en el Humano.	35
6.5.	Capacidad de absorción	38
6.6.	Regresión de humedad.....	38
6.7.	Análisis de ciclo de vida del producto.	39
6.8.	Biodegradabilidad	42
6.9.	Percepción de valor.	43
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
7.1.	Fase Definir.	45
7.2.	Desarrollo	51
7.3.	Capacidad de absorción.	54
7.4.	Regresión de humedad.....	55
7.5.	Análisis de ciclo de vida.....	56
7.6.	Biodegradabilidad.....	62
7.7.	Percepción de valor.....	64
VIII.	CONCLUSIONES	71
8.1.	Capacidad de absorción y regresión de humedad.....	72
8.2.	Análisis de Ciclo de Vida	72
8.3.	Biodegradabilidad	73
8.4.	Percepción de valor	74
	Referencias.....	75
	ANEXO I.	83
	ANEXO II.	86
	ANEXO III.	91

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.3.1. Volumen urinario de infantes de acuerdo a la edad.	21
Cuadro 2.5.1. Etapa de pañales por marcas representativas del mercado.	22
Cuadro 7.3.1. Resultados de absorción máxima de cuatro marcas y la matriz por triplicado.	53
Cuadro 7.4.1. Resultados de regresión de humedad por marca.	54
Cuadro 7.5.1. Comparativo de análisis de ciclo de vida.	60
Cuadro 7.6.1. Comparativo de reducción de volumen.	61
Cuadro 7.6.2. Comparativo de reducción de peso.	62
Cuadro 7.7.1. Resultados de evaluación hedónica de las dimensiones de valor.	65
Cuadro 7.7.7. Consistencia y convergencia de percepción de valor.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.1. Problemática del uso de pañales desechables para bebés.	17
Figura 2.2.1. Capas de un pañal desechable para bebés.	18
Figura 2.6.1. Retos de la normativa mexicana.	25
Figura 6.1.1. Para crear un verdadero impacto.	31
Figura 6.2.1. Metodología Centrada en el Humano.	31
Figura 6.3.1. Variables que integran la metodología Design Thinking.	33
Figura 6.3.2. Fases de la metodología de Design Thinking.	34
Figura 6.4.1. Metodología del proyecto.	35
Figura 6.4.2. Metodología aplicada al proyecto	35
Figura 6.7.1. Formato de análisis de ciclo de vida de productos.	40
Figura 6.8.1. Experimento de biodegradabilidad.	42
Figura 6.9.1. Escala hedónica	45
Figura 7.1.1. Segmento de vasos y sistemas del transporte de sustancias presentes en las hojas de mazorca de maíz	18
Figura 7.1.2. Sección longitudinal de hoja de maíz	47
Figura 7.1.3. Hoja de maíz moldeada.	48
Figura 7.1.4. Prueba de impermeabilidad a la hoja de maíz.	51
Figura 7.1.5. Imagen microscópica de película de Celulosa Bacteriana, tomada con microscopio electrónico de barrido.	49
Figura 7.1.6. Experimento de impermeabilidad y absorción	50
Figura 7.2.1. Diseño del prototipo de la Matriz.	51
Figura 7.2.2. Orden de capas de un pañal desechable comercial.	52
Figura 7.2.3. Diagrama de capas de la Matriz.	53
Figura 7.5.1. Diagrama de ciclo de vida de un pañal comercial.	56
Figura 7.5.2. Análisis de ciclo de vida de la Matriz.	57
Figura 7.5.3. Despiece de pañal comercial.	59
Figura 7.5.4. Registro de cada elemento de los pañales comerciales	59
Figura 7.6.1. Comparación de biodegradabilidad.	62

Figura 7.7.1. Evaluación de las dimensiones de percepción de valor.	66
Figura 7.7.2. Evaluación de la dimensión "calidad de materiales".	66
Figura 7.7.3. Evaluación de la dimensión "practicidad de uso".	67
Figura 7.7.4. Evaluación de la dimensión "Diseño".	67
Figura 7.7.5. Gráfica de la Dimensión impacto ambiental.	68
Figura 7.7.6. Gráfica de la Dimensión de adecuación	69

Dirección General de Bibliotecas UAG

RESUMEN

Los pañales desechables son la solución moderna a una necesidad antañona que es mantener la piel de los bebés seca y limpia. Debido a la facilidad de uso, los pañales desechables para bebé, han tomado un lugar importante dentro del consumo de los productos de higiene y cuidado de los bebés. Este tipo de productos han evolucionado a lo largo de más de nueve décadas, logrando desarrollar tecnología que mejoran la eficiencia, eficacia y usabilidad, sin embargo, no se ha logrado avanzar significativamente respecto a tecnologías, estrategias o gestiones que aminoren su impacto ambiental.

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una opción de matriz que se emplee en productos de vida útil corto, aminorando el impacto ambiental de este tipo de productos, diseñando a partir de fibras naturales y celulosas que sean biodegradables en un tiempo de 90 a 120 días, que sea eficientes y eficaces como lo son los pañales comerciales que los consumidores encuentran en tiendas de autoservicio. Para validar la absorción y regresión de humedad se realizaron pruebas de laboratorio basadas en las Normas diseñadas por el Instituto Nacional de Normalización Textil A. C., que es el organismo encargado de diseñar, distribuir y vender la Normativa Mexicana respecto a textiles, sin embargo, el carácter de estas Normas no es obligatorio.

Se realizó una prueba de biodegradabilidad en la que se comparaban las matrices de los pañales comerciales y la matriz propuesta. En esta prueba se midió la reducción de peso y volumen, esto con la finalidad de validar el tiempo de degradación de las matrices, y así validar que los materiales que componen a la matriz propuesta sean biodegradables en menor tiempo que los materiales que componen los pañales comerciales.

Para verificar la viabilidad de esta matriz, se realizaron dos grupos focales en los cuales por medio del análisis temático se obtuvieron las dimensiones que los consumidores perciben como valiosas en los pañales que consumen para el cuidado de sus bebés. Una vez obtenidas las dimensiones, estas fueron evaluadas

en la matriz propuesta por parte de los consumidores, siendo las respuestas favorables para la matriz diseñada.

Palabras claves: pañales desechables, biodegradabilidad, percepción de valor.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

ABSTRACT

Disposable diapers are the modern solution to an old need of keeping babies' skin dry and clean. Due to the ease of use, they have taken an important place in the consumption of hygiene and baby care products. These types of products have evolved over more than eight decades, managing to develop technology that improves efficiency, effectiveness and usability; however, no significant advance has been achieved with respect to technologies, strategies or procedures that reduce their environmental impact.

The regulations and norms that allow the commercialization in the Mexican territory of this type of short-lived products, do not regulate its residue, or materials, suitable for this type of products whose life time is four to eight hours.

The present work aims to propose a matrix option that is used in products with a short useful life, reducing the environmental impact of this type of products, designing products from natural fibers and celluloses that are biodegradable in a time of 90 to 120 days and that it is efficient and effective as is the commercial diaper that consumers find in supermarkets. To validate the moisture absorption and regression, laboratory tests were carried out based on the standards designed by the National Institute for Textile Standardization, which is the body in charge of designing, distributing and selling the Mexican Regulations, however, the character of these Standards is not mandatory.

A biodegradability test was performed in which the commercial diaper matrices were compared and the proposed matrix. In this test, the weight and volume reduction were measured, this in order to validate the degradation time of the matrices, and thus validate that the materials that make up the proposed matrix are biodegradable in less time than commercial diapers.

To verify the viability of this matrix, two focus groups were carried out in which, through thematic analysis, the dimensions that consumers perceive in the diapers

they currently use to care for their babies were obtained. Once the dimensions were obtained, they were evaluated in the matrix proposed by the consumers. This evaluation was carried out by means of a questionnaire based on a hedonic scale.

Keywords: disposable diapers, biodegradability, perception of value.

Dirección General de Bibliotecas UAQ

I. INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental que actualmente aqueja a nuestro planeta, podría tener graves consecuencias sobre los seres humanos; nuestros recursos naturales se están agotando y degradando. A pesar de los esfuerzos globales para detener el avance y minimizar la magnitud del deterioro ambiental, este parece ir en aumento. El crecimiento poblacional y la forma de consumo, han llevado a la humanidad a explotar los recursos disponibles, sin cuidar los de las generaciones futuras (Salazar, 2018).

La creciente demanda de plásticos está obligando al ser humano, a generar propuestas, que sean opciones alternativas, al uso de materiales derivados del petróleo. El tiempo de vida de los plásticos, es más larga que su vida útil, generando un problema de residuos, ya que se acumula en los rellenos sanitarios, sin degradarse de forma rápida. Esto conlleva a un problema ambiental, ya que la producción de este material responde a una demanda del mercado, que lo utiliza por un período corto, para después desecharlo, como es el caso de empaques, envolturas y productos desechables (Vázquez *et al.*, 2016).

Debido a las características que tienen los polímeros como; flexibilidad, resistencia, impermeabilidad y livianos entre otras propiedades, resulta difícil de remplazar e imitar a estos materiales; sin embargo, es imperante la necesidad de proponer opciones sustentables y sostenibles para este tipo de materiales, donde la comunidad científica y diseñadores juegan un papel muy importante (Valvero *et al.*, 2013).

Recientes análisis de ciclo de vida de pañales desechables, han demostrado que el suministro y la producción de materiales para la fabricación de los pañales, son los procesos que más impactan a la llamada “huella ambiental” (Espinosa, 2002). Los componentes plásticos de los pañales (polipropileno, poliestireno, gomas, adhesivos, plástico del empaquetado), son derivados del petróleo, el cual es un

recurso no renovable y su producción generan gases de efecto invernadero (Almaraz *et al.*, 2010) (Sotelo, 2017).

En casi todos los países desarrollados y en vías de desarrollo, los pañales desechables constituyen un porcentaje, en peso, relativamente elevado, respecto a los residuos sólidos urbanos (RSU) generados; esto, debido a la eficiencia, eficacia y usabilidad que ofrecen los pañales, a los consumidores. En México, el 7.46 % del peso de los RSU, son pañales desechables (Colón *et al.*, 2011a).

México no cuenta con un servicio privado o gubernamental que recolecte los pañales usados, generalmente, se encuentran mezclados con otros residuos sólidos urbanos (Sotelo *et al.*, 2013).

En el mercado se comercializan pañales que se denominan biodegradables, estos tardan de 3 a 7 años en degradarse. Estos pañales siguen el mismo diseño de capas y materiales, pero el problema de biodegradación del producto, sigue estando presente, ya que estos no se degradan lo suficientemente rápido y su confinamiento en los rellenos sanitarios retarda su degradación (Sotelo, 2017).

Sin embargo, cada vez es mayor el interés de someterlos a tratamientos para valorizarlos, ya que la celulosa puede ser de utilidad en algunos procesos como en la producción de composta (Espinosa, 2002; Sotelo, 2017; Sotelo *et al.*, 2013; SEMARNAT, 2016).

Diversos experimentos han planteado opciones viables, como lo son el desarrollo de biopolímeros, cuyas materias primas provienen de fuentes renovables. Se han desarrollado películas transparentes, flexibles, con buena dureza, elaboradas a partir de biopolímeros adicionados de plastificantes comerciales, aumentando de esta manera la biodegradabilidad, como se desarrolló en el proyecto titulado "Películas elaboradas de bagazo de yuca, carboximetilcelulosa y residuos de papel Kraft han mostrado una alta resistencia" (Villada *et al.*, 2007). También se han creado películas compuestas formuladas con goma de mezquite, como material estructural y materiales hidrofóbicos cerosos. Lo cual hace una capa resistente al

vapor de agua (Bósquez y Vemon, 2005). La tecnología, con base en los recursos naturales, está desarrollada pero no se ha enfocado multidisciplinariamente, para resolver problemas como el que se plantea en este proyecto.

El punto de partida de este proyecto, es generar una propuesta de material, que pueda ser utilizado en pañales desechables y generar una matriz que retenga líquidos en su interior. Si bien esta matriz, puede tener diferentes usos, el objetivo de desarrollar esta matriz es dirigir el uso de dicha matriz a la problemática de los pañales desechables para bebés; para obtener como resultado una opción sustentable a este tipo de productos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Problemática de los pañales desechables para bebés.

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el 14 % de los residuos sólidos que se generan en México corresponde a pañales desechables (Asunción, 2019). De acuerdo a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT (2016), un pañal desechable tarda 500 años en degradarse. Un bebé en promedio, utiliza alrededor de 4 pañales diarios, por lo tanto, en un año utilizará 1,460 piezas y en dos años 2,920 (PROFECO, 2015; Alfred *et al.*, 2015). Si consideramos que en 2018 nacieron más de 2 millones de niñas y niños (CONACO SERVYTUR, 2018) y en México este producto tiene una penetración en el mercado del 68%, se calcula que, en 12 meses, 5 billones de pañales terminaron en la basura (Brito, 2007). Lo anterior, se expresa gráficamente en la Figura 2.1.1 “Problemática del uso de pañales desechables para bebés”.

Problemática pañales desechables.



Figura 2.1.1. Problemática del uso de pañales desechables para bebés.

Fuente: Elaboración propia.

El pañal desechable es actualmente un producto exitoso debido a su eficiencia, eficacia y usabilidad, debido a esto la oferta en el mercado relacionado a este producto es alta con tendencia a aumentarse. Diferentes análisis de mercado proyectan un incremento de 60 billones de dólares para el año 2024, esto debido al incremento de madres en la fuerza laboral (Biomass, 2019).

México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial de pañales vendidos (Vázquez *et al.*, 2018). En el año 2018 nacieron más de 2 millones de niños de acuerdo al Consejo Nacional de Población, CONAPO, esto quiere decir que más de cinco billones de pañales fueron desechados, tomando la referencia de Procuraduría Federal del Consumidor, PROFECO (2018), en promedio, un niño mexicano utiliza 4 pañales diarios. Debido a esto, la pertinencia del proyecto es tangible, a pesar de la innovación en los materiales de los pañales, la cantidad de pañales que se desecha en México representa un problema ambiental (Corral *et al.*, 2011).

En México, anualmente se consumen dos millones ciento sesenta mil pañales desechables y un bebé utiliza en promedio en tres años, seis mil setecientos pañales, debido a esto la Universidad Autónoma Metropolitana abrió una línea de investigación enfocada al tratamiento de este tipo de residuos, es por esta razón

que México cuenta con más proyectos que valorizan los pañales desechables después de ser usados (Plaza, 2019).

2.2. Composición de los pañales comerciales.

Es importante conocer las capas que componen a los pañales desechables, así como la materia prima que se utiliza para el diseño y fabricación de este tipo de productos.

Los pañales desechables están diseñados por capas, teniendo cada una de las capas una función en específico. En la Figura 2.2.1. se identifican las principales capas, así como el diseño de los pañales desechables.

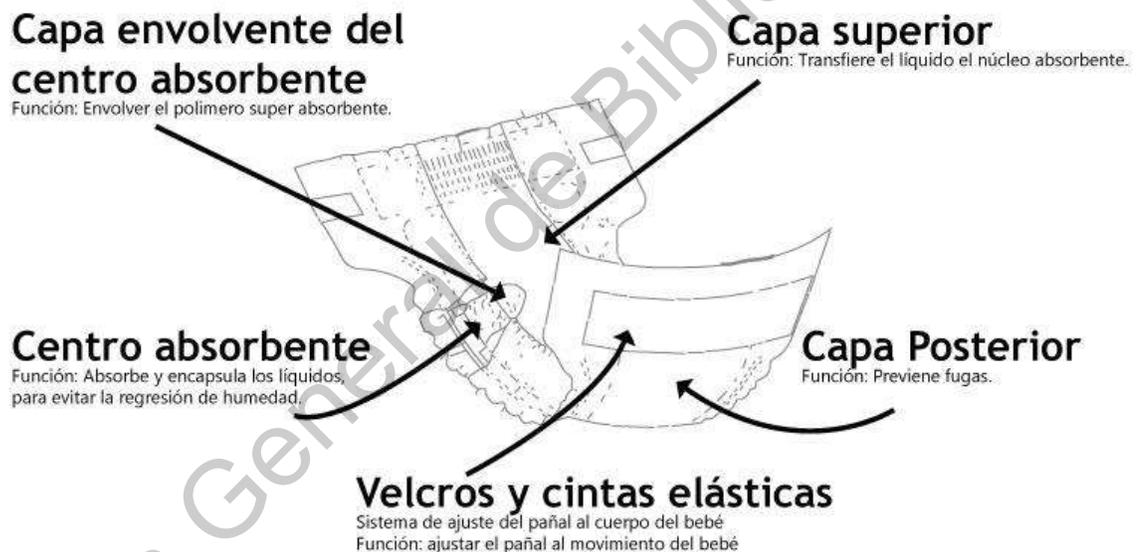


Figura 2.2.1. Capas de un pañal desechable para bebés.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Edana (2019).

Sotelo (2017) en su tesis “Producción de bioH₂ por fermentación oscura a partir de pañales desechables usados” define y clasifica las capas del pañal desechable comercial de la siguiente forma:

- i. Capa impermeable a los líquidos que recubre la superficie interior, hecha de polipropileno no tejido (PP) o polietileno (PEAD)

- ii. Capa prueba de agua en el exterior de la superficie hecha de PP, PEAD, almidón, paño o tejido de caucho.
- iii. Núcleo absorbente (material esponjoso de pulpa) formado por un material fibroso (materiales sintéticos) envuelto en papel resistente al agua.
- iv. Capa de material polimérico súper absorbente, generalmente el poliacrilato de sodio (SAP), que tiene una alta capacidad de unión con agua, por lo que es posible retener la orina dentro de la parte absorbente (la eficiencia de un pañal depende de su capacidad para absorber y retener la orina).
- v. Cintas, elásticos y material adhesivo.

El diseño de los pañales desechables es muy similar entre las marcas representativas del mercado, permitiendo que las capas y los componentes de los pañales sean identificables.

Como lo indica EDANA (2019), las capas que conforman a los pañales desechables para bebés están fabricadas a partir del polietileno y el polipropileno, los cuales pueden tardar hasta 500 años en descomponerse (Valero *et al.*, 2013).

El desarrollo de polímeros sintéticos es uno de los grandes avances del siglo XX y debido a sus características que los hacen muy versátiles (Valero *et al.*, 2013) Sin embargo, el que este material provenga de fuentes no renovables y sea altamente resistente a la corrosión, oxidación y descomposición bacteriana lo hace un material poco sustentable, por esto la industria está en búsqueda de nuevas propuestas de biopolímeros que satisfagan los requerimientos de diseño de productos desechables, cuyo tiempo de vida útil es corto (Quiñones, 2009; Vázquez *et al.*, 2016).

La necesidad de sustituir los polímeros por biopolímeros o por materiales que provengan de fuentes renovables empieza a ser una prioridad para las industrias que fabrican productos desechables como los pañales desechables. Esto se debe a la estrategia de consumo por parte de las empresas, ya que existe un creciente

interés de los consumidores por buscar nuevas alternativas sustentables y amigables con el medio ambiente que mantengan a los bebés limpios y secos (Mirabella *et al.*, 2013).

2.3. Eficiencia de los pañales desechables.

La eficiencia en los pañales desechables está relacionada con la capacidad de absorber y retener líquidos en su interior, ya que el poliacrilato puede absorber hasta 300 veces su peso en seco (Gómez y Cañamero, 2011).

El núcleo absorbente del pañal desechable está fabricado de un polímero super absorbente (en inglés Super Absorbent Polymers o SAP) con base en el poliacrilato de sodio, que tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de soluciones acuosas, esto debido a su estructura molecular, dando como resultado un producto de higiene que puede ser utilizado hasta por ocho horas sin generar irritación o alguna enfermedad como la dermatitis o irritación.

Debido a esto, la innovación en pañales se ha enfocado en mejorar la absorción y aminorar el regreso de humedad. Aumentado el desarrollo de tecnología para diseñar materiales más absorbentes y ligeros que puedan ser utilizados en pañales desechables (Mendoza *et al.*, 2018).

El volumen urinario de los bebés va cambiando conforme su crecimiento, debido a esto los pañales desechables se identifican por etapas. De acuerdo al estudio de Poliuria y Polidipsia los infantes aumentan su volumen urinario como se muestra en el cuadro 2.3.1. (Lumbreras y Pérez, 2014):

Cuadro 2.3.1. Volumen urinario de acuerdo a la edad.

	<i>Edad</i>	<i>Volumen (ml / día)</i>
<i>Recién nacido</i>	1 – 2 días	15 – 20
	4 – 12 días	100 – 300
	15 – 60 días	250 – 450
<i>Lactantes</i>	6 – 12 meses	400 – 600
<i>Niño mayor</i>	2 – 4 años	500 - 750

Fuente: Adaptado de Fernández et al., 2014.

El cuadro 2.3.1. se tomó como referencia para la experimentación de absorción total y regresión de humedad, que se tomará la edad de un lactante de 6 meses.

2.4. Eficacia: Capacidad de absorción

La dermatitis provocada por el uso de pañal está relacionada con la excesiva hidratación de la piel, el daño que genera la fricción de los materiales con la piel del bebé, y el aumento del nivel del PH de la mezcla de la orina con las heces fecales. Estos son los factores que detonan la inflamación, que es un mecanismo natural que trata de reparar la piel, pero al no detener el proceso, esto genera dermatitis y/o dermatitis severa (Blume y Kanti, 2018).

Como lo menciona el estudio de Blume – Peytavi y Kanti, desde que se implementó el uso del polímero super absorbente (SAP) en los pañales desechables, ha disminuido la cantidad de casos de dermatitis severa en la piel de los bebés.

La higiene corporal del bebé es una necesidad tan básica como el sueño o la alimentación. La piel del bebé es especialmente sensible y susceptible a la irritabilidad, manchas, resequedad, y erupciones, esto debido a la madurez en la que se encuentra al nacer el bebé. La piel del bebé es cinco veces más delgada que la de un adulto, conforme el tiempo la piel ésta engrosará. “Gracias a la aparición de los pañales de celulosa desechables, ha disminuido notablemente la

frecuencia de la dermatitis del pañal en comparación con la época de los pañales tejidos.” (Muñoz, 2003)

Debido a esto, la innovación en pañales se ha enfocado en mejorar la absorción y aminorar el regreso de humedad. Desde la década de los 90’s, ha aumentado el desarrollo de tecnología para diseñar materiales más absorbentes y ligeros que puedan ser utilizados en pañales desechables (Dyer, 2005).

2.5. Etapa de pañales desechables.

Actualmente los pañales que se encuentran en tiendas de autoservicio, farmacias y tiendas de conveniencia, siendo clasificados por etapas, correspondiendo al peso y talla del infante. A pesar de que la mayoría de las marcas de pañales desechables cuentan con 7 etapas o tallas para los infantes, estas varían de acuerdo al peso que tienen en cada etapa. Esto se muestra en el cuadro 2.5.1.

Cuadro 2.5.1. Etapa de pañales por marca representativas del mercado.

<i>Edad aprox.</i>	<i>Etapas</i>	<i>Chicolastic</i>	<i>Huggies</i>	<i>Pampers</i>	
1 año	Recién nacido	Menos de 3 kg	Hasta 3.5 kg	De 2 a 4.5 kg	
	Etapa 1	De 3 a 6 kg	De 3 a 5.5 kg	De 3 a 6 kg	
	Etapa 2	De 5 a 8 kg	De 5 a 7.5 kg	De 5 a 7.5 kg	
	Etapa 3	De 7 a 10 kg	De 7 a 10 kg	De 6 a 9.5 kg	
	Etapa 4	De 9 a 12 kg	De 9 a 12 kg	De 9 a 12.5 kg	
	2 años	Etapa 5	De 11 a 14 kg	De 11 a 14.5 kg	De 12 a 15 kg
		Etapa 6	De 13 a 17 kg	Más de 13.5 kg	Más de 14 kg
3 años	Etapa 7	Más de 17 kg			

Fuente: Elaboración propia.

Las etapas de los pañales están diseñadas bajo estos parámetros debido al incremento en el volumen de orina, al peso y a la talla, ya que como se puede observar en el cuadro 2.3.1. “*Volumen Urinario de infantes de acuerdo a la edad*” un infante de 3 años orina el doble que un infante de 6 meses, esto modifica las dimensiones del núcleo absorbente haciéndolo más ancho y largo, así como las medidas máximas de los velcros y cintas y la extensión del pañal. Se puede clasificar cierto rango de edad para las etapas sin embargo estas varían, debido a esto se toma el peso como determinante para ajustar la talla el infante.

2.6. Retos de la Normativa en México.

En México la Normalización de plasma en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y son de carácter obligatorio, elaboradas por Dependencias del Gobierno Federal, mientras las Normas Mexicanas (NMX) de ámbito primordialmente voluntario, promovidas por la Secretaría de Economía y el sector privado, a través de los Organismos Nacionales de Normalización. (Secretaría de Economía, 2016)

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), tienen el objetivo regular los productos y bienes que se consumen en el territorio mexicano para así velar por el patrimonio, la salud de los consumidores, así como del medio ambiente. La Secretaría encargada de promover esta normativa es la Secretaría de Economía y la Procuraduría Federal del Consumidor, que es el agente encargado de vigilar su cumplimiento. Las NOM son de orden obligatorias para poder comercializar dentro del territorio mexicano (Secretaría de Economía, 2010).

Las Normas Mexicana (NMX), son diseñada por instituciones privadas especialista en el ámbito, por ejemplo, El Instituto Nacional de Normalización Textil A.C. (INNTEX) es la Asociación Civil encargada de difundir las normas y certificaciones de textiles. En el catálogo de normativas del INNTEX, se encuentra la normativa para telas no tejidas donde se determina el regreso de humedad y velocidad de absorción de los pañales desechables.

A continuación, se especifica que Normas Oficiales Mexicanas y Normas Mexicanas son aplicables a productos higiénicos absorbentes.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que son pertinentes a la evaluación de los pañales están relacionadas con la información que el fabricante brinda en su empaque, de la cual se evalúa su validez (peso neto, piezas netas, etc.) (Secretaría de Economía, 2019). Estas Normas son obligatorias y deben cumplirse para poder comercializarse dentro del Territorio Mexicano.

- NOM-002-SCFI-2011 “Productos preenvasados - Contenido neto - tolerancias y métodos de verificación.”
- NOM-030-SCF-2006 “Información comercial - Declaración de cantidad en la etiqueta – Especificaciones.”
- NOM-050-CFI-2004 “Información comercial – Disposiciones generales para productos”

Las Normas Mexicanas (NMX), que se aplican a los pañales desechables, son métodos de prueba de laboratorio que miden:

- La cantidad de líquido que retiene en su interior al saturarse el material absorbente, la regresión de humedad al absorber cierta cantidad de líquido.
- La velocidad de absorción de los pañales desechables.

Como ya se ha mencionado, estas no son obligatorias para su comercialización en el país. Las pruebas de laboratorio son ensayos para medir las capacidades máximas de los pañales para bebés. Estas pruebas son realizadas por las marcas en sus laboratorios para verificar la calidad del pañal que están comercializando (Secretaría de Economía, 2016). Las NMX aplicables a pañales desechables son (Instituto Nacional de Normalización Textil, A.C., 2020):

- NMX-A-024-INNTEX-2012 “Industria textil- No Tejidos - Pañales - Determinación del regreso de humedad y velocidad de absorción en pañales desechables para bebé-Método de prueba.”

- NMX-A-049/1-INNTEX-2009 “Industria Textil - Auxiliares absorbentes de orina - Parte 1 - ensayo en producto completo.”
- NMX-A-259/2-INNTEX-2009 “Industria Textil - Determinación del pH del extracto acuoso Parte 2- pH de pañales y toallas higiénicas desechables - Método de prueba.”

En la Figura 2.6.1., se representa gráficamente la inconsistencia de la Normatividad de este tipo de productos desechables, cuyo tiempo de vida útil es de cuatro a ocho horas. Se puede observar que de lado izquierdo se enlista la Normativa pertinente a pañales desechables y del lado derecho las posibles regulaciones, certificaciones y análisis pertinentes que deberían evaluarse para aminorar el impacto ambiental que producen los pañales desechables.

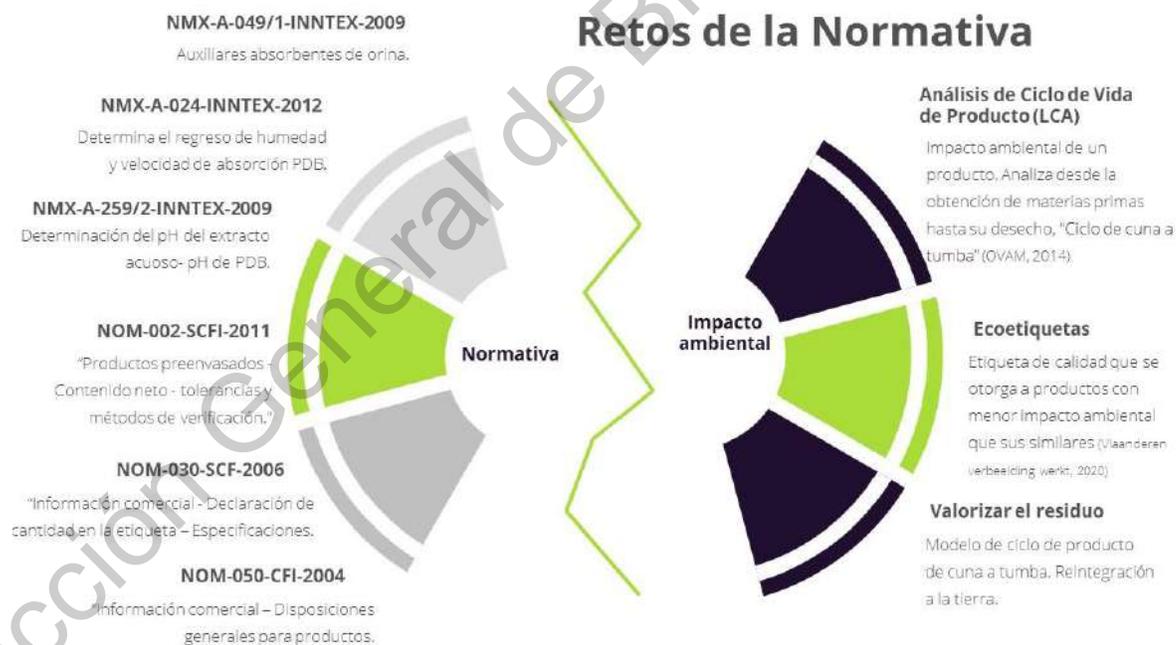


Figura 2.6.1. Retos de la normativa mexicana.

Fuente: *Elaboración propia.*

La Normativa respecto a los pañales desechables está enfocada al desempeño del producto, y no contempla la vida del producto o limita los materiales con los que se fabrican dichos productos.

La importancia de regular este tipo de productos, analizando el ciclo de vida, impacto ambiental, y forma de consumo es prioritario, debido a esto las ecoetiquetas suponen un comportamiento empresarial sustentable el cual podría influir positivamente en la forma de consumo.

México cuenta con sus propias certificaciones y ecoetiquetas que son relevantes para el medio ambiente como la etiqueta Orgánico SAGARPA México y la etiqueta Mariposa Monarca la cual se basa en la Norma Mexicana NMX-N-107-SCFI-2010, que establece el contenido mínimo de fibra reciclada para la fabricación de papel que varía entre el 50 % y el 80 % (Alianza del Pacífico & Fondo de Cooperación Chile México, 2017). Este ejemplo brinda un antecedente para certificar una ecoetiqueta con base en una Norma Mexicana.

El análisis de ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés) debería ser proyectado antes de comercializar algún producto, para visibilizar la cantidad de materias primas necesarias en su producción y así valorizar el residuo de los productos, aminorando su impacto ambiental (Cordella *et al.*, 2015).

III. ANTECEDENTES

3.1. Proyectos mexicanos que valorizan los pañales desechables.

A continuación, se presentan los proyectos que han tenido resultados favorables en cuanto al tratamiento de los residuos de los pañales desechables, brindando una opción para valorizar este tipo de residuo.

2017. Se desarrolla H₂ (hidrógeno) a partir de la fermentación de pañales desechables. Como resultados, se obtuvo bajo rendimiento en la producción de hidrógeno comparado con la fracción orgánica de los residuos sólidos. Afirma que el polímero súper absorbente afecta negativamente en la producción de hidrógeno, por lo cual hay que retirarlo previamente si se quiere eficientar la producción de H₂.

(Sotelo, 2017). El proyecto concluye afirmando que es una propuesta que valoriza el residuo del pañal desechable.

2013. Composteo en pilas aerobias estáticas de pañales desechables usados. Durante 3 meses, se compostean dos pilas con pañales desechables, monitoreando la temperatura, pH, humedad, nitrógeno y materia orgánica, obteniendo resultados satisfactorios, ya que más del 50 % del volumen de los pañales se reduce, logrando una calidad de composta aceptable, de acuerdo a la normativa (Sotelo et al., 2013). Este experimento perfila a este método como una buena opción para el tratamiento de los pañales ya que la degradación de los pañales fue eficiente y que la calidad de la composta resultante es buena para usar en jardinería.

2011. Se estudió la posibilidad de compostar los pañales desechables mediante una revisión de literatura. El experimento de Colón y colaboradores, plantean la posibilidad de compostar este tipo de desecho junto con residuos municipales, concluyendo que este proceso es viable si el residuo es separado de los demás residuos (Colón et al., 2011a).

2002. Estudio comparativo del desarrollo de *Pleurotus ostreatus* utilizando como sustrato pañales desechables y paja. El resultado que se obtiene es la rápida degradación de la celulosa del pañal y la calidad del *Pleurotus ostreatus* (hogos zetas), obteniendo como resultado un producto con el mismo valor nutricional que los hongos cultivados en otros sustratos (Espinosa, 2002).

Los resultados de estos proyectos son contundentes en cuanto a la posibilidad de valorizar el 14 % de los residuos sólidos urbanos generados en México, sin embargo, no se encontraron programas gubernamentales o de agencias privadas que retomen estos proyectos para gestionar activamente el tratamiento de los pañales desechables.

En México se han abierto líneas de investigación para el tratamiento de este residuo, sin embargo, no han tenido éxito debido a la falta de infraestructura y a la complejidad que dicho proceso representa, desde la recolección y separación,

aunque esto no debería ser un impedimento para valorizar este desecho pues como se ha revisado anteriormente, puede ser valorizados. Existen proyectos en el mundo que ya están valorizando este residuo, tal es el caso de la empresa Dycle (2016) en Berlín, la cual ha logrado compostar pañales usados y generar una comunidad de 100 familias dispuestas a usar los pañales compostables y a generar tierra negra a partir de los pañales de sus hijos.

3.2. Biodegradabilidad

Los polímeros han contribuido a importantes beneficios para la sociedad, introduciéndose en productos en diferentes sectores, como es el caso de la higiene y la limpieza de los bebés, sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, su resistencia, flexibilidad y alta resistencia a la corrosión y el deterioro son barreras para su reincorporación a la tierra, lo que genera un sistema lineal de producción el cual no ha cambiado desde la primera revolución industrial y todavía se basa en la extracción de materia prima, la producción de bienes, el consumo y la generación de residuos (Fundación COTEC, 2017).

El sistema lineal no es sostenible, de acuerdo a la Fundación COTEC (2017) debido al aumento de la demanda de los materiales derivados del petróleo, el cual es un recurso no renovable y es poco compatible con un mundo de recursos limitados y de igual forma es limitada la capacidad de adaptación al creciente impacto de las emisiones de agentes contaminantes.

Diseñar productos desde su desecho y no desde su uso resulta imperante, pues reducir los desechos y encontrar formas de valorizar los residuos y cerrar el ciclo de los productos, reintegrándolo, reusándolos o reciclándolos, son los principios de la economía circular, y del ciclo de cuna a cuna de Mc Donough y Braunart (Bocken, 2016).

Debido a esto, se realizaron pruebas de biodegradabilidad, la cual se define como:

Un proceso natural por el cual los productos orgánicos en el medio ambiente se convierten en compuestos simples que dan lugar a procesos de mineralización, restituyéndose a la naturaleza a través de ciclos elementales de transformación, tales como el carbono y el nitrógeno. La biodegradación ocurre en la biosfera como una actividad de los microorganismos presentes en el medio natural. (Brito Brito, Aditivos degradantes de polipropileno y polietileno en pañales desechables, 2007)

La biodegradación es un proceso biológico natural llevado a cabo por reacciones bioquímicas, que puede ser clasificado en función del producto final (Vieyra, 2019; Sotelo, 2013).

IV. HIPÓTESIS

Si se diseña una matriz adsorbente y absorbente que retenga como mínimo 150 mililitros de agua, sea biodegradable y esté compuesta por fibras y celulosas naturales, podría ser considerada para elaborar pañales desechables eficientes y eficaces, que se reincorporen a la tierra en menor tiempo que los pañales comerciales, demostrando un ciclo “de cuna a cuna”, aumentando su percepción de valor frente a las marcas representativas del mercado.

V. OBJETIVOS

5.2. Objetivo general.

Diseñar una matriz a partir de fibras naturales que sea eficiente, eficaz y biodegradable que pueda usarse como pañal desechable, para que su percepción de valor sea mayor a la percibida en pañales desechables comerciales.

5.3. Objetivos particulares

1. Realizar un estudio exploratorio que permita identificar fibras y celulosas que provengan de fuentes renovables y que posean propiedades de absorción e impermeabilidad que un pañal requiere.
2. Seleccionar materiales con las propiedades esperadas y realizar pruebas de impermeabilidad y absorción.
3. Prototipar una matriz con los materiales seleccionados para validar su eficiencia de absorción, capacidad máxima de retención de líquido y regreso de humedad, comparando estas propiedades con las de pañales de marcas comerciales.
4. Comparar el análisis de ciclo de vida y biodegradabilidad de la matriz diseñada con pañales comerciales.
5. Comparar la percepción de valor de la matriz diseñada con pañales comerciales.

VI. METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de este proyecto fue una combinación de la metodología de Design Thinking y la metodología Human Centered Design. Ambas metodologías contemplan que el diseño y la propuesta idónea y con mayor impacto reside en la intersección de: la deseabilidad del proyecto por parte de los consumidores, clientes o usuarios, la viabilidad del proyecto, que se relaciona con el aspecto económico, si el proyecto pueda convertirse en negocio y la tercera intersección es la factibilidad tecnológica.

En la Figura 6.1.1. se puede observar la intersección de estas variables y como indican ambas metodologías, la variable por la que se debe iniciar es por la deseabilidad, que es la investigación previa, tanto a la problemática como al usuario y /o consumidor.

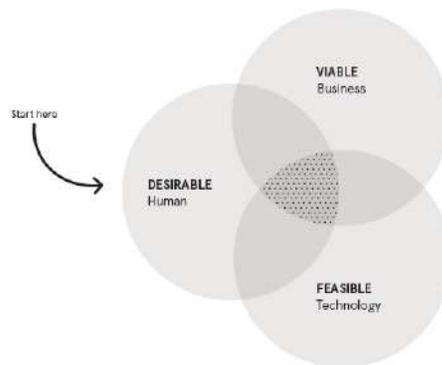


Figura 6.1.1. Para crear un verdadero impacto.

Fuente: Tomado de *The Field Guide to Human-Centered Design*, 2015 (IDEO.org, 2015), pp. 14.

6.2. Metodología Centrada en el Humano (Human Centered Design).

La metodología no es perfectamente lineal, ya que recomienda iterar entre cada etapa para así lograr una solución realmente innovadora, cuyo impacto sea duradero. En la Figura 6.2.1. se ilustra la metodología Centrada en el Humano y posteriormente se explica cada etapa.

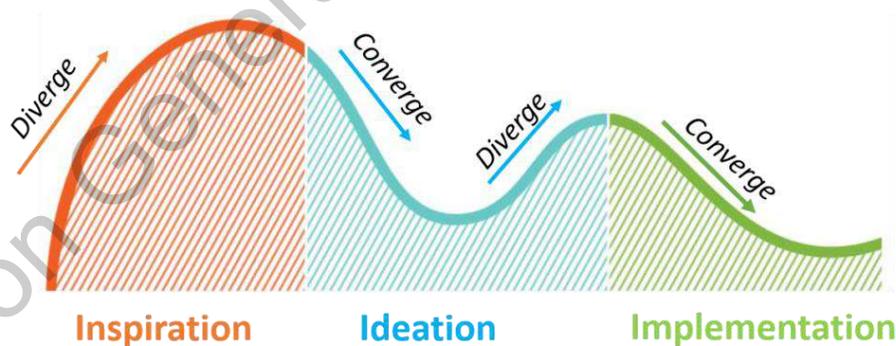


Figura 6.2.1. Metodología Centrada en el Humano.

Fuente: Tomado de *The Field Guide to Human-Centered Design*, 2015 (IDEO.org, 2015), pp. 10.

Las etapas de la metodología son tres y se explican a continuación:

Inspiración: Esta etapa está dedicada al descubrimiento de la mayor cantidad de perspectivas del problema o del usuario. La metodología recomienda el uso de la técnica de los cinco “por qué”, para conocer el verdadero problema y así poderla delimitarla. Investigar sobre innovaciones en el contexto y cuestionar el por qué no han funcionado o porque algunas si han funcionado. Otra fuente de información que sugiere la metodología es escuchar la opinión de los expertos en el tema

Ideación: Esta etapa tiene como objetivo encontrar sentido a lo investigado y así poder generar ideas de forma divergente. Se identifica la oportunidad de diseño y el posible desarrollo de un prototipo y el tipo de prototipo. Se plantean escenarios donde la propuesta solvente la necesidad, la forma de uso, así como el perfil de las personas, lo que conllevar a reflexionar sobre “cómo podríamos...” y así diseñar un prototipo que sea innovador. Finalmente, en esta etapa se busca validar dicho prototipo con los usuarios y que pueda ser retroalimentado y sí es necesario iterarlo con la etapa de inspiración.

Implementación: En la tercera etapa, se lleva la solución a la realidad. Contempla llevar el producto o servicio al mercado y maximizar su impacto en el mundo. Se realiza una estrategia de fondeo, con la finalidad de comercializarla y continuar con el desarrollo e investigación.

6.3. Metodología Design Thinking

Design Thinking es una metodología centrada en el humano, acercándose a la innovación, entendiendo las necesidades de los consumidores. De igual forma que la metodología centrada en el usuario, se basa en la deseabilidad, factibilidad y viabilidad, encontrando en la intersección de estas variables, la propuesta idónea como solución a la problemática planteada como se puede observar en la Figura 6.3.1.

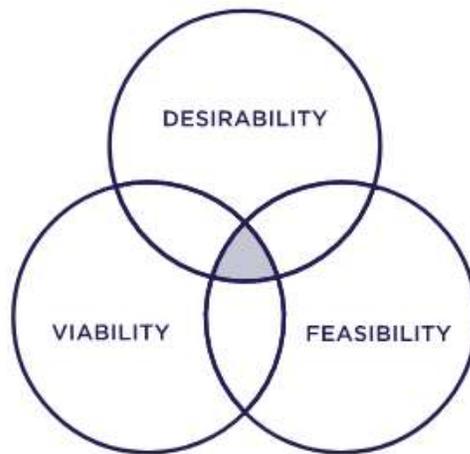


Figura 6.3.1. Variables que integran la metodología Design Thinking.

Fuente: Tomado de Design Thinking, 2021. [www.ideo.com/pages/design -thinking](http://www.ideo.com/pages/design-thinking).

Las fases de esta metodología son explicadas brevemente a continuación, y se ilustra dicha metodología en la figura 6.3.2

Enmarcar una pregunta: Reflexionar y analizar acerca del usuario o del perfil de la persona para la que se está proyectando y lo que realmente necesitan.

Reunir inspiración: Descubrir lo que el usuario requiere desde la observación.

Generar ideas: Utilizar las observaciones para proponer una solución fuera de lo obvio.

Hacer las ideas tangibles: Construir prototipos para saber qué funciona y qué no funciona.

Probar para aprender: Probar el o los prototipos para conseguir retroalimentación e iterar el proceso.

Compartir la historia: Cuando la solución sea refinada, crear una historia que introduzca el producto o servicio a personas como colegas, compañeros, clientes y/o usuarios, con la finalidad de “dar a conocer” el proyecto y recibir retroalimentación.



Figura 6.3.2. Fases de la metodología de Design Thinking.

Fuente: Tomado de *Design Thinking*, 2021. www.ideo.com/pages/design-thinking.

6.4. Adaptación de las metodologías Design Thinking y Centrada en el Humano.

El desarrollo de la metodología planteada en este proyecto contempló etapas de las metodologías DT (Design Thinking) y HCD (Human Centered Design). Se analizó cada etapa de las metodologías, destacando las etapas que son aplicables al proyecto, teniendo como resultado una combinación de ambas metodologías. El análisis se encuentra en la sección de Anexos.

El pensamiento divergente y convergente se retomó de la metodología centrada en humano, que fueron representados por rombos en las fases que se requería generar soluciones para converger en una solución o idea.

En la figura 6.4.1. se ilustran las fases de la metodología propuesta para el proyecto.

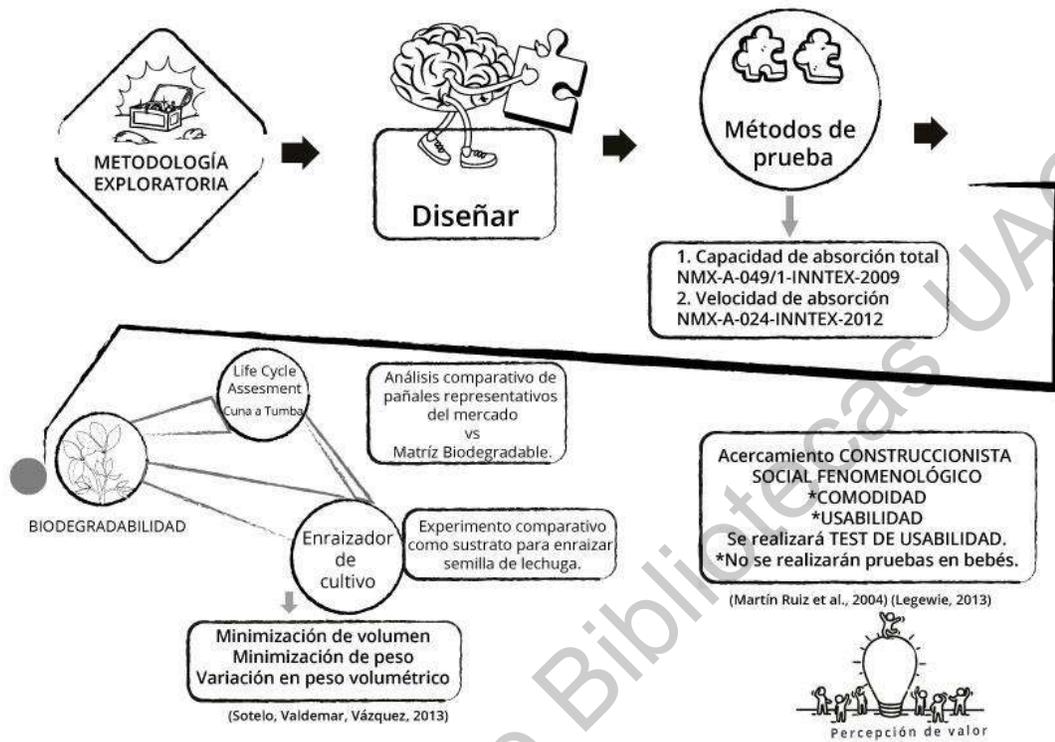


Figura 6.4.1. Metodología del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Se planteó una combinación de ambas metodologías, definiendo las etapas de la metodología diseñada, que se describen detalladamente a continuación y se ilustran en la Figura 6.4.2.

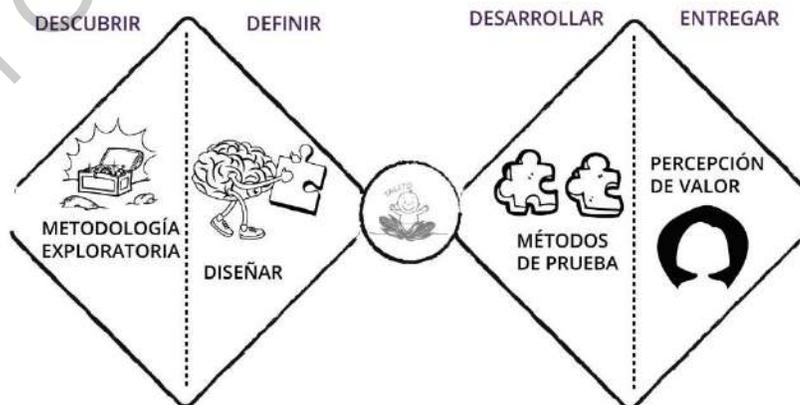


Figura 6.4.2. Metodología aplicada al proyecto

Fuente: Elaboración propia

Fase “Descubrir”

En esta etapa se realizó una revisión de la literatura de las caracterizaciones de fibras, celulosas vegetales, celulosas bacterianas y biopolímeros, bajo los parámetros de absorción, impermeabilidad y biodegradabilidad, esto con el objetivo de identificar materiales potenciales para el desarrollo y diseño de un pañal desechable. Al identificar los materiales se realizaron ensayos de resistencia a la humedad y absorción.

Fase “Definir”

Con base en el análisis de los resultados de la fase anterior, se desarrolló el prototipo, como lo indica la metodología centrada en el humano. Se realizó una mimética de las capas de los pañales comerciales, con los materiales seleccionados que cumplían con las características de impermeabilidad, absorción y biodegradabilidad.

Fase “Desarrollar”

El objetivo de esta etapa fue comparar la matriz con cuatro marcas de pañales desechables y validar sus capacidades de absorción y biodegradabilidad. También se realizaron pruebas de biodegradabilidad, finalmente se analizó el ciclo de vida de la matriz y los pañales comerciales. A continuación, se describen los métodos de prueba en el siguiente orden:

- i) Capacidad de absorción.
- ii) Regresión de humedad.
- iii) Análisis de ciclo de vida (Life Cycle Assessment).
- iv) Biodegradabilidad.
- v) Percepción de valor

6.5. Capacidad de absorción

Se realizaron pruebas de capacidad máxima de absorción basada en la Norma Mexicana NMX-A-049/1-INNTEX-2009. Estas pruebas se llevaron a cabo por triplicado en pañales desechables de cuatro marcas diferentes. El método de prueba se describe a continuación:

Se adquirió un paquete de pañales desechables de cuatro marcas diferentes de etapa seis. De cada marca se tomaron cuatro pañales y de cada pañal se recortaron cuadros de doce por doce centímetros, contemplando solamente la parte central de cada pañal. Se registró el peso inicial de cada muestra en gramos.

Se preparó con anticipación un recipiente de veinte por veinte centímetros por veinte centímetros de altura, con cien gramos de agua. Posteriormente al registro del peso inicial de la muestra, se sumergió dicha muestra en el contenedor con agua filtrada por un tiempo de tres minutos, al terminar este tiempo se dejó escurrir por dos minutos y finalmente se registró el peso final de la muestra. Este proceso se llevó a cabo por triplicado a cada marca de pañales desechables.

6.6. Regresión de humedad.

Método de prueba con base en la norma NMX-A-024-INNTEX-2012

El objetivo de esta prueba es registrar la cantidad en gramos que el material absorbente deja salir cuando el bebé presiona el absorbente. El método de prueba que se realizó se describe a continuación.

Se compraron paquetes de pañales desechables de cuatro marcas diferentes correspondientes de la etapa seis. De cada marca se tomaron cuatro pañales y de cada pañal se recortaron cuadros de doce por doce centímetros, contemplando solamente la parte central de cada pañal. Con estas muestras se llevaron a cabo las pruebas. Primeramente, se registró el peso de cada muestra, posteriormente se pesaron tres gramos de papel absorbente. Se vertieron sesenta gramos de agua filtrada en cada muestra e inmediatamente se colocaron los tres gramos de papel

absorbente y sobre este un peso de 2,500 gramos, durante dos minutos. Al término de los dos minutos se registró el peso del papel absorbente.

6.7. Análisis de ciclo de vida del producto.

Para analizar el ciclo de vida de la matriz desarrollada en este proyecto se empleó la metodología del indicador Ecolizer 2.0 que diseñó la Agencia de Residuos Públicos de Flandes Bélgica, la cual consta de cuatro etapas que se describen a continuación (OVAM, 2014).

Etapa uno. El objetivo principal de esta etapa es conocer el producto que se analizará, y para esto se identifican los materiales con los que está hecho el producto. Para analizar los pañales se procedió a separar las capas de los pañales, identificando el material que se empleó en cada capa. Se registró el peso de cada una de estos materiales identificados.

Etapa dos. En la etapa dos, se realizó un análisis de ciclo de vida del producto en el que se diagramó el tiempo de vida del producto, que inicia en la extracción de materiales, proceso de fabricación, distribución y residuo. Lo que permite visualizar este análisis de ciclo de vida, son los recursos utilizados para crear una unidad funcional.

Etapa tres. Al tener el registro de los materiales y su gramaje, los datos se vacían a la tabla de análisis de ciclo de vida de productos y de acuerdo al tabulador de Ecolizer se asignan los puntos a cada elemento, tomando en cuenta el proceso de transformación de cada material.

Para llenar la tabla, que se presenta en la figura 6.7.1, primeramente se describe el producto, a analizar, Se describe qué es, cuál es su función, quiénes los compran, el tiempo de vida útil, si se recicla o se reusa. Se debe indicar la fecha en la que se realizó el análisis, así como el nombre de la persona que lo realiza.

En la sección de Producción, se indican los materiales y procesos necesarios para fabricar una pieza funcional del producto a analizar. Al indicar un material, se

registra la cantidad (en gramos) que se necesita para su fabricación y dentro del tabulador de Ecolizer se busca el material, y se registra su indicador, para que finalmente en la columna de resultado, se multiplique la cantidad del material por los puntos que indica el tabulador. Este análisis se debe realizar con todos los materiales y procesos de transformación que se deben llevar a cabo para producir una pieza funcional.

En la sección de transporte se mide la distancia que los productos deben viajar para llegar al consumidor final, y de igual forma se analiza el medio de transporte, ya sea por tierra, por mar o aire. Al igual que los materiales, se calcula la distancia aproximada que viajan los productos, tomando en cuenta la ubicación de las plantas de producción y el punto más lejano al que llegan los productos. La distancia en kilómetros se multiplica por el indicador de transporte que se encuentra en el tabulador de Ecolizer en esa misma sección.

En la sección de “uso” se indica si el producto requiere algún tipo de tratamiento durante el tiempo de vida del producto, e igualmente se multiplica por el tabulador del Ecolizer.

En la etapa de “desecho” se indica que partes del producto son recicladas o reusadas, multiplicándolo por el peso de los materiales, y esta vez, el indicador en lugar de sumar al puntaje final, este es restado y se indica con un signo negativo. Si el producto no tiene ningún tipo de gestión, se indica el impacto que genera llevarlo a un relleno sanitario, que de igual forma se puede encontrar en el tabulador de Ecolizer y se coloca en positivo pues representa una carga ambiental del producto.

Al finalizar el registro de cada rubro, se realiza la sumatoria de las fases en las que se analizó el producto: producción, transporte, uso, y desecho (sea negativo o positivo). En la figura 6.7.1. se presenta el formato que se debe utilizar para concentrar la información antes mencionada.

Proyecto:				
Fecha:		Autor:		
Conclusiones:				
Producción				
Materiales o/y procesos	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
			Subtotal	0
Transporte				
Proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
			Subtotal	0
Uso				
Proceso	Cantidad	Indicador	Resultado	
Total				
Desecho				
Material y tipo de proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
			Subtotal	
			Total de todas las fases (mPt)	0

Figura 6.7.1. Formato de análisis de ciclo de vida de productos.

Fuente: Tomado de Ecolizer 2.0 (OVAM, 2014).

Etapas cuatro. Esta fase tiene como objetivo analizar los resultados de las fases anteriores y concluir con los pasos o etapas del proceso de fabricación de cada pieza funcional que tenga mayor impacto y así proponer mejoras al proceso, uso, fabricación, y desecho de los productos.

6.8. Biodegradabilidad

El experimento se llevó a cabo en frascos de vidrio con capacidad de trescientos mililitros y un volumen interno de cuatrocientos treinta y seis centímetros cúbicos. En cada frasco se colocaron veinte gramos de matriz de cuatro marcas de pañales diferentes y por triplicado, el mismo procedimiento se aplicó a la matriz diseñada. Durante sesenta días se expusieron las matrices a condiciones ambientales normales, teniendo una temperatura promedio de veintiuno grados Centígrados. Durante los primeros diez días se agregaron quince mililitros de agua filtrada y se realizaron observaciones cada tercer día. Al finalizar el tiempo de los sesenta días se registró la variación de peso y de volumen de cada muestra.

Dentro de las marcas escogidas para los experimentos, se incorporó una marca que se publicita como amigable con el medio ambiente, la cual será tomada como un testigo positivo para degradación.

Los parámetros que se midieron para validar la degradación durante el proceso fueron:

- Reducción de volumen y peso.
- Presencia de hongos
- Cambio de color
- Rotura

El experimento se basó en la reducción de volumen y peso como se han realizado en los trabajos de tesis de Cabrera (2014) titulado “Biodegradación de pañales desechables usados mezclados con residuos de jardinería por acción de dos hongos” y en el trabajo de “Biodegradación de residuo urbano lignocelulósico por *Pleurotus*”, en el cual se midió la diferencia de peso y volumen, observando crecimiento de hongos, que también es un indicador de biodegradación (Elizalde, 2014; Plaza, 2019; Sotelo *et al.*, 2013).

En la Figura 6.8.1. se puede observar la disposición de las muestras para el experimento de biodegradabilidad.



Figura 6.8.1. Experimento de biodegradabilidad.

Fuente: Elaboración propia

6.9. Percepción de valor.

Desde un acercamiento constructivista social fenomenológico se empleó el análisis temático para determinar, las dimensiones que los usuarios de pañales desechables perciben en el producto, desde la reflexión, diálogo, construcción de sentido compartido y sistematización (Briones, 1996).

Se empleó el análisis temático dentro de un marco epistemológico metodológico de la fenomenología social de Shutz (1932/1967) que se basa en una teoría comprensiva e interpretativa de la acción social que explora la experiencia subjetiva en el mundo de la vida cotidiana de las personas en el que prima el “sentido común” (Mieles *et al.*, 2012).

“El análisis temático, definido como un método para el tratamiento de la información de investigación cualitativa, que permite identificar, organizar, analizar en detalle y reportar patrones o temas a partir de una cuidadosa lectura y re-lectura de la información obtenida, para inferir resultados que propicien la adecuada comprensión / interpretación del fenómeno de estudio” (Braun y Clarke, 2006)

Se realizaron dos grupos focales, en los que se invitaron a participar a madres y padres que tuvieran a su cargo a un niño o niña en etapa de pañaleo. En cada grupo se reunieron siete participantes y por medio del análisis temático, se obtuvieron las dimensiones y factores de valor que percibían en los productos que actualmente utilizan.

A continuación, se presentan las fases del análisis temático y las actividades que se realizaron en los grupos focales con los participantes.

- Fase 1. Familiarización con los datos. En esta etapa se requería conocer la experiencia que habían adquirido los consumidores al usar pañales desechables. Se preguntó “¿Qué pañales han utilizado durante la etapa de pañaleo de sus hijos?” Los resultados de esta etapa se registraron como los primeros conceptos que englobaban dentro del uso y consumo de pañales desechables.
- Fase 2: Generación de categorías. Posterior a la generación de los primeros conceptos, se les pidió que los agruparan.
- Fase 3: Búsqueda de temas. Las agrupaciones fueron tituladas bajo una temática que englobó dichos conceptos.
- Fase 4: Revisión de temas. En esta etapa, los conceptos agrupados en temáticas, fueron revisados por todos los participantes, acordando que la temática era la correcta para los grupos.
- Fase 5: Definición y denominación de temas. Al tener los temas, se les pidió a los participantes que realizaran una breve descripción de la temática, tomando en cuenta los conceptos que se habían agrupado anteriormente.
- Fase 6: Producción del informe final. Finalmente, se recabaron los temas, que se definieron como las dimensiones a evaluar en el siguiente paso de percepción de valor.

Una vez definidas las dimensiones, se realizó una presentación de cinco minutos de duración, en la cual se les brindaba información a los consumidores acerca de la

matriz diseñada. Se presentaron los materiales que la conformaban, así como la matriz en físico. La presentación y el llenado del cuestionario se realizaron, en reuniones personales con los consumidores.

La presentación y el cuestionario se aplicaron a 16 consumidores, esto debido a que los datos recabados se procesaran por medio del Análisis Comparativo Cualitativo.

Posterior a la presentación se les solicitó que contestaran el cuestionario. El instrumento diseñado solicitaba valorar las dimensiones en una escala hedónica de cinco puntos, como se muestra en la Figura 6.9.1



Figura 6.9.1. Escala hedónica utilizada.

Fuente: Elaboración propia

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1. Fase Definir.

Como resultado de la metodología exploratoria se obtuvo la tabla de revisión de biopolímeros en la que se analizó la factibilidad de los materiales y experimentos encontrados. La tabla se estructuró indicando: el nombre del estudio, autoría, año de publicación (no mayor a 10 años), resultados obtenidos y conclusiones, y se analizó de acuerdo a la información obtenida, si el material podía ser empleado para el diseño de capas de la matriz. Esta tabla se podrá encontrar en la sección de anexos, bajo el título de "Revisión y análisis de literatura de materiales potenciales para pañales desechables".

Como resultados se obtuvieron diferentes materiales potenciales, sin embargo, no eran viables, como por ejemplo el biopolímero fabricado a partir del banano por López Galindo (2014), presentó buena durabilidad y aspecto físico, no se consideró como un material potencial para la matriz debido a que en el estado de Querétaro no se cultiva el banano, los principales cultivo del estado son: maíz, trigo, cebada, alfalfa, frijol, y en menor cantidad hortalizas como la lechuga, chile seco, jícama y zanahoria (www.queretaro.gob.mx, 2021).

Se encontró que en la tesis de Hincapié (2018) identifica que la hoja de mazorca posee buena estructura en su fibra lo que la hace potencial para un bioplástico altamente resistente, y lo demuestra realizando pruebas compresión, absorción y rasgado, obteniendo buenos resultados. Como se ha mencionado con anterioridad, el maíz es un cultivo representativo del estado de Querétaro.

Respecto a las celulosas bacterianas, se encontró que este material en sí es considerado un polímero natural, químicamente similar a la celulosa vegetal, y que sus características de cristalinidad, pureza y resistencia son atractivas para el diseño de biomateriales, estas características se pueden mejorar dependiendo de su cultivo, como se demuestra en la tesis de Barreto (2018).

Como resultados, se obtuvo que la celulosa en cultivo de piña y cáscara de piña lograron membranas estables, con buena madurez y resistencia y en cuanto a la caracterización por FTIR, encontraron similitudes del 96 % con compuestos como el papel filtro, celulosa y madera.

Respecto a la hoja de bambú se encontró que tiene el potencial para ser utilizada como refuerzo de materiales compuestos, debido a su composición y fibras encontradas. De acuerdo a la caracterización mecánica de las fibras del bambú colombiano (*Guada angustifolia*), identifica que este material posee características mecánicas a la tensión que sobrepasa a algunas fibras naturales incluso fibras sintéticas que son utilizadas en la industria, tales como, el yute, agave, cáñamo y lino.

Al realizar dicho análisis se determinó que los materiales a usar para el diseño del prototipo de la matriz serían:

- Hoja de maíz
- Hojas de papel bambú
- Celulosa bacteriana inoculada con Kombucha

A estos materiales se les realizó una prueba de impermeabilidad y una caracterización de los materiales basada en la revisión anterior.

Hoja de maíz

El maíz es una planta herbácea anual, nativa del hemisferio norte, originaria de México desde hace unos 10 mil años y que se cultiva en todo el mundo (Prado *et al.*, 2012). En estado de Querétaro se cultivan 672,000 hectáreas de las cuales el 60 % son utilizadas para cultivar maíz (Flores *et al.*, 2017)

La planta de maíz está clasificada dentro del grupo de las monocotiledóneas, las cuales transportan las sales disueltas y los fotosintatos, desde las raíces hacia las hojas y viceversa, a través de los vasos de xilema y floema (Prado *et al.*, 2012).

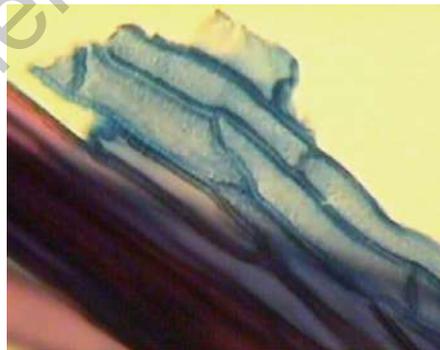


Figura 7.1.1. Segmento de vasos y sistemas del transporte de sustancias presentes en las hojas de mazorca de maíz.

Fuente: Prado Martínez et al., 2012.

La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz (cañas, hojas de maíz, hojas de mazorca de maíz y mazorcas) fluctúa entre las 20 y 35 toneladas por

hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía de 16 a 25 toneladas por hectárea (González, 1995; IDEA, 2007; Imba, 2011)

El ancho de la fibra de la hoja del maíz es similar a otras fibras no maderables, lo cual brinda una ventaja de rigidez y resistencia al rasgado. Debido al alto contenido de holo - celulosas, la hace adecuada para la fabricación de papeles especiales (Prado *et al.*, 2012).

La literatura respecto a la hoja del maíz es limitada, por esto, se realizó un breve estudio para especificar sus características. En la siguiente imagen se puede observar que las hojas tienen un sentido y una nervadura, que brinda flexibilidad.



Figura 7.1.2. Sección longitudinal de hoja de maíz.

Fuente: Elaboración propia.

La hoja de maíz es empleada para artesanía debido a su maleabilidad cuando se humedece y su rigidez al secarse. Esta característica la hace adecuada para tomar cualquier forma sin romperse como se muestra en la Figura 7.1.3. Esta prueba se realizó con la cáscara húmeda y se sujetó a un frasco dejándola secar por un tiempo de treinta minutos.



Figura 7.1.3. Hoja de maíz moldeada.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de impermeabilidad consistió en extender una hoja de maíz sobre una superficie de tal forma que debajo de ésta se colocó tres gramos de papel absorbente, y poder registrar las posibles filtraciones que tuviera la matriz. Se vertieron cinco mililitros de agua y se observó durante dos horas con cincuenta minutos. Durante este período no hubo filtraciones, aunque la hoja de maíz absorbió el agua y se deformó debido a esto, como se puede observar en la Figura 7.1.4.



Tiempo	0 min.	20 min.	50 min.	80 min.	110 min.	140 min.	170 min
Mililitros	5 ml.	10 ml.	15 ml	20 ml	25 ml	30 ml	35 ml

Figura 7.1.4. Prueba de impermeabilidad a la hoja de maíz.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de esta prueba, fueron favorables para el material, indicando que podría ser usado como una capa impermeable, así como el pañal desechable comercial incorpora al diseño una capa de polietileno, que tiene la función de retener y ser impermeable. La hoja de maíz sustituye la capa de polipropileno debido a su característica principal de impermeabilidad.

Biopolímeros con base en la Kombucha.

Como parte de la metodología exploratoria se recopiló literatura de la celulosa bacteriana, definiéndola como un polímero natural, químicamente similar a la celulosa vegetal pero con mayor pureza, cristalinidad y resistencia, que es

sintetizado principalmente por la bacteria *Komagataeibacter xylinus*.(Soriano y Barreto, 2018), la cual produce la Kombucha que es una bebida refrescante que se obtiene de la fermentación de té azucarado haciendo simbiosis con *Acetobacterias* y levaduras naturales tales como la *chizosaccharomyces pombe* (Ashrafi *et al.*, 2018), lo que genera una película del hongo, la cual puede hacerse tan gruesa como se requiera, y al secarse esta película se produce un tipo de piel de animal que tiene muchas posibilidades de diseño y de aplicaciones (García y Auxiliadora, 2019).

Estudios han demostrado que las celulosas bacterianas de este tipo son impermeables al agua y que presentan un hinchamiento al exponerse al agua, esto debido a su capacidad de absorber y retener en su interior cierta cantidad de líquido. Este tipo de celulosas bacterianas pueden retener hasta diez veces su peso en seco debido a su porosidad y a la gran área superficial. Este material posee propiedades hidrófilas (Caicedo *et al.*, 2004). Otras características de esta celulosa bacteriana es la durabilidad, alta resistencia mecánica, biocompatibilidad, moldeabilidad, flexibilidad, insolubilidad, resistencia a la degradación, transparencia y nula toxicidad (Ruka *et al.*, 2015).

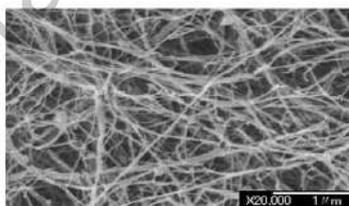


Figura 7.1.5. Imagen microscópica de película de Celulosa Bacteriana, tomada con microscopio electrónico de barrido.

Fuente: Soriano y Barreto, 2018.

La celulosa bacteriana de la Kombucha tiene propiedades de absorción que podrían satisfacer los requisitos de absorción de un pañal desechable.

Se realizó una prueba de absorción e impermeabilidad en ambas capas para conocer el índice de absorción de la matriz y poderla comparar con los pañales comerciales.

En la Figura 7.1.6. se muestra el diseño del experimento, que consistió en colocar sobre una rejilla metálica, la matriz, de celulosa bacteriana y hoja de maíz seca. Debajo de la matriz se colocó papel absorbente color azul para medir la cantidad de solución que fue absorbida y retenida por la matriz.



Figura 7.1.6. Experimento de impermeabilidad y absorción.

Fuente: Elaboración propia

Durante un período de cincuenta minutos se vertieron diez mililitros cada 15 minutos. Al finalizar el experimento se obtuvo que la matriz fue capaz de absorber veinticinco mililitros. Este experimento tuvo la finalidad de observar el comportamiento de ambas capas. El resultado de este experimento resultó satisfactorio para poder utilizar los materiales dentro del diseño de la matriz.

7.2. Desarrollo

Con base en los resultados de la fase anterior se realizaron ensayos para probar la impermeabilidad de la hoja de maíz, dando como resultado una capa impermeable que sustituye la capa posterior plástica de polipropileno o polietileno de los pañales comerciales y una capa absorbente que es el Scoby formado a partir de Kombucha.

El ensayo consistió en extender una hoja seca de maíz y verter 10 mililitros y dejar transcurrir dos horas. Posteriormente, se llevó a cabo la construcción del prototipo, de la matriz, que se presenta evidencia en la figura 7.2.1., en la cual se emplea la celulosa bacteriana a partir de la Kombucha.



Figura 7.2.1. Diseño del prototipo de la Matriz.

Fuente: Elaboración propia

El diseño de matriz se basó en el diseño de los pañales comerciales debido a su construcción, ya que se sustituyó cada capa del pañal por un material proveniente de fuentes renovables.

Prototipado: Estructuración de la matriz:

La matriz fue estructurada de la siguiente forma. La capa posterior de la Matriz es la hoja de maíz debido a su impermeabilidad, y maleabilidad, la segunda capa es la celulosa bacteriana la cual cumplirá la función de absorbente. Estas capas tendrán la función de soportar el material absorbente que es el poliacrilato, que al mismo tiempo será envuelto en una hoja de bambú y la tercera capa es la hoja de bambú que es la capa que está en contacto con la piel de bebé. Se colocaron las capas de acuerdo a su función, como se muestra en la Figura 7.2.2.

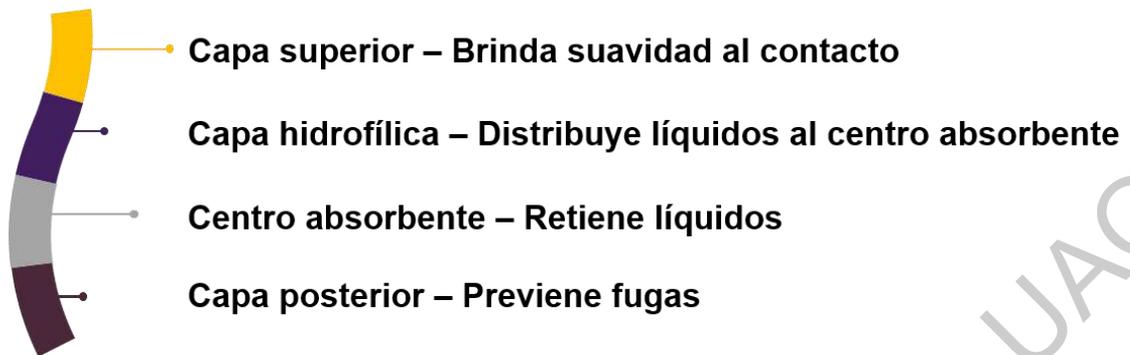


Figura 7.2.2. Orden de capas de un pañal desechable comercial.

Fuente: Elaboración propia

Como se ha demostrado, la hoja de maíz es impermeable, debido a esto se coloca en la parte posterior del pañal para que retenga los líquidos. Posteriormente se coloca la celulosa bacteriana, la cual debe colocarse cuando se retira de la Kombucha ya que, al secarse, esta queda adherida a la hoja de maíz y funciona como elemento de adhesión de todas las capas, esto evita el uso de pegamentos. Debido a que la Kombucha no absorbe líquidos rápidamente como el polímero super absorbente, se colocaron 10 gramos de poliacrilato en polvo para evitar escurrimientos y permitir a la celulosa hidratarse homogéneamente. Finalmente, estas capas fueron envueltas con una hoja de bambú.

La Figura 7.2.3. describe gráficamente la construcción de la matriz diseñada para posible uso en pañales desechables.

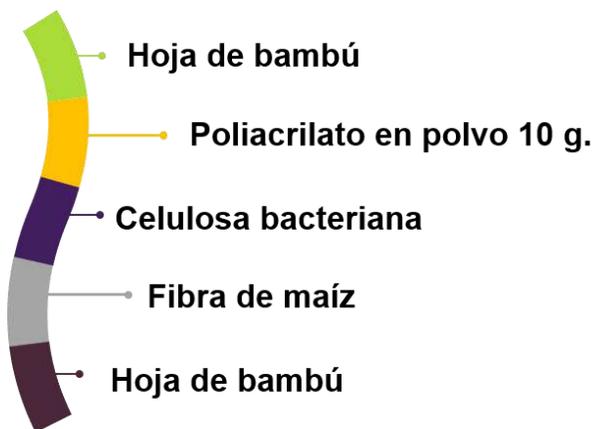


Figura 7.2.3. Diagrama de capas de la Matriz.

Fuente: Elaboración propia

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las pruebas de absorción máxima y regresión de humedad de forma comparativa con la matriz. Estas pruebas se realizaron a cuatro marcas representativas del mercado, así como a la matriz y por triplicado.

7.3. Capacidad de absorción.

Para validar su posible uso en pañales desechables se realizaron pruebas de absorción máxima tanto a la matriz diseñada como a las marcas representativas del mercado. En la Tabla 7.3.1. se muestran los resultados de la prueba:

Cuadro 7.3.1. Resultados de absorción máxima de 4 marcas y la matriz por triplicado.

	Marca # 1		Marca # 2		Marca # 3		Marca # 4		Matriz	
	P. 0 (g)	P. f (g)	P. 0 (g)	P. f (g)						
E.1	9	300	9	376	12	353	9	307	9	127
E.2	9	312	10	332	11	327	8	267	6	150
E.3	9	316	9	337	11	344	9	253	6	145
Promedio	9.0	309.3	9.3	348.3	11.3	341.3	8.7	275.7	7.0	140.7

Fuente: Elaboración propia

Lo que se puede observar en los resultados de absorción máxima, es que la marca que obtuvo mayor absorción fue la Marca # 2 teniendo 348.3 gramos de absorción, mientras que la media de las cuatro marcas y la matriz fue de 318.65 gramos, la marca que retuvo más líquido fue la Marca # 2, absorbiendo 337 gramos de líquido esto es 43 % más que lo que pudo absorber la matriz. Cabe destacar que dicha marca es la que tiene una mayor cantidad de polímero super absorbente. El prototipo de la matriz desarrollada absorbió 145 gramos, en promedio, esta medición se obtuvo con diez gramos de poliacrilato en polvo dentro de la matriz, mientras que el peso de poliacrilato de los pañales desechables es del triple, como es el caso de la Marca #2. La absorción del prototipo podría mejorarse al agregar

diez gramos de poliacrilato a la matriz. Como observación destacable, la Marca # 1 que es testigo positivo de biodegradabilidad tuvo la menor capacidad de absorción de las cuatro marcas comerciales, esto debido a la cantidad de poliacrilato que se agrega al núcleo absorbente.

7.4. Regresión de humedad.

En el cuadro 7.4.1.se registraron los resultados de la regresión de humedad, y se puede identificar que el prototipo tuvo mayor regresión de humedad debido a la mínima cantidad usada de poliacrilato, lo cual puede mejorarse si se aumenta la cantidad de poliacrilato. Alternativamente también se propone intercalar capas de celulosa bacteriana en el núcleo absorbente, debido a su capacidad de adsorción. Cabe destacar que el testigo positivo de biodegradabilidad de las marcas comerciales, que es la Marca # 1, obtuvo el tercer lugar, regresando a la superficie 6.7 gramos de líquido.

Cuadro 7.4.1. Resultados de regresión de humedad por marca.

Regresion (g)	Media	Matriz
6	6.7	Marca # 1
6		
8		
7	6.3	Marca # 2
7		
5		
5	5.7	Marca # 3
6		
6		
5	5.7	Marca # 4
4		
8		
9	11.3	MB
16		
9		

Fuente: Elaboración propia

La matriz diseñada para el proyecto presente tiene una regresión de humedad de 11.3 gramos, siendo ésta la más alta, comparada con pañales desechables, que es

un producto que lleva más de 9 décadas de desarrollo tecnológico. Pertinente sería comparar la matriz con otros productos de higiene como por ejemplo las toallas sanitarias desechables, telas absorbentes, papeles absorbentes y otros materiales como por ejemplo tela 100% algodón y poliéster. Se puede concluir que los resultados que se obtuvieron para la matriz diseñada, se pueden mejorar al aumentar la cantidad de poliacrilato que es el elemento que tiene la función de absorber y rediseñar la matriz empleando los mismos materiales, pero en diferente presentación. El scoby al tener propiedades de absorbancia podría mezclarse con el poliacrilato en polvo y generar una mezcla que sirva como almohadilla absorbente posterior al núcleo absorbente.

7.5. Análisis de ciclo de vida.

Se realizó un diagrama del proceso de producción de un pañal comercial, el cual se muestra en la Figura 7.5.1. Como se puede observar, la primera etapa del proceso de fabricación es la extracción y procesamiento de los materiales, la segunda etapa en la distribución del producto y la tercera es su uso y su desecho. Se puede destacar que el transporte que se emplea para la distribución de este producto de diferentes marcas tiene el mayor impacto ambiental, esto debido a la cantidad de fábricas que tienen las marcas para manufacturar este tipo de productos. Esto indica que estas fábricas son las que distribuyen a todo el territorio mexicano, provocando que los productos viajen largas distancias, por tierra.

Posterior a su distribución, se mide el tiempo de vida útil del producto que en el caso de los pañales se mide en horas. Si un bebé utiliza cuatro pañales desechables diarios, se puede concluir que cada seis horas se cambia el pañal, siendo seis horas la vida útil de los pañales desechables. Posterior a su vida útil se desecha, para que finalmente llegue a los rellenos sanitarios.

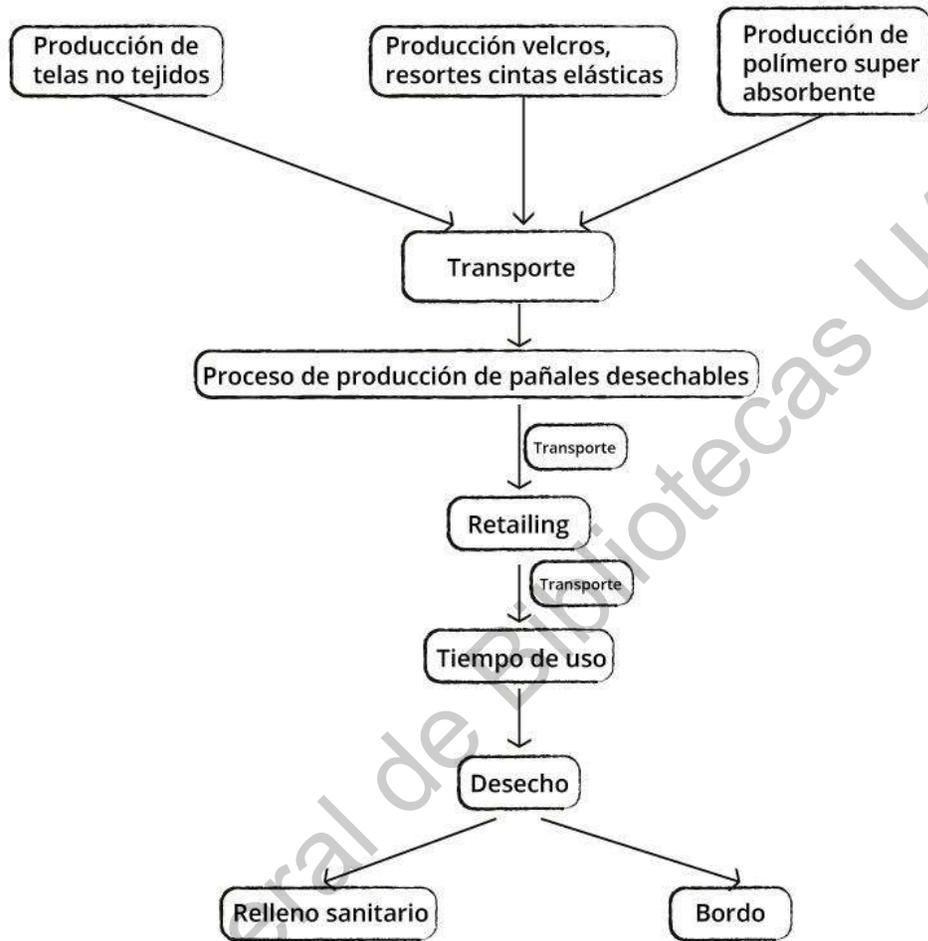


Figura 7.5.1. Diagrama de ciclo de vida de un pañal comercial.

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7.5.2. se muestra el análisis de ciclo de vida de la matriz diseñada. Para fabricar la matriz, se requiere: hojas de maíz y celulosa bacteriana de Kombucha. La hoja de maíz se recolectó de los vendedores de mazorcas establecidos en el municipio del Marqués en el estado de Querétaro. La celulosa bacteriana se cultivó en el Laboratorio de Innovación Social de la Universidad Autónoma de Querétaro Campus Amazcala.

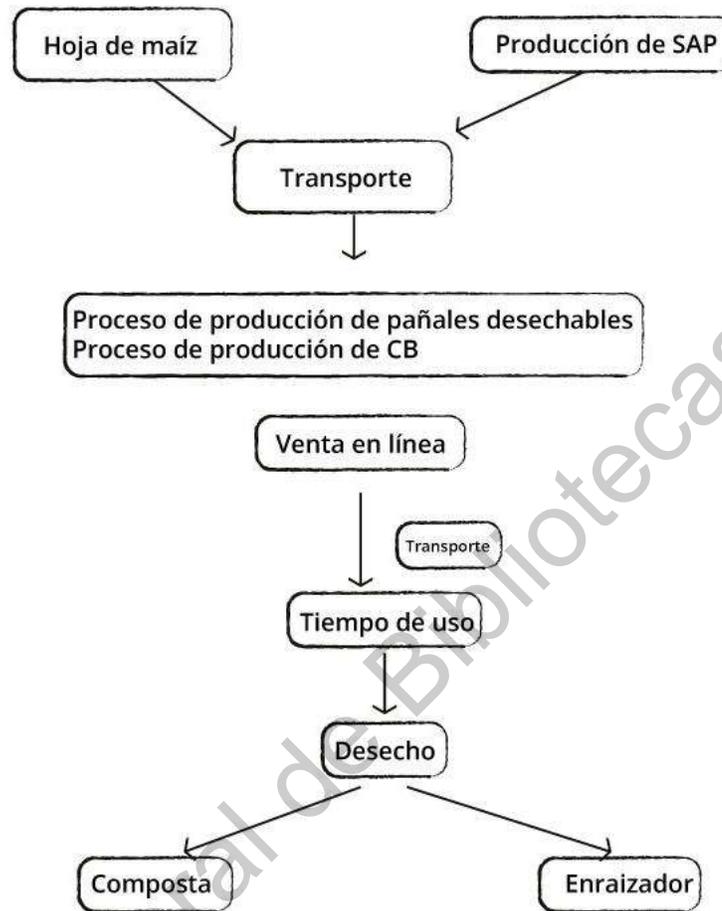


Figura 7.5.2. Análisis de ciclo de vida de la Matriz.
Fuente: Elaboración propia

En los diagramas de ciclo de vida de la matriz diseñada y de los pañales comerciales, se puede observar que hay diferencias en cuanto a la cantidad de materias primas y el transporte requerido para la fabricación de pañales desechables. Para la fabricación de la matriz del presente trabajo se contempla que la celulosa bacteriana se fabrique dentro de las instalaciones dónde se fabricaría la matriz para posible uso en pañales desechables, así como la hoja de maíz se transportarían de los cultivos de maíz cercanos, realizando estas modificaciones en el ciclo de vida, el impacto por pieza funcional se reduce significativamente.

Como resultado destacable, de la comparación de éstos diagramas se puede observar que la sección de desecho es diferente, en cuanto al consumo de los pañales desechables comerciales propone una forma de consumo y de economía lineal y al terminar su vida útil se desecha hasta llegar a los rellenos sanitario, mientras que la matriz, al terminar su uso tiene dos salidas posibles: puede emplearse como composta, debido a los elementos que la componen, es factible poderla compostear y usarla en los cultivos de maíz, generando un ciclo de cuna a cuna. La segunda opción es utilizarla como enraizador de semillas, ya que el poliacrilato del núcleo absorbente retiene agua, este residuo tiene las capacidades idóneas para germinar semillas.

En la fase tres de la metodología del ciclo de vida del producto se cuantificó el material de las cuatro marcas, para lo cual se deshizo cada pañal. Registrando el peso de cada elemento del pañal desechable.

En la Figura 7.5.3., se ilustra la forma como se separó cada pañal, para determinar el tipo de material. En la figura 7.5.4. se muestra evidencia del registro que se realizó de cada material que compone una unidad funcional. Los elementos encontrados fueron:

- Velcros
- Elásticos
- Polímero super absorbente
- Tela no tejida
- Polipropileno



Figura 7.5.3. Despiece de pañal comercial.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7.5.4. Registro de cada elemento de los pañales comerciales

Fuente: Elaboración propia.

De cada elemento se registró su peso y se realizó el llenado de la tabla de materiales para analizar el ciclo de vida. Este ejercicio se aplicó a las cuatro marcas de pañales comerciales y a la matriz. En la sección de Anexos de pueden encontrar las tablas con la información de cada marca.

En el cuadro 7.5.1 se presentan los datos concentrados de los puntos acumulados de cada sección por cada marca de pañal.

Cuadro 7.5.1. Comparativo de análisis de ciclo de vida.

	Marca # 1	Marca # 2	Marca # 3	Marca #4	Matriz
Producción	Mpt.45.7	Mpt.41.9	Mpt.45.1	Mpt.43.5	Mpt.12.4
Transporte	Mpt.15000	Mpt.7500	Mpt.7500	Mpt.10500	Mpt.4500
Desecho	Mpt.1.45	Mpt.1.45	Mpt.1.45	Mpt.1.377	Mpt.-12.48
Total	Mpt.15047.1	Mpt.7543.3	Mpt.7546.6	Mpt.10544.8	Mpt.4500

Fuente: Elaboración propia.

De la siguiente tabla se puede observar que el desecho de la matriz es el único valor en negativo, lo cual indica que el desecho de la matriz, no tiene impacto ambiental, debido a su tratamiento y regreso a la tierra.

La media de puntos de Ecolizer de las cuatro marcas comerciales es de 10,170.45 mientras que el valor de puntos de la matriz es de 4,500, obteniendo un 44% menos puntos que los productos comerciales, esto se debe a la obtención de las materias primas y los procesos que cada elemento para fabricar una unidad funcional.

El transporte de igual forma tiene mayor impacto en los pañales comerciales, debido a la distribución del producto a lo largo del territorio mexicano y el número de plantas que las marcas tienen para fabricar estos productos. Por ejemplo, la Marca #3 cuenta con dos plantas de producción una se ubica en Cuautitlán y la segunda en Puebla, siendo éstas dos las suministradoras de la marca para todo el territorio mexicano, lo que genera un gran impacto ambiental por unidad funcional, debido a esto, se propone que la matriz diseñada no sea transportada más de 50 kilómetros

de su punto de fabricación, y que las materias primas, como las hoja de maíz y la hoja de bambú no provengan de una distancia mayor a los 50 kilómetros.

7.6. Biodegradabilidad.

Los resultados del experimento de biodegradabilidad se presentan a continuación en la Cuadro 7.6.1.

Cuadro 7.6.1. Comparativo de reducción de volumen.

	Volumen inicial en cm ³	Volumen final cm ³	Reducción de volumen en cm ³	Porcentaje de reducción (%)
Marca # 1	346	220	126	36%
Marca # 2	218	187	31	14%
Marca # 3	251	216	35	14%
Marca # 4	261	226	35	13%
Matriz	327	141	186	57%

Fuente: Elaboración propia.

La Matriz propuesta para posible uso en pañales desechables fue la matriz que obtuvo mayor reducción de volumen, que fue de 57 % con relación a su volumen inicial. El testigo positivo de biodegradabilidad que es la Marca # 1, redujo su volumen en un 36 % lo cual es más bajo que la matriz propuesta, aunque es la que tuvo mayor reducción dentro de las marcas comerciales. La marca que tuvo menor reducción de volumen fue la Marca # 4, reduciéndose sólo el 13 % de su volumen inicial.

En el Cuadro 7.6.2., se presentan los resultados obtenidos de la reducción de peso de las matrices. La marca que tuvo mayor reducción de peso fue el testigo positivo a biodegradabilidad (Marca #1), reduciendo su peso en un 30 %, mientras que la matriz diseñada redujo su peso en un 50 %, siendo este el mayor porcentaje de reducción de volumen de las muestras.

Cuadro 7.6.2. Comparativo de reducción de peso.

	Peso inicial (gramos)	Peso final (gramos)	Reducción de peso (gramos)	Porcentaje de reducción de peso (%)
Marca # 1	20	14	6	30%
Marca # 2	20	18	2	10%
Marca # 3	20	18	2	10%
Marca # 4	20	16	4	20%
Matriz	20	10	10	50%

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7.6.1. se presenta la apariencia que tenían las muestras al terminar el período de 60 días. La imagen del lado izquierdo es el resultado de la Marca # 1, la cual es el testigo positivo a biodegradabilidad, y se puede apreciar que las capas plásticas, no presentaron alteraciones de color ni presentaron rotura. La imagen del lado derecho corresponde al resultado final de la matriz, la cual presenta una coloración diferente al material original y presencia de hongos, lo cual sugiere biodegradabilidad.



Marca # 1



Matriz diseñada

Figura 7.6.1. Comparación de biodegradabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

La matriz diseñada para el presente proyecto tuvo mayor biodegradabilidad debido a su composición, pues las fibras vegetales y la membrana celulosa no fueron recubiertas ni tratadas con ningún recubrimiento, lo que propició que su degradación fuera más rápida que la de los polímeros que componen las matrices de los pañales desechables.

La prueba de biodegradabilidad demuestra que la matriz diseñada se degrada en menor tiempo que las matrices de los pañales comerciales, incluso más rápido que la marca que se promociona como amigable con el medio ambiente, y esto se debe a la composición de las matrices. La matriz diseñada, es un antecedente de pañales desechables libre de polímeros cuyos materiales provienen de fuentes renovables.

7.7. Percepción de valor.

El resultado obtenido de los grupos focales, fueron las dimensiones que los usuarios percibían como valiosas en los pañales desechables que consumen, las cuales se presentan a continuación:

Dimensión - Calidad de materiales

Factores:

- Buena sujeción
- Se puede despegar y volver a pegar para revisar el pañal
- Suavidad al contacto con la piel del bebé.
- Sin sensación plástica al contacto.
- Permiten la transpiración.
- Pañales nocturnos que absorban mejor, debido al tiempo que permanecen con el pañal.

Dimensión – Practicidad de uso

Factores

- El diseño de velcros es una buena opción para sujetarlo
- Se puede utilizar incluso cuando se sale de casa.
- Se quita y se coloca rápidamente.
- Se ofrecen varias tallas
- Indicadores de humedad (“Pipisómetro”)

Dimensión – Diseño

Factores

- Materiales agradables.
- Se prefieren diseños blancos pues son libres de pinturas.
- Se prefieren sujetadores anchos para que no se desgasten.

Dimensión – Impacto ambiental

Factores

- Uso combinado de pañales de tela y pañales desechables.
- Búsqueda de pañales amigables con el medio ambiente.
- Separación de los pañales desechables en un contenedor especial.

Como se mencionó en la metodología, las dimensiones definidas fueron evaluadas en la matriz diseñada por medio de un cuestionario en escala hedónica de cinco puntos, obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 7.7.1.

Cuadro 7.7.1. Resultados de evaluación hedónica de las dimensiones de valor.

Escala	Dimensión	Dimensión	Dimensión	Dimensión	Dimensión
	Calidad de materiales	Practicidad de uso	Diseño	Amigable con el medio ambiente	¿Consideras que el producto es apropiado para el uso de tu hijo?
1 - No me gustó nada	0	0	0	0	0
2 -No me gustó	0	0	0	0	0
3 - Indiferente	0	0	1	0	0
4 - Me gustó	7	8	6	3	5
5 - Me gustó mucho	9	8	9	13	11

Fuente: Elaboración propia.

El 98.7 % de las respuestas obtenidas en el cuestionario estuvieron focalizadas en el número 4 y 5 que corresponden a “Me gustó” y “Me gustó mucho”, lo que indica que las dimensiones que los consumidores perciben como valiosa en los pañales desechables también lo valoran en la matriz diseñada.

En la Figura 7.7.1. se muestran las gráficas de las dimensiones evaluadas por los consumidores. Como se puede observar la dimensión respecto al impacto ambiental que genera la matriz diseñada tiene buena aceptación, obteniendo un valor promedio de 4.81. La segunda dimensión con mayor aceptación fue la adecuación de la matriz para su uso en los bebés, obteniendo un promedio de 4.68, en una escala de 5 puntos.

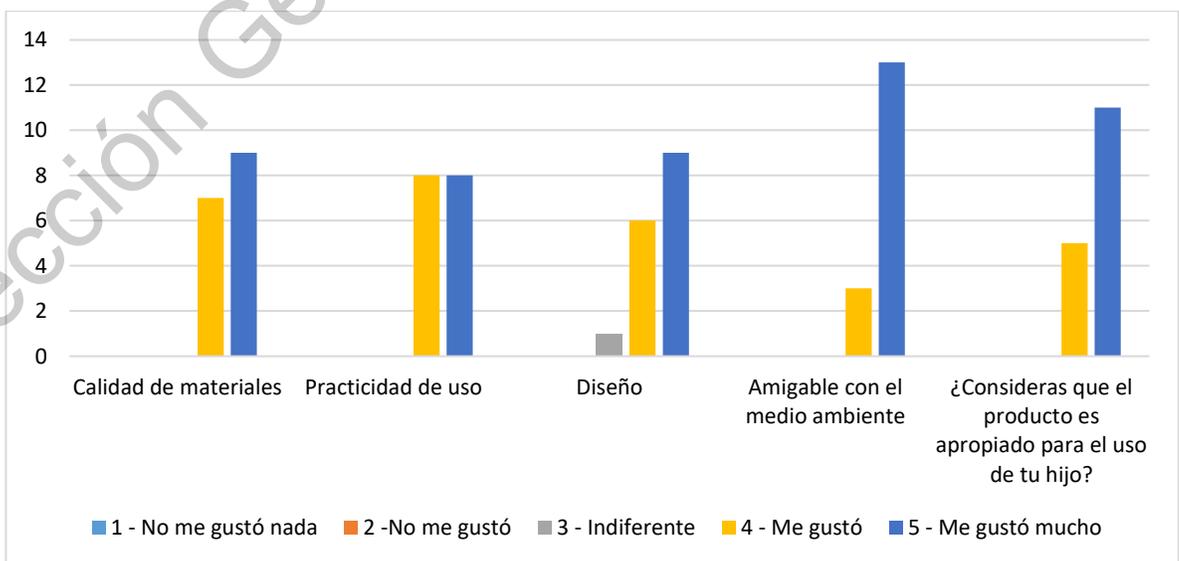


Figura 7.7.1. Evaluación de las dimensiones de percepción de valor.
Fuente: Elaboración propia.

La escala hedónica de cinco puntos permitió indicar las dimensiones que tuvieron mayor aceptabilidad en la matriz, así como las que tuvieron menor aceptabilidad. A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos de cada dimensión.

La primera dimensión evaluada fue la calidad de los materiales (Figura 7.7.2.), la cual tuvo buena aceptación, teniendo el 56 % de las respuestas evaluadas en el nivel 5 de la escala, que es la más alta. Debido a que la matriz, está envuelta en hoja de bambú, la superficie externa de la matriz es suave, lo cual apreciaron como adecuado para la piel sensible de los bebés. También observaron que la matriz no contiene capas plásticas, siendo esto de su agrado, debido a que consideran importante la transpiración de la piel de sus bebés.



Figura 7.7.2. Evaluación de la dimensión "calidad de materiales".
Fuente: Elaboración propia.

La segunda dimensión es la practicidad de uso (Figura 7.7.3.), la cual fue evaluada por el 50 % de la población en el nivel 5 que representa "me gustó mucho", lo que indica que los consumidores aprecian la matriz como un producto "práctico", que pueden utilizar en cualquier lugar y que es fácil de usar.



Figura 7.7.3. Evaluación de la dimensión "practicidad de uso".

Fuente: Elaboración propia.

La matriz propuesta siguió el diseño de los pañales comerciales, debido a que una modificación en el diseño no era pertinente para el proyecto, por esto se siguió el diseño de capas, para conservar el mismo volumen que ocupa un pañal comercial.

El diseño de la matriz (Figura 7.7.4.), fue la tercera dimensión evaluada que obtuvo un 56 % de aceptación.



Figura 7.7.4.. Evaluación de la dimensión "Diseño".

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que no hubo diferencia significativa en el diseño de la matriz comparado con los pañales comerciales, se obtuvo un 6 % de indiferencia en el diseño, pero es significativo que la mayoría de las evaluaciones estuvieran enfocadas en las escalas 4 y 5, lo que indica que perciben como valioso que se conservará el diseño en forma de reloj de arena.

En la Figura 7.7.5. se representa gráficamente la aceptación que obtuvo la matriz diseñada en la dimensión relacionada al impacto ambiental. Es representativo el resultado obtenido para la dimensión 4, debido a que las respuestas estuvieron mayormente enfocadas en el número 5 de la escala hedónica, representando el 81 % de las respuestas.

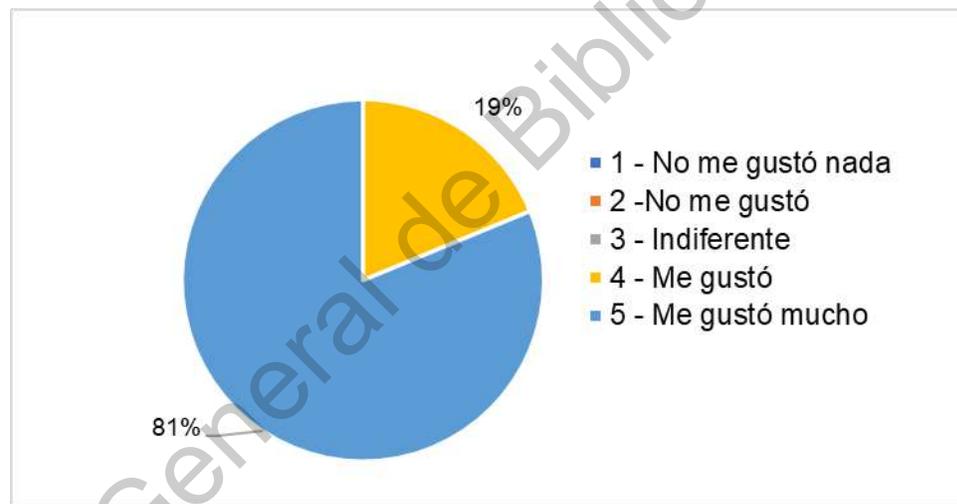


Figura 7.7.5. Gráfica de la Dimensión impacto ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

La cuarta dimensión evaluada obtuvo de igual forma una gran aceptación, obteniendo la mayoría de las respuestas en la escala 5 (Figura 7.7.6.).



Figura 7.7.6. Gráfica de la Dimensión de adecuación
Fuente: Elaboración propia.

Se puede indicar que la matriz diseñada fue aceptada por los consumidores como una opción viable como pañal desechable, debido a que la mayor parte de las respuestas estuvieron concentradas en las escalas 4 y 5, que corresponden a “me gustó” y “me gustó mucho” en todas las dimensiones evaluadas.

De acuerdo al análisis cualitativo comparativo (QCA) se obtuvo la siguiente ecuación booleana, que indica las interacciones que tiene cada uno de los ítems que tiene la encuesta de percepción de valor con el ítem de salida que es “uso adecuado” de la matriz propuesta para pañales desechables.

Cuadro 7.7.7. Consistencia y convergencia de percepción de valor.

Solución	Consistencia	Convergencia
Relación de ítems con el ítem “uso adecuado”	0.98507458	0.88000005

Fuente: Elaboración propia.

La ecuación, muestra que se percibe, la calidad de materiales, practicidad de uso, diseño amigable con el medio ambiente y disposición de uso del producto con una consistencia del 0.9851 y una convergencia de 0.8800 en donde la convergencia indica que la tendencia de la respuesta a la comparación de ítems tiende a 1. Las respuestas de los consumidores se pueden establecer como positivas al analizar la comparativa de los ítems con el ítem de “uso adecuado” siendo está, calificada con el nivel cinco de la escala, siendo la más alta.

El análisis se realizó con el programa Tosmana versión 1.52 (Cronqvist, 2016).

VIII. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones de cada etapa del proyecto.

Materiales propuestos para el diseño de una matriz biodegradable.

La hoja de maíz y la celulosa bacteriana son materiales potenciales para satisfacer las necesidades de absorción y retención de sólidos. El diseño de capas de la matriz que se asemeja al diseño de los pañales comerciales es eficiente y eficaz.

Los materiales empleados en la matriz propuesta, fueron escogidos con base a su capacidad de absorción, impermeabilidad, disposición dentro del estado de Querétaro, procedencia de fuentes renovables, y biodegradabilidad.

Este proyecto plantea una solución de diseño de producto, que utiliza materiales que se encuentran en la zona del Bajío de la República Mexicana y que se pueden producir de una forma sustentable y sostenible. La propuesta de diseño de la matriz para posible uso en pañales desechables podría utilizarse con otros biopolímeros que provengan o sean diseñados a partir de frutos, algas, semillas, desperdicio agroindustrial, etc. localizándolos en diferentes áreas del territorio mexicano.

8.1. Capacidad de absorción y regresión de humedad.

La eficiencia de absorción de la matriz es buena en comparación a los pañales comerciales. Respecto a su regresión de humedad, fue la mayor que los pañales comerciales, debido a la mínima cantidad de Poliacrilato (agente absorbente) que la matriz contiene, ya que el promedio de gramos de Polímero Super Absorbente de los pañales comerciales es de 25 gramos por cada pañal.

Medir la regresión de humedad es importante, ya que es un factor que determina la cantidad de líquido al que la piel está expuesta provocando enfermedades en la piel, debido a esto, se propone que en futuras investigaciones se planteen absorbente naturales con mayor capacidad.

8.2. Análisis de Ciclo de Vida

El análisis de Ciclo de Vida del producto, indica que el impacto ambiental del producto diseñado, es 66% menor que los pañales comerciales y esto se debe a la fuente de las materias primas, el transporte y a su disposición final. Los materiales que se emplean en el diseño de la matriz provienen de fuentes renovables, como ya se ha mencionado. Es importante destacar que los componentes de la matriz diseñada provienen de fuente renovables, mientras que los materiales utilizados para generar las capas plásticas de los pañales desechables comerciales provienen de fuentes no renovables.

La matriz está diseñada para distribuirse dentro de un radio de 60 km del punto de fabricación, ya que como se analizó, el transporte para distribuir este tipo de producto a lo largo de la República Mexicana representa un gran impacto ambiental, aunado a esto, la gestión de recolección y transporte para su tratamiento y reintegración a la tierra, representarían un mayor impacto ambiental.

El modelo lineal de uso y desecho de productos conocidos como de la Cuna a la Tumba o Cradle-to-Grave (C2G), ha demostrado que no es sostenible debido a que los materiales que se emplean en el diseño de los pañales desechables, no se

recuperan o se reciclan y son llevados a los vertederos sin generar valor, mientras que el modelo circular, de Cuna a Cuna conocido internacionalmente como: Cradle-to-Cradle (C2C) propone un crecimiento económico que puede lograrse de manera sostenible mediante el diseño y la fabricación de productos dentro de un ciclo cerrado de materiales, que en última instancia, al final de su ciclo de vida, vuelvan a ser considerados materias primas.

Diseñar productos desechables C2C desde su fase de planeación, vida útil y el final de su vida es imperante para el diseño de productos desechables como los son los pañales (Hauschild, Rosenbaum, & Olsen, 2018).

El ciclo de vida de la matriz está prospectado para que al finalizar su vida útil pueda degradarse en un periodo de 90 a 120 días, que puede generar un residuo valorizado como la composta, en contraste con el pañal desechable, que al finalizar su tiempo útil es llevado a los rellenos sanitarios para su confinamiento generando contaminación al aire y al suelo.

México es un país que se interesa por salvaguardar los recursos naturales y por esto ha implementado normas y leyes que sustentan ecoetiquetas, lo cual indica que es posible diseñar un agente, gubernamental fundamentado en normas y procesos amigables con el medio ambiente, que certifique y regule el desecho de los productos desechables que se generan a partir de una actividad comercial.

Si se impulsan las ecoetiquetas con base en las Normas Oficiales Mexicanas, las compañías elaboradoras de productos desechables avanzarían hacia el desarrollo de procesos limpios, logrando productos cuyo ciclo de vida tendría menor impacto que los actuales que se comercializan, y podrían aminorar significativamente la cantidad de residuos.

8.3. Biodegradabilidad

Debido a los materiales que componen la matriz, y a la omisión de polímeros, la biodegradación fue mayor que en los pañales comerciales. Como ya se ha explicado

anteriormente, los polímeros con los que se diseñan los pañales desechables, han demostrado ser resistentes y altamente absorbentes, sin embargo, su composición impide la rápida degradación, provocando su acumulamiento, debido a esto se llevó a cabo el experimento que demostró que es posible diseñar productos resistentes y absorbente que satisfagan la necesidad de mantener a los bebés limpios y secos, sin perjudicar los recursos de las generaciones futuras. El diseño de productos desechables altamente biodegradables es imperante, debido a su demanda y es importante establecer que los productos de vida útil corta deben degradarse, reutilizarse, o reusarse rápidamente, de tal forma que su residuo no dañe, el medio ambiente.

8.4. Percepción de valor

Medir la percepción de valor está estrechamente relacionado con el sacrificio económico que los consumidores están dispuestos a realizar para obtener productos y a partir de esta compra generar lealtad de marca. En el presente proyecto se realizó esta medición porque es importante que la matriz sea evaluada por el consumidor final y conforme al resultado se analicen las posibilidades de ingresarla a un modelo económico en el que se comercialice de forma que genere ganancia y que sea uno de los primeros productos desechables en México cuyo residuo sea valorizado.

Si la matriz para posible uso en pañales desechables es aceptada por los consumidores y la dimensión de “impacto ambiental” es alta en la matriz, esto indica que los consumidores de este producto están abiertos a posibles productos cuyo residuo sea mínimo o que sea valorizado.

Referencias

- Alvarado Pereda, F. N. (2021). Programa Edúcame en gestión de residuos sólidos domésticos en familias del comedor popular Santísimo Salvador, Las Palmas del Distrito Pachacamac. En *Tesis doctoral* (págs. 90-98). Lima.
- Alianza del Pacífico. Fondo de Cooperación Chile México. (2017). Guía de Etiquetas para un Consumo Sustentable.
- Almaraz Rodríguez, I., Gómez Hernández, D., & Banda Ortiz, H. (s.f.). Importancia del desarrollo sustentable en la Educación en México. 2010. Red Internacional de Investigadores en Competitividad.
- Ashrafi, A., Jokar, M., & Mohammadi Nafchi, A. (2018). Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 444-454.
- Baddi, M. (2004). *Desarrollo sustentable : fundamentos , perspectivas y limitaciones (Sustainable development : fundamentals , prespectives & limitations)*. Mexico.
- Blume-Peytavi, U., & Kanti, V. (2018). Prevention and treatment of diaper dermatitis. *Wiley Pediatric Dermatology*, 19-23. doi:<https://doi.org/10.1111/pde.13495>
- Bocken, N., Pauw, I., Bakker, C., & Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 308-320.
- Bósquez Molina, E., & Vemon Carter, E. (2005). Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 4, 7.

- Brito Brito, O. (2007). *Aditivos degradantes de polipropileno y polietileno en pañales desechables*. Instituto Politecnico Nacional.
- Caicedo, L., de Franca, F., Lopes, L., & Caicedo, M. (2004). Permeabilidad hidráulica e hinchamiento de membranas de celulosa bacteriana. *CENIC Ciencias Biológicas*.
- Colón, J., Mestre Montserrat, M., Puig Ventosa, I., & Sanchez, A. (2013). Performance of compostable baby used diapers in the composting process with the organic fraction of municipal solid waste. *Waste Management*, 1097-1103. doi:10.1016/j.wasman.2013.01.018
- Colón, J., Ruggieri, L., Sánchez, A., González, A., & Puig, I. (2010). Possibilities of composting disposable diapers with municipal solid wastes. *Waste Management & Research*, 249-259. doi:10.1177/0734242X10364684
- Conaco y Servytur México. (2018). Indicadores Querétaro. 0-9.
- Cordella, M., Bauer, I., Lehmann, A., Schulz, M., & Wolf, O. (2015). Evolution of disposable baby diapers in Europe: life cycle assessment of environmental impacts and identification of key areas of improvement. *Journal of Cleaner Production*, 95, 322-331. Obtenido de (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). doi:10.1016/j.jclepro.2015.02.040
- Cronqvist, D. L. (2016). *www.tosmana.net*. Obtenido de <https://www.tosmana.net>
- Design Council. (16 de 11 de 2020). *What is the framework for innovation?* Obtenido de <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>
- Dyer, D. (2005). *EDANA*. Recuperado el 17 de marzo de 2020, de https://www.edana.org/docs/default-source/absorbent-hygiene-products/edana---seven-decades-of-diapers.pdf?sfvrsn=3e24da15_2

Elizalde, S. C. (2014). *Biodegradación de pañales desechables usados mezclados con residuos de jardinería por acción de dos hongos*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, México, Distrito Federal.

Fishery, B. (2019). *Bionanotechnology to save the environment*.

Fundación COTEC para la Innovación. (2017). Situación y evolución de la economía circular en España. Madrid: Fundación COTEC.

Gavito, M., Wal, H., Aldasoro, M., Ayala-Orozco, B., Bullén, A. A., Cach-Pérez, M., . . . Villanueva, G. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 150-160. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>

Gobierno de México. (2020). *México agenda 2030*. Recuperado el 19 de 11 de 2020, de <https://www.gob.mx/agenda2030>

Gómez Crespo, M. Á., & Cañamero Lancha, A. (2011). Juguetes y polímeros superabsorbentes. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 460-465.

Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). *Life Cycle Assessment*. Switzerland: Springer. doi:10.1007/978-3-319-56475-3

IDEO.org. (2015). *The Field to Human-Centered Design*. Canada: Creative Commons. Recuperado el 10 de 3 de 2021

Instituto Nacional de Normalización Textil, A.C. (2020). *INNTEX*. Obtenido de http://inntex.infored.mx/1925639_INNTEX.html

Lane, A., Rehder, P., & Helm, K. (2015). Evaluations of Diapers Containing Absorbent Gelling Material With Conventional Disposable Diapers in Newborn Infants. 0-3.

Lumbreras Fernandez, J., & Amil Pérez, B. (2014). *Poliuria y polidipsia*.

- Mahecha Bustos, G., & Romero Venegas, A. P. (2021). Establecimiento de un plan de manejo para la gestión integral de los residuos generados en cuatro fincas aguacateras en la vereda La Montaña, ubicada en el municipio de Caparrapí. En *Tesis Profesional* (págs. 80-83). Bogotá.
- Martínez Rodríguez, M. C., Mayorga-Pérez, O., Vera-Martínez, M. C., & García Morales, M. I. (2018). Eco.etiquetado y productos verdes: Desarrollo y competitividad. *Tecnología en marcha*, 31(2). doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v31i2.3626>
- Mendoza, J. M., D'Aponte, F., Gualtieri, D., & Azapagic, A. (2018). Disposable baby diapers: Life cycle costs, eco.efficiency and circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 1-23. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.146>
- Mieles Barrera, M., Tonon, G., & Alvarado Slagado, S. (2012). Investigación cualitativa: el análisis temático para el tratamiento de la información desde el enfoque de la fenomenología social. *Universitas humanística*.
- Mirabella, N., Castellani, V., & Sala, S. (febrero de 2013). Life cycle assessment of bio-based products: a disposable diaper case study. *Int J Life Cycle Assess*(18), 1036-1047. doi:<https://doi.org/10.1007/s11367-013-0556-6>
- Muñoz, M. J. (2003). Higiene y cuidados de la piel del bebé. *Elsevier*, 22(3), 6. Recuperado el 24 de marzo de 2020, de <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-higiene-cuidados-piel-del-bebe-13044453>
- Normalización y Certificación NYCE, S.C. (6 de mayo de 2020). *Publican NMX de plásticos compostables*. Recuperado el 12 de octubre de 2020, de [https://www.nyce.org.mx/publican-nmx-de-plasticos-compostables/#iLightbox\[gallery32851\]/null](https://www.nyce.org.mx/publican-nmx-de-plasticos-compostables/#iLightbox[gallery32851]/null)
- Odio, M., & Fallon, S. (2000). Diaper dermatitis and advances in diaper technology. *Current Opinion in Pediatrics*.

- Ontex México. (2020). *Historia*. Obtenido de <http://www.ontexmexico.com/historia.html#NaN>
- OVAM. (2014). *Ecolizer designtool*. Obtenido de OVAM Ecodesign.link: <http://www.ecolizer.be/catalogue/81>
- OVAM. (2020). *Define the environmental impact of your product and make a difference!* Recuperado el 21 de 11 de 2020, de ecolizer tool: <http://www.ecolizer.be/>
- Plaza Verduga, J. E. (2019). *Degradación de celulosa de pañales desechables usados con Bacillus SP.*
- Pozos Vázquez, C., Blanco Padilla, P., Mercado González, M., & Vélez Martínez, G. A. (2018). Almohadilla desechable biodegradable a ser usada en un pañal ecológico. *European Scientific Journal*, 14, 37-47. doi:10.19044/esj.2018.v14n12p37
- Prado Martínez, M., Anzaldo Hernández, J., Becerra Aguilar, B., Palacios Juárez, H., Vargas Radillo, J., & Rentería Urquiza, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques*, 37-51.
- PROFECO. (2019). Estudio de calidad de Pañales desechables para bebés.
- Quiñones, I. J. (2009). Vigilancia tecnológica. *Revista Informador Técnico*.
- Rincón García, E. A. (2006). *Eco-indicadores para empresas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ruka, D., Simon, G., & Dean, K. (2015). Bacterial Cellulose and Its Use in Renewable Composites. *Scrivener Publishing*.
- S.F. Ng, F., Senthilkannan Muthu, S., Li, Y., & C.L. Hui, P. (2012). A critical review on life cycle assessment studies of diapers. *Environmental Science and Technology*. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2012.671746>

SAGARPA, COFUPRO, INIFAP. (2017). Agenda Técnica Agrícola Querétaro. 0-110.

Salazar, V. (2018). *Sobrepoblación y consumo , principales retos para un desarrollo regional sustentable*. México.

Secretaría de Economía. (2010). *¿Sabes qué son las NOM?* Obtenido de Economía para todos: <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/economia-para-todos/tema-del-dia/7903-sabes-que-son-las-nom>

Secretaría de Economía. (17 de 03 de 2016). *Competitividad y Normativa /Normalización*. Obtenido de <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>

Secretaria de Economía. (2016). *Gobierno de México*. Recuperado el 21 de 3 de 2020, de <https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/competitividad-y-normatividad-normalizacion>

Secretaría de Economía. (2019). *Diario Oficial de La Federación*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5263188&fecha=10/08/2012

Secretaría de medio ambiente y recursos naturales. (2004). *Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002, Protección ambiental - incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes*. Distrito Federal: Diario Oficial.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018). Sin popote está bien. *Nuestro ambiente*(17), 1-30. Recuperado el 13 de octubre de 2020, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/327942/Revista_Nuestro_Ambiente_Numero_17.pdf

Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. (2012). *Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011*. Distrito Federal: Gaceta Oficial del Distrito Federal. Obtenido de

http://data.sedema.cdmx.gob.mx/padla/images/stories/normatividaddf/nadf_020_ambt_2011.pdf

Soriano Muñoz, J. M., & Barreto Morales, M. M. (2018). *Síntesis y estudio de propiedades de celulosa bacteriana obtenida de piña y banano, inoculados con kombucha.*

Sotelo Navarro, P. X. (2017). *Producción de bioH₂ por fermentación oscura a partir de pañales desechables usados.* Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco.

Sotelo Navarro, P. X., Espinosa Valdemar, R. M., Beltrán Villavicencio, M., Vázquez Morillas, A., & Ojeda Benitez, S. (2013). *Composteo en pilas aerobias estáticas de pañales desechables usados. VISIR-REDISA.*

Torres Corral, S., Barrientos Becerra, B., Hernández Barriel, M., Gómez Beltran, G., & Macedo Miranda, M. (2011). *Afectación ambiental del tiradero a cielo abierto de Almoloya del Río, Estado de México. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima.*

Tortosa, G. (2013). *Compostando Ciencia Lab.* Obtenido de Divulgación científica sobre suelos, plantas y microorganismos: <http://www.compostandociencia.com/2013/07/azufre-elemental-baja-ph-en-compost-html/>

Valdemar, R. M. (2002). *Estudio comparativo del desarrollo de Pleurotus ostreatus utilizando como sustrato pañales desechables y paja.* Universidad Autónoma de México.

Valvero-Valdivieso, M., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2013). *Biopolímeros: avances y perspectivas. Dyna, 80(181), 171-180.*

Vázquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R., Beltrán Villavicencio, M., & Velasco Pérez, M. (2016). *Bioplásticos y plásticos degradables.* UAM Azcapotzalco y

la Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C.
doi:10.13140/RG.2.1.1294.4241

Vázquez, A., Velasco, M., Espinosa, R. M., & Beltrán, M. (2016). Bioplásticos y plásticos degradables. doi:10.13140/RG.2.1.1294.4241

Vieyra Ruiz, H. (2009). *Elaboración De Polímeros Biodegradables Polietileno-Almidón Y Estudio De Biodegradabilidad.*

Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. doi:10.21897/rta.v12i2.652

Vlaanderen verbeelding werkt. (2020). *EHE KIT*. Recuperado el 15 de octubre de 2020, de <http://ecodesign.vlaanderen-circulair.be/en/tools/ehe-kit>

www.queretaro.gob.mx. (2021). *Descubre Querétaro*. Obtenido de <https://www.queretaro.gob.mx/municipios.aspx?q=RrRbGx+QAUiDKb7jUGdT5g==>

ANEXO I.

Revisión y análisis de literatura de materiales potenciales para el diseño de la matriz.

Título	Autor	Año de publicación	Resultados	Posible uso en pañales desechables.
Desarrollo de una propuesta para la elaboración de un material para empaques de calzado a partir de un aglomerado compuesto de retazos de cuero y lignina extraída de hojas de maíz.	Angela María Garzón Ramírez	2018	Concluye con un material resistente, apto para calzado.	SI
Aprovechamiento de la hoja de mazorca y sus propiedades para la reconversión de una nueva materia prima	Andrea Hincapié Quimbato	2018	Como resultado, se obtuvo un material con propiedades similares a la madera	No
Materiales biopoliméricos desarrollados a partir de micelio y residuo lignocelulósico. Estado de la técnica actual y perspectivas de aplicación en el campo del hábitat.	Natalia Fernández	2020	Resultado de un material con propiedades similares a la madera	No
Uso potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico.	Javier López Giraldo	2014	Se produjo un biopolímero.	Si
Biopolímeros para uso agroindustrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termoplástico biodegradable	Edgar Marinero	2020	Se produjo un biopolímero.	SI

Elaboración de bioplásticos con residuos orgánicos a base de cáscara de plátano y mango para reducir la contaminación por el uso de plásticos sintéticos en Trujillo	Rosario Kelly Chinchayhuara Capa	2018	Se produjo un biopolímero.	SI
Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca	Álvaro Arrieta Almario	2018	Concluye que no es viable en la elaboración de polímeros absorbente	NO
Almohadilla desechable biodegradable a ser usada en un pañal ecológico	Cuahtémoc Pozos Vázquez	2018	Bajo rendimiento en absorción de la almohadilla de tallo maduro de lirio acuático, mejorada al adicionar un polisacárido con capacidad gelificante.	NO
Polímeros naturales absorbentes	Fabiola Rocío Valdivieso Molina	2019	La quinua es de bajo rendimiento en la extracción del almidón debido a que se encuentra en la parte interna del pseudocereal.	NO
Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta	Maribel Prado Martínez	2012	La hoja de maíz es una materia prima idónea para la obtención de papel especial mezclada adecuadamente con bagazo de caña u otro material de fibra larga	SI
Residuos de tallo de maíz como refuerzo de polipropileno	Pere Muthé	2015	El aprovechamiento integral del tallo del maíz es factible para la producción de fibras lignocelulósicas.	SI

Producción y caracterización de un biopolímero obtenido a partir de residuos agroindustriales del cacao	Aguilar Siguenza Samantha Mishel	2019	Concluye que el cacao tipo CCN-51, es un residuo orgánico que puede ser aprovechado para la producción de una celulosa bacteriana (biopolímero)	NO
Síntesis y estudio de propiedades de celulosa bacteriana obtenida de piña y banano, inoculados con kombucha	Tony Coloma Coloma	2018	El cultivo de pula de piña tuvo un crecimiento mayor que el cultivo de cáscara de plátano. La celulosa bacteriana puede ser empleada como material para fabricar bio compuestos como membranas o hidrogeles que sirvan en el área de biomedicina. El método fué por cultivo estático durante 14 días a una temperatura de 26 -28 ° C.	SI
Caracterización mecánica de las fibras del bambú colombiano, Guadua angustifolia	Martín Estrada	2010	El material tiene valores de resistencia y elasticidad son comparables con aquellos en otras especies de bambú y otras fibras naturales. Afirma que pueden ser usados como refuerzo en materiales compuestos.	SI

Dirección General de Biotecnología

ANEXO II.

Análisis de ciclo de vida de la Marca # 1.

Proyecto: Pañal Desechable Huggies etapa 6				
Fecha: septiembre - 2020		Autor: Angélica R.S.F.		
<p>Conclusiones: Pañal de la marca Huggies etapa 6, el cual tiene un tiempo de vida útil de 4 horas. No requiere ningún tipo de mantenimiento. La fabrica de producción que suministra se encuentra en Cuautitlán, pasando al CEDIS de Tepozotlan que distribuye a la zona del Bajío (Querétaro, haciendo un recorrido aproximado de 500 km por vía terrestre.</p>				
Producción				
Materiales o/y procesos	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Polímero super absorbente (SAP) Polipropileno	0.027 kg.	Polipropileno	276	7.452
(P)Blow moulding del Polipropileno	0.027	Polipropileno	123	3.321
Elásticos y velcros. Polietileno	.005 kg.	Polietileno	285	1.425
(P)Laminado	.027 kg.	Polietileno	49	1.323
Capa plástica polipropileno	0.003 kg.	Polipropileno	276	0.828
(P) Laminado	0.003 kg.	Polipropileno	49	0.147
Capa de tela no tejida	0.005kg	Polipropileno	276	1.38
(P) Laminado	.005 kg.	Polipropileno	276	1.38
Pegamento PET	.001 kg.	PET	327	0.327
Empaque	.100 gr	Polipropileno	276	27.6
			Subtotal	45.183
Transporte				
Proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Transporte terrestre	500 km	Lory 16 tn.		15 7500
			Subtotal	7500
Desecho				
Material y tipo de proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Capas	0.035	Polipropileno		36 1.26
Elásticos	0.005	Polietileno		39 0.195
			Subtotal	1.455
			Total de todas las fases (mPt)	7546.638

Análisis de ciclo de vida de la Marca # 2

Proyecto: Pañal Desechable BBTips de Chicolastic etapa 6				
Fecha: septiembre - 2020		Autor: Angélica R.S.F.		
Conclusiones: Pañal BBTIPS de la marca Chicolastic del Grupo Ontex, etapa 6, el cual tiene un tiempo de vida útil de 4 horas. La planta se encuentra en ...				
Producción				
Material o procesos	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Polímero super absorbente (SAP) Polipropileno	0.027 kg.	Polipropileno	276	7.452
Blow moulding	0.027		123	3.321
Elásticos y velcros. Polietileno	.003 kg.	Polietileno	285	0.855
Laminado	.027 kg.	Polietileno	49	1.323
Capa plástica polipropileno	0.003 kg.	Polipropileno	276	0.828
Laminado	0.003 kg.	Polipropileno	49	0.147
Capa de tela no tejida	0.007kg	Polipropileno	276	1.932
(P) Laminado	0.007 kg	Polipropileno	276	1.932
Pegamento PET	.001 kg.	PET	327	0.327
Empaque	.100 gr	Polipropileno	276	27.6
			Subtotal	45.717
Transporte				
Material o	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Transporte terrestre	1000 km	Lory 16 tn.	15	15000
			Subtotal	15000
Desecho				
Material y tipo de proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Capas	0.035	Polipropileno	36	1.26
Elásticos	0.005	Polietileno	39	0.195
			Subtotal	1.455
			Total de todas las fases (mPt)	15047.172

Análisis de ciclo de vida de la Marca # 3.

Proyecto: Pañal Desechable Bio Baby etapa 6				
Fecha: septiembre - 2020		Autor: Angélica R.S.F.		
Conclusiones: Pañal desechable Bio Baby de la compañía Ontex México. La planta que distribuye pañales está en Puebla.				
Producción				
Materiales o/y procesos	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Polímero super absorbente (SAP) Polipropileno	0.027 kg.	Polipropileno	276	7.452
Blow moulding	0.027		123	3.321
Elásticos y velcros. Polietileno	.003 kg.	Polietileno	285	0.855
Laminado	.027 kg.	Polietileno	49	1.323
Capa plástica polipropileno	0.003 kg.	Polipropileno	276	0.828
Laminado	0.003 kg.	Polipropileno	49	0.147
Capa de tela no tejida	0.006kg	Polipropileno	276	1.656
Pegamento PET	.001 kg.	PET	327	0.327
Empaque	.100 kg	Polipropileno	276	27.6
			Subtotal	43.509
Transporte				
Material o proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Transporte terrestre	700 km	Lory 16 tn.	15	10500
			Subtotal	10500
Desecho				
Material y tipo de proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Capas	0.035	Polipropileno	36	1.26
Elásticos	0.003	Polietileno	39	0.117
			Subtotal	1.377
			Total de fases (mPt)	10544.886

Análisis de ciclo de vida de la Marca # 4.

Proyecto: Pañal Desechable maca Kleen Bebé etapa 6				
Fecha: septiembre - 2020		Autor: Angélica R.S.F.		
Conclusiones: Pañal de la marca Kleel Bebé etapa 6, el cual tiene un tiempo de vida útil de 4 horas.				
Producción				
Materiales o/y procesos	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Polímero super absorbente (SAP) Polipropileno	0.024	Polipropileno	276	6.624
(P) Blow moulding del Polipropileno	0.024		123	2.952
Elásticos y velcros. Polietileno	0.004	Polietileno	285	1.14
(P) Laminado	0.024	Polietileno	49	1.176
Capa plástica polipropileno	0.003 kg.	Polipropileno	276	0.828
(P) Laminado	0.003 kg.	Polipropileno	49	0.147
Capa de tela no tejida	0.002	Polipropileno	276	0.552
(P) Laminado	0.002	Polipropileno	276	0.552
Pegamento PET	.001 kg.	PET	327	0.327
Empaque	.100 gr	Polipropileno	276	27.6
			Subtotal	41.898
Transporte				
Proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Transporte terrestre	500 km	Lory 16 tn.	15	7500
			Subtotal	7500
Desecho				
Material y tipo de proceso	Cantidad	Material	Indicador	Resultado
Capas		0.035 Polipropileno	36	1.26
Elásticos		0.005 Polietileno	39	0.195
			Subtotal	1.455
			Total de fases (mPt)	7543.353

ANEXO III.

Cuestionario de Percepción de Valor.

Edad:

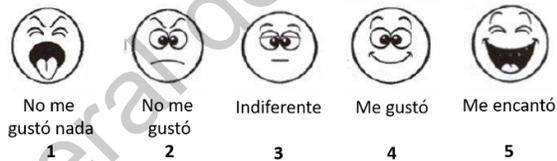
Edad de tu hij@:

Instrucción: Prueba la muestra de pañal e indica tu nivel de agrado, marcando en la reacción la que mejor defina su aceptación para cada uno de los atributos evaluados.

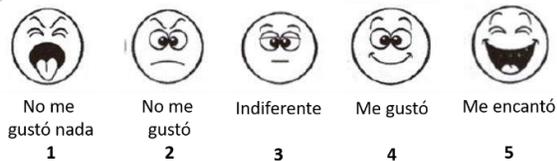
1. Calidad de materiales



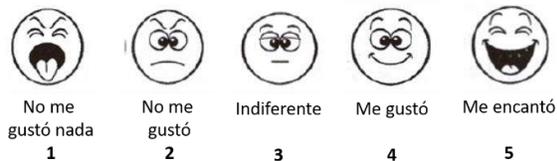
2. Practicidad de uso



3. Diseño



4. Amigable con el medio ambiente



5. ¿Consideras que el producto es apropiado para el uso de tu hijo?



No me gustó nada
1



No me gustó
2



Indiferente
3



Me gustó
4



Me encantó
5

¿Por qué? _____

¡¡Muchas gracias por tu participación!!