

Diseño de una familia de envases reciclables a partir de procesos de moldeo y plegado de un material compuesto de pulpa de celulosa y subproductos de café, caso de estudio: cafeterías

Ariadna Rodríguez Chaparro y Juan Camilo Triana León

Trabajo de Grado para optar el título de Diseñador Industrial

Director

Germán Enrique Vargas Linares

M.Sc. Desarrollo sostenible y medio ambiente

Codirector

John Faber Archila Díaz

PhD. Ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

Por parte de Ariadna Rodríguez Chaparro:

Con mucho cariño dedico este trabajo inicialmente a mis padres y hermana por apoyarme durante todo el proceso de aprendizaje y enseñarme lo importante de estudiar para lograr cambios en la sociedad.

A mis amigos por siempre brindarme soporte en cada situación que los necesité.

Y a él por aportarme tranquilidad y ayuda incondicional.

A todos ustedes, muchas gracias, su contribución fue muy importante para la elaboración de este proyecto y la obtención de este nuevo logro.

Por parte de Juan Camilo Triana León:

A mami y a papi, a ellos les debo TODO lo que soy y lo que he logrado en la vida, y sin el apoyo de ellos no estaría alcanzando este nuevo logro, a ellos infinitas gracias.

A Juli, por siempre estar y ser la persona más valiosa que me pudo dejar esta experiencia.

A mis amigos, por haberme dado la mejor experiencia de mi vida, los mejores recuerdos y haber hecho de todo este proceso algo inolvidable.

Al resto de mi familia, que me dieron un extraño tipo de apoyo y me motivaron a ser mejor.

Agradecimientos

Gracias a nuestros directores de proyecto, Germán Enrique Vargas Linares y John Faber Archila Díaz, por enseñarnos, corregirnos y brindarnos su ayuda durante el desarrollo de este proyecto.

Gracias a los docentes que nos acompañaron durante todo nuestro proceso educativo y nos compartieron el conocimiento que hoy nos permite estar obteniendo este título.

Gracias a la escuela de Diseño Industrial, y a la Universidad Industrial de Santander por haber sido nuestro hogar durante estos años.

Y finalmente muchísimas gracias a nuestra familia y amigos que no solo contribuyeron de alguna manera con nuestra formación profesional, si no que además nos ofrecieron apoyo, compañía e incondicionalidad en nuestras situaciones cotidianas.

Tabla de Contenido

Introducción	14
1. Definición del problema	16
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo general.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos.....	16
1.2 Descripción del Problema	16
1.3. Contextos que Originan la Situación de Estudio	18
1.3.1. Sector Plástico y Papelero.....	18
1.3.2. Sector Cafetero.....	19
1.4 Descripción del Proyecto	20
1.4.1 Esencia del Producto.....	20
1.4.2 Propuesta de Valor.....	20
1.5 Alcances del Proyecto.....	21
2. Marco Teórico.....	21
2.1 Subproductos del Café	21
2.1.1 Definición y Generalidades.....	21
2.1.2 Tipos y Propiedades de los Subproductos del Café.....	22
2.1.3 Residuos Obtenidos del Proceso del Café	23
2.1.4 Producción de Café en Colombia	24
2.2 Papel.....	24
2.2.1 Definición y Generalidades.....	24
2.2.2 Propiedades del Papel	25
2.2.3 Proceso de Fabricación Industrial	26
2.2.4 Proceso de Fabricación Artesanal.....	27
2.2.5 Impacto Ambiental.....	28
2.2.6 Ciclo de Vida del Papel.....	30
2.3 Resina de Pino.....	32
2.3.1 Definición y Generalidades.....	32
2.3.2 Derivados de la Resina de Pino	33
2.3.3 Componentes y Usos.....	33
2.3.4 Producción y Proceso de Obtención	34
2.3.5 Impacto Ambiental.....	36
2.4 Cera de Abeja.....	36
2.4.1 Definición y Generalidades.....	36
2.4.2 Usos y Aplicaciones.....	37
2.4.3 Componentes y Propiedades	38
2.4.4 Producción y Proceso de Obtención	38
2.4.5 Impacto ambiental.....	39
2.5 Chamota	41

2.5.1 Definición y Generalidades.....	41
2.5.2 Proceso de Obtención y Componentes	41
2.5.3 Ventajas de su Integración a Otros Materiales	42
2.5.4 Impacto Ambiental.....	42
2.6 Material Biodegradable.....	42
2.6.1 Definición y Generalidades.....	42
2.6.2 Compostaje de Material Biodegradable.....	42
2.6.3 Impacto Ambiental.....	45
2.7 Envases de Uso Único	45
2.7.1 Definición y Generalidades.....	45
2.7.2 Tipos de Envases.....	46
2.7.3 Normativa para la Fabricación de Envases.....	47
2.7.4 Pruebas para el Material.....	48
2.7.5 Métodos de Producción.....	50
2.8 Cafeterías	51
2.8.1 Definición y Generalidades.....	51
2.8.2 Productos y Distribuciones	51
2.8.3 Tendencias Ambientales	52
2.8.4 Envases	52
3. Metodología	54
3.1 Empatizar	55
3.1.1 Objetivo.....	55
3.1.2 Método	55
3.2 Definir	56
3.2.1 Objetivo.....	56
3.2.2 Método	56
3.3 Idear	57
3.3.1 Objetivo.....	57
3.3.2 Método	58
3.4 Prototipar.....	58
3.4.1 Objetivo.....	59
3.4.2 Método	59
3.5 Evaluar	59
3.5.1 Objetivo.....	60
3.5.2 Método	60
4. Definición de Stakeholders	61
4.1 Clientes	61
4.1.1 Selección de Cafeterías	61
4.1.2 Resultados de la Aproximación Contextual.....	62
4.2 Usuarios Secundarios.....	63
4.2.1 Resultados de la Aproximación Individual.....	63

4.3 Usuarios Primarios.....	63
4.3.1 Selección Inicial de Muestra.....	64
4.3.2 Resultados de la Aproximación Individual.....	64
5. Definición de Requerimientos	65
5.1 Método Kano	65
5.2 Variables y Unidad de Medida	66
6. Proceso Creativo	67
6.1 Método SCAMPER	67
6.1.1 Concepto: Medusa	68
6.1.2 Concepto: Ave Alcatraz.....	69
6.2 Selección de Alternativas.....	70
6.2.1 Concepto: Medusa	70
6.2.2 Concepto: Ave Alcatraz.....	72
6.3 Alternativas Finales	73
6.3.1 Concepto: Medusa	73
6.3.2 Concepto: Ave Alcatraz.....	74
7. Diseño y Pruebas Preliminares	75
7.1 Modelos Iniciales 3D	75
7.1.1 Renderizado de los Vasos	75
7.1.2 Renderizado de los Platos	76
7.1.3 Renderizado del Empaque	76
7.2 Prototipos Según el Test	77
7.3 Pruebas del Material	78
7.3.1 Material para el Vaso y el Plato.....	78
7.3.1.1 Determinación del Material.	78
7.3.2 Material para el Empaque	83
7.3.2.1 Determinación del Material	83
7.4 Verificaciones	86
7.4.1 Análisis del Momento de Volcadura.....	87
7.4.2 Análisis Estático de los Envases	91
7.4.3 Medición del Volumen de los Envases.....	93
7.4.4 Almacenamiento de los Envases.....	95
7.4.5 Pruebas de Migración y Microbiológicas del Material.....	97
7.4.6 Descomposición del Material de los Envases.....	99
7.4.7 Revisión de Costo de los Envases.....	100
7.4.8 Sistema de Sellado de los Envases.....	101
7.5 Validaciones.....	101
7.5.1 Apariencia Formal-Estética de los Envases.....	102
7.5.2 Sistema de Agarre de los Envases	104
7.5.3 Trasmisión de Temperatura de los Envases.....	106

7.5.4 Comodidad de los Envases	107
7.5.5 Usabilidad de los Envases.....	107
8. Modelos finales y construcción	108
8.1 Bocetos de los Envases	108
8.1.1 Concepto: Medusa	108
8.1.2 Concepto: Ave Alcatraz.....	108
8.2 Renderizado de los Envases.....	109
8.2.1 Concepto: Medusa	109
8.2.2 Concepto: Ave Alcatraz.....	110
8.3 Construcción de Prototipos	111
8.3.1 Vasos y Platos	111
8.3.2 Empaques.....	113
8.4 Prototipos Finales de los Envases	114
8.5 Evaluaciones de los Modelos Finales	116
8.5.1 Revisión de Costos.....	116
8.5.2 Prueba de Sellado de los Envases	120
8.5.3 Prueba de Usabilidad	124
9. Diseño final de los envases	130
9.1 Evaluación Final de Alternativas	130
9.2 Diseño a Detalle.....	131
9.3 Kai Sabi en Contexto de Uso	134
9.4 Impacto ambiental de Kai Sabi.....	135
10. Conclusiones	138
11. Recomendaciones	140
Referencias.....	141

Lista de Tablas

Tabla 1. Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1.000 g de café cereza	23
Tabla 2. Métodos para la elaboración de la pasta	27
Tabla 3. Consumo en la fabricación de una tonelada de papel	29
Tabla 4. Técnicas de obtención de resina de pino	35
Tabla 5. Usos de la cera de abeja	37
Tabla 6. Propiedades de la cera de abeja	38
Tabla 7. Medidas para prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales generados durante el proceso productivo	39
Tabla 8. Componentes de la chamota	41
Tabla 9. Tipos de envases	46
Tabla 10. Normativa para la fabricación de envases	47
Tabla 11. Tendencias ambientales	52
Tabla 12. Empatizar	55
Tabla 13. Definir	56
Tabla 14. Idear	58
Tabla 15. Prototipar	59
Tabla 16. Evaluar	60
Tabla 17. Resultados de la aproximación contextual	62
Tabla 18. Resultados de la aproximación individual	63
Tabla 19. Resultados de la aproximación individual	64
Tabla 20. Método Kano	65
Tabla 21. Variables y unidad de medida	66
Tabla 22. Alternativas iniciales vs SCAMPER: Concepto Medusa	68
Tabla 23. Alternativas iniciales vs SCAMPER: Concepto Ave alcatraz	69
Tabla 24. Selección de alternativas: Concepto Medusa	70
Tabla 25. Selección de alternativas: Concepto Ave alcatraz	72
Tabla 26. Modelado 3D: Vasos	75
Tabla 27. Modelado 3D: Platos	76
Tabla 28. Modelado 3D: Empaques	76
Tabla 29. Prototipos según el test	77

Tabla 30. Determinación del material	79
Tabla 31. Composición del material final	82
Tabla 32. Proceso de elaboración del material	82
Tabla 33. Determinación del material	84
Tabla 34. Composición del material final	85
Tabla 35. Proceso de elaboración del material	85
Tabla 36. Resultados de la evaluación: Concepto Medusa	87
Tabla 37. Resultados de la evaluación: Concepto Ave alcatraz	89
Tabla 38. Resultados de las pruebas mecánicas	91
Tabla 39. Resultados de la evaluación	93
Tabla 40. Resultados de la evaluación	95
Tabla 41. Resultados de la prueba de migración	97
Tabla 42. Resultados de la prueba microbiológica	97
Tabla 43. Resultados de la evaluación de compostaje	99
Tabla 44. Escalas de descomposición	100
Tabla 45. Factores para el desarrollo de los test de validación	102
Tabla 46. Modelos 3D: Familia A	109
Tabla 47. Modelos 3D: Familia B	110
Tabla 48. Procedimiento para desarrollar los vasos y platos	111
Tabla 49. Procedimiento para desarrollar los empaques	113
Tabla 50. Prototipos de alta fidelidad	114
Tabla 51. Costos familia A: Concepto Medusa	116
Tabla 52. Costos familia B: Concepto Ave alcatraz	117
Tabla 53. Costos familia C: Benchmarking	118
Tabla 54. Tabla comparativa de las 3 familias: Costos unitarios	119
Tabla 55. Resultado de la evaluación sellado: Concepto Medusa	120
Tabla 56. Resultado de la evaluación sellado: Concepto Ave alcatraz	122
Tabla 57. Evaluación final de alternativas	130
Tabla 58. Matriz Conesa: Envases plásticos	136
Tabla 59. Matriz Conesa: Envases Kai Sabi	137

Lista de Figuras

Figura 1. Producción mensual de café en miles de sacos de 60 kg	24
Figura 2. Ciclo de vida del papel	31
Figura 3. Consumo mundial de colofonia en el 2007	34
Figura 4. La decisión en 5	46
Figura 5. Alternativas: Concepto Medusa	73
Figura 6. Alternativas: Concepto Ave alcatraz	74
Figura 7. Atributos físicos	102
Figura 8. Promedio de apariencia formal – estética	103
Figura 9. Facilidad de agarre	104
Figura 10. Promedio de facilidad de agarre	105
Figura 11. Transmisión de temperatura	106
Figura 12. Promedio de comodidad de agarre	107
Figura 13. Rediseño de envases: Concepto Medusa	108
Figura 14. Rediseño de envases: Concepto Medusa	108
Figura 15. Satisfacción de uso	124
Figura 16. Satisfacción de uso promedio	125
Figura 17. Aspectos positivos de la interfaz de usuario	126
Figura 18. Problemas de interfaz de usuario	127
Figura 19. Eficiencia	128
Figura 20. Eficiencia	128
Figura 21. Eficacia	129
Figura 22. Familia de envases Kai Sabi	132
Figura 23. Diseño a detalle: Vaso	132
Figura 24. Diseño a detalle: Plato	133
Figura 25. Diseño a detalle: Empaque	133
Figura 26. Envases en contexto de uso	134
Figura 27. Marca Kai Sabi	134
Figura 28. Marca en contexto de uso	131

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Benchmarking

Apéndice B. Resultados de aproximación contextual

Apéndice C. Resultados de aproximación individual

Apéndice D. Secuencia de uso

Apéndice E. Usuarios arquetipo

Apéndice F. Mapas de empatía

Apéndice G. Resultados del método Kano

Apéndice H. Diagrama UPAC

Apéndice I. Requerimientos del Producto

Apéndice J. Moodboard

Apéndice K. Conceptboard

Apéndice L. Resultados SCAMPER

Apéndice M. Fichas técnicas de verificación

Apéndice N. Fichas técnicas de validación

Apéndice O. Branding

Apéndice P. Planimetría

Apéndice Q. Evidencia de prueba de migración de los envases

Apéndice R. Evidencia de descomposición del material de los envases

Apéndice S. Evidencia de prueba de sistema de agarre de los envases

Apéndice T. Evidencia de prueba de transmisión de temperatura de los envases

Apéndice U. Evidencia de prueba de comodidad de los envases

Apéndice V. Evidencia de prueba de usabilidad de los envases

Resumen

Título: Diseño de una familia de envases reciclables a partir de procesos de moldeo y plegado de un material compuesto de pulpa de celulosa y subproductos de café, caso de estudio: cafeterías¹

Autores: Ariadna Rodríguez Chaparro² y Juan Camilo Triana León²

Palabras clave: Envases, residuos sólidos, productos de uso único, subproductos del café, celulosa y cafeterías.

Descripción: A raíz de la problemática ambiental generada por los procesos productivos y métodos de consumo de carácter lineal de los plásticos de un solo uso, la contaminación por residuos orgánicos derivados de actividades cafeteras en Colombia y la falta de empaques amigables con el medio ambiente dentro de los establecimientos de venta de alimentos; el proyecto propone una familia compuesta por tres tipos de envases reciclables: empaque, vaso y plato, fabricadas a partir de procesos de moldeo y plegado de un material compuesto principalmente de pulpa de celulosa obtenida de papel reciclado y subproductos del café, además de otros componentes naturales, para mejorar las características físicas de estos. El objetivo de proponer esta alternativa de carácter reducible, reutilizable y reciclable, tomando como caso de estudio las cafeterías, es reemplazar el embalaje sintético convencional para reducir el uso de recursos no renovables y disminuir la cantidad de residuos sólidos generados por este. Para diseñar estos envases se tuvo en cuenta a los usuarios, empatizando con ellos a través de aproximaciones individuales y validaciones con prototipos para determinar el cumplimiento de los requerimientos de diseño; y, por otra parte, para comprobar que el material y características de los envases eran adecuadas para su uso en cafeterías, se hicieron aproximaciones contextuales y pruebas de verificación.

¹ Trabajo de grado.

² Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director: Germán Enrique Vargas Linares. Codirector: John Faber Archila Díaz.

Abstract

Title: Design of a family of recyclable packaging from molding and folding processes of a material composed of cellulose pulp and coffee by-products, case of study: coffee shops³

Authors: Ariadna Rodríguez Chaparro⁴ y Juan Camilo Triana León⁴

Key Words: Packaging, solid waste, single-use products, coffee by-products, cellulose and coffee shops.

Description: As a result of the environmental problems generated by the production processes and consumption methods of a linear nature of single-use plastics, the contamination by organic waste derived from coffee-making activities in Colombia and the lack of environmentally friendly packaging within the food vending establishments; The project proposes a family made up of three types of recyclable packaging: bag, glass and plate, manufactured from molding and folding processes of a material composed mainly of cellulose pulp obtained from recycled paper and coffee by-products, as well as other natural components to improve the physical characteristics of these. The objective of proposing this reducible, reusable, and recyclable alternative, taking cafeterias as a case study, is to replace conventional synthetic packaging to reduce the use of non-renewable resources and reduce the amount of solid waste generated by it. To design these containers, the users were considered, empathizing with them through individual approaches and validations with prototypes to determine compliance with the design requirements; and, on the other hand, to verify that the material and characteristics of the containers were suitable for use in cafeterias, contextual approximations and verification tests were carried out.

³ Degree work.

⁴ Physical Mechanical Engineering Faculty. Industrial Design School. Director: Germán Enrique Vargas Linares. Codirector: John Faber Archila Díaz.

Introducción

En los últimos años se ha podido evidenciar el acelerado crecimiento de los niveles de contaminación y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), generando así una crisis ambiental conocida como cambio climático. Uno de los responsables de esta problemática es la industria de embalaje que con la fabricación de envases y productos plásticos de un solo uso incrementa el porcentaje de residuos sólidos en rellenos sanitarios e islas de basura, además, en su proceso de obtención, fabricación y degradación se liberan toxinas volátiles, afectando los ecosistemas aéreos, terrestres, y acuáticos (Pérez, 2018).

En Colombia se consumen más de un millón de toneladas de plástico al año, donde más de la mitad corresponde a los de uso único (Greenpeace Colombia, 2018). Este consumo lineal y la deficiencia de gestión de residuos sólidos, ha causado que este producto al finalizar su etapa útil se acumule en el medio ambiente y después de un tiempo se desintegre en fracciones tóxicas más pequeñas, incorporándose así, en la cadena alimenticia de los seres vivos; a diferencia de la materia orgánica que se descompone de manera natural y facilita su reincorporación en nuevos ciclos a través del reciclaje.

Aunque el papel se considera como una materia prima menos contaminante en la industria de embalaje, sus métodos de producción y consumo son de carácter lineal, es por esto que el sector papelerero también se ve envuelto en problemas ambientales como la deforestación y la emisión de gases de efecto invernadero. Esto deriva de una mala gestión de desechos sólidos y aguas residuales, el uso de químicos que producen organoclorados (compuesto resistente a la degradación natural) y el abuso energético e hídrico en el proceso de fabricación del papel.

A raíz de dicha problemática, en los últimos años se ha propuesto la implementación de nuevos materiales para la elaboración de envases con un proceso de producción y degradación más amigable con el medio ambiente. Estos se caracterizan por ser biodegradables, de naturaleza reciclable y elaborados a partir de fibras naturales obtenidas de residuos orgánicos derivados de actividades agrícolas y del reciclaje de la celulosa.

En este proyecto se diseñó Kai Sabi, una familia de tres tipos de envases reciclables: empaque, vaso y plato, fabricada en un material biodegradable compuesto en su mayoría por desechos orgánicos provenientes de industrias como la papelera, de construcción y cafetera.

Para la fabricación del vaso y del plato, se realizó un proceso de moldeo de un material hecho de borra, endocarpio, chamota y resina de pino con cera de abejas para su adhesión; y para la fabricación del empaque, se realizó un laminado de un material hecho de pulpa de papel reciclado y endocarpio, para posteriormente realizar un corte a láser a las láminas y plegar las piezas obtenidas.

Finalmente, esta propuesta se estudió a través de validaciones con usuarios y verificaciones de prototipos, para obtener una alternativa de carácter reducible, reutilizable y reciclable que genera menos efectos adversos para el ambiente comparado con los envases plásticos, representando así una solución para disminuir la cantidad de residuos sólidos generados por los productos de uso único.

1. Definición del problema

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Diseñar una familia de envases reciclables a partir de procesos de moldeo y plegado de un material compuesto de pulpa de celulosa y subproductos del café, destinada a cafeterías.

1.1.2 Objetivos Específicos

Estudiar el contexto de las cafeterías, identificando las necesidades del cliente y usuarios.

Definir los requerimientos de diseño para cada envase de la familia.

Proponer alternativas de diseño para la familia de envases teniendo en cuenta la optimización del material.

Construir prototipos funcionales a través de procesos productivos de moldeo y plegado del material compuesto, para realizar validaciones con los usuarios y verificaciones según los requerimientos de diseño.

Verificar que la familia de envases cumple con los estándares de sanidad y representa una solución para disminuir la cantidad de residuos sólidos generados por los productos de uso único.

1.2 Descripción del Problema

Actualmente en Colombia se vive una crisis ambiental debido a la contaminación por el uso excesivo del plástico, se consumen 1.250.000 toneladas al año, donde el 56% es de uso único y es producido por la industria de embalaje. Además, cerca del 74% de estos envases son los desechos que se encuentran con mayor frecuencia y terminan en rellenos sanitarios o islas de basura (Greenpeace Colombia, 2018). Por otra parte, la industria del papel también se ha unido a la elaboración de estos productos, representando el 48% de la producción anual del sector en el

país, es decir, 601.286 toneladas (Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017), dando origen a problemas forestales, energéticos, hídricos y emisión de gases de efecto invernadero.

La problemática ambiental causada por el plástico inicia desde su fabricación, dicho material proviene de combustibles fósiles, representando aproximadamente el 6% del consumo de petróleo mundial y trayendo como consecuencia una contaminación evidente en el aire, la tierra y los mares. Durante su ciclo de vida, se liberan toxinas y nano partículas que se adhieren al aire y a los suelos para posteriormente hacer parte de la cadena alimenticia de los seres vivos; además, el exceso de estos desechos al finalizar su etapa útil ha provocado la acumulación de aproximadamente 13 millones de toneladas de residuos plásticos en cinco islas de basura en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, donde mueren cerca de 100.000 especies marinas al año (ONU, 2020).

Los envases, botellas, envoltorios de comida, pitillos y bolsas comerciales se han convertido en los productos más nocivos para el medio ambiente debido a que su uso se limita al transporte y protección de alimentos o bebidas que se consumen en el momento y posterior a esto, son desechados para terminar en rellenos sanitarios o ensuciando los entornos diarios. Incluso se registra que el consumo de estos productos per cápita al año en Colombia, equivale a 13 kg de plástico, donde solo se recicla el 7% de su producción total (Diario Occidente, 2019), y 16 kg de papel donde el 77% corresponde a la tasa de recolección (Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017).

Con base en lo mencionado, es posible deducir que la mayoría de los métodos de producción y consumo que existen en el país son de carácter lineal, lo que ocasiona la generación de toneladas de residuos sólidos que perjudican los ecosistemas y los seres vivos que habitan dentro de ellos. Es decir, es necesario reducir la fabricación de plásticos de un solo uso,

implementando la aplicación de materiales biodegradables y promoviendo el reciclaje dentro del sector papelerero; con el fin de reemplazar dichos sistemas por unos de carácter reducible, reutilizable y reciclable.

1.3. Contextos que Originan la Situación de Estudio

1.3.1. Sector Plástico y Papelerero

En Colombia se generan 12 millones de toneladas anuales de residuos sólidos y se recicla el 17%; mientras que en Bucaramanga la cifra es de 309 kilogramos al año por persona y sólo es reciclado el 2% (Cárdenas Mateus, 2019). Dentro de estos residuos sólidos, los más significativos son los provenientes del plástico y papel, que han aumentado debido a la gran demanda dentro de la industria de embalaje.

El sector plástico tiene un alto impacto en la actividad industrial de Colombia, pues representa el 15% del PIB manufacturero y su producción puede clasificarse de la siguiente manera: 55% representa la fabricación de envases; 22%, los plásticos para la construcción (tuberías, tejas y similares); el 9%, los plásticos para la agricultura (películas para invernadero); el 7%, los productos para el hogar (sillas, mesas, baldes, cepillos de dientes); y el 6%, otros productos como accesorios para vehículos, juguetería, artículos deportivos y partes de máquinas (Peña, 2019).

Se estima que en el país una persona usa alrededor de seis bolsas plásticas semanales, 288 al año y 22.176 en un promedio de vida de 77 años (Greenpeace Colombia, 2018). Este uso constante inició desde 1950, cuando su producción comenzó a ser a gran escala y los desechos de este material no biodegradable se empezaron a acumular, e incluso hasta el día de hoy aún existen residuos de esa época.

Por otra parte, en la industria nacional de papel y cartón, los envases representan casi la mitad de la producción del sector en el país; del total de 15 empresas productoras de papel y cartón en el país, 9 están afiliadas a la Cámara de la ANDI representando el 85% de la producción nacional del sector. Esta cámara trabaja para evidenciar que la industria de Pulpa, Papel y Cartón es sostenible (Cámara de la industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017).

Debido a que las empresas nacionales requieren de soluciones de empaque para sus productos, el sector papelerero ha empezado a fomentar el reciclaje durante los últimos años, aprovechando la naturaleza biodegradable del papel y poniendo en marcha cadenas de recolección de este material después de su consumo, para integrarlos nuevamente a su proceso de producción como materia prima (Cámara de la industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017).

1.3.2. Sector Cafetero

El sector cafetero se clasifica en privado y público, el primero es manejado en su totalidad por la federación nacional de cafeteros que envuelve cada uno de los procesos del café colombiano, logrando involucrar toda una interrelación entre los procesos de producción, suministro de insumos, comercialización e industrialización; y el segundo aunque también es manejado por esta federación, se ve regulado por las diferentes instituciones y organismos del estado, con el propósito de seguir consolidando el posicionamiento con la calidad, el rendimiento y sostenimiento de este producto en el mercado internacional (Bermúdez, 2019).

Colombia, el tercer productor mundial de café, después de Brasil y Vietnam, presentó en el año 2019 una máxima producción mensual de 1680 sacos de 60 kg de café. Además, su actividad cafetera industrial creció 10,3% en este mismo año, confirmando el importante aporte de la producción de café a la economía colombiana (Federación de cafeteros, 2020). Por otra parte, se estima que el 85% de los colombianos consume café, de los cuales el 39% lo hace en el hogar,

como segundo sitio en la oficina y en tercer lugar en los establecimientos comerciales (Amador, 2018); y el consumo per cápita al año de café en el país es de 1,5 kilogramos (Amador, 2019).

1.4 Descripción del Proyecto

Kai Sabi es una familia de envases reciclables (taza, plato, y empaque) fabricada a partir de un material biodegradable compuesto principalmente de pulpa de celulosa y subproductos del café, con el fin de reemplazar los productos plásticos de uso único que se utilizan actualmente en las cafeterías.

1.4.1 Esencia del Producto

Es una familia compuesta por 3 tipos de envases: taza, plato y empaque fabricados a partir de materiales biodegradables que tiene un sistema de cierre y/o sellado que evita el derrame de bebidas y alimentos, para facilitar su transporte. El material de estos envases cumple con las normas de sanidad e inocuidad y es resistente a la fuerza aplicada en el contexto de uso de cafeterías; además son estables, visualmente atractivos, mantienen su contenido (alimento/bebida) climatizado sin trasmitirla a las manos del usuario y brindan comodidad en su manipulación y transporte.

Debido a que esta familia va a estar en contacto directo con alimentos y bebidas, el material debe cumplir con las normas sanitarias establecidas por el Ministerio de salud y protección social en la Resolución 683 DE 2012.

1.4.2 Propuesta de Valor

Kai Sabi es una familia de envases reciclables para cafeterías que ofrece protección al producto alimenticio, comodidad en su manipulación y transporte, con un diseño enfocado en las necesidades y satisfacción de los usuarios. Tiene como ventaja diferencial las características de su material, ya que, al estar hecho de materia orgánica a partir de la pulpa de celulosa, subproductos

de café y otros componentes naturales, se convierten en productos biodegradables que cumplen con las normas de sanidad e inocuidad, favoreciendo así al medio ambiente y a la salud del usuario.

1.5 Alcances del Proyecto

El proyecto propone una familia de envases reciclables compuesta por tres tipos de productos: empaque, taza y plato, a partir de procesos de moldeo y plegado de un material compuesto principalmente de pulpa de celulosa del papel, borra y endocarpio del café. Esto, con el fin de reemplazar los productos de uso único utilizados actualmente en las cafeterías, como una alternativa para promover el reciclaje dentro del sector cafetero y papelerero, disminuyendo la cantidad de residuos sólidos generados por este tipo de productos.

Para ello es necesario investigar el contexto de estudio, identificando los requerimientos de cada envase; construir los prototipos mediante los procesos productivos de moldeo y plegado, teniendo en cuenta los estándares sanitarios; y realizar las respectivas pruebas de validación con los usuarios y verificación de los prototipos funcionales finales. Además, se debe analizar la propuesta para determinar si representa una solución viable para reducir la generación de este tipo de residuos.

2. Marco Teórico

2.1 Subproductos del Café

2.1.1 Definición y Generalidades

Las almendras verdes del café, las cuales se tuestan para obtener el café tostado que se vende en el mercado, constituyen solamente el 40% del peso de una cereza. El 60 % restante corresponde a otros componentes que son eliminados durante el proceso de beneficio de este alimento. Económicamente, esto significa que más de la mitad del peso del café cosechado no

genera utilidades para esta industria. Y en el aspecto ambiental, estos subproductos están yendo a parar a las fuentes de agua generando grandes problemas de contaminación. Diferentes investigaciones han ido demostrando que los subproductos del café tienen gran variedad de propiedades que los convierten en materias primas de interés para la industria y debido a esto, se están generando propuestas que aprovechen sus beneficios para darles usos alternativos (Posada, 2019).

2.1.2 Tipos y Propiedades de los Subproductos del Café

Pulpa: Es el primer producto que se obtiene en el procesamiento del fruto de café, y representa alrededor del 44% del peso del fruto fresco. La pulpa de café está compuesta por proteína (7.5–15.0%), grasa (2.0–7.0%) y carbohidratos (21–32%), y estos pueden usarse como materia prima para nuevos procesos, a través de la extracción de estos componentes (Serna Jiménez, et al., 2018). Se generan aproximadamente 163.000 toneladas de pulpa fresca por cada millón de sacos de 60kg que se producen (Rodríguez y Zambrano, 2013).

Mucílago: Tras el desmucilaginado o la etapa de fermentación, el mucílago se desprende fácilmente al lavar los granos de café con agua limpia y estas mieles son desechadas. Este subproducto representa alrededor del 15% del peso del fruto fresco y por cada millón de sacos de 60kg de café cereza que se producen, se generan aproximadamente 55.000 toneladas de mucílago fresco (Rodríguez y Zambrano, 2013).

Endocarpio: Está constituido por la cascarilla o cisco y una película plateada, es la membrana que rodea individualmente a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano; envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa y representa alrededor del 4.2% del fruto fresco, es duro y quebradizo cuando se seca (Rodríguez y Zambrano, 2013). Esta

cascarilla constituye una excelente fuente de celulosa, y lignina, pentosanos, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción (Cabañas, et al., 2010).

Borra: Este residuo corresponde a la fracción insoluble del grano tostado y se genera principalmente en las fábricas de café soluble, representa cerca del 10% del peso del fruto fresco (Rodríguez y Zambrano, 2013). Tiene un contenido apreciable de fibra (57-71%), que puede aprovecharse para la producción de pulpas celulósicas ya sea para producir papeles, o como materia prima en la elaboración de productos con base en celulosa (García y Riaño, 1999).

2.1.3 Residuos Obtenidos del Proceso del Café

En la industria del café la materia que se utiliza para la preparación de bebidas representa tan solo el 9,5% del grano de café, el 90.5% restante equivale a los subproductos generados del proceso de obtención; estos residuos generalmente se vierten en los cuerpos de agua, suelos u otros ecosistemas, contaminando y afectando la vida de estos entornos naturales (Suarez, 2012).

Tabla 1. *Residuos obtenidos en el proceso de beneficio e industrialización de 1.000 g de café cereza*

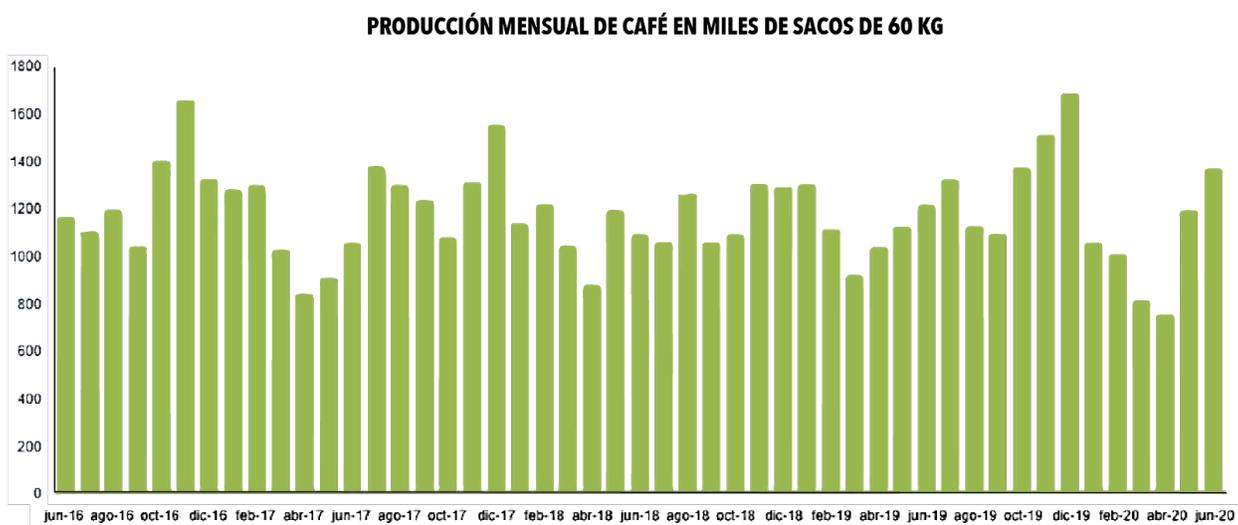
PROCESO	RESIDUO	PESO EN GRAMOS
Despulpado	Pulpa de café	436 gr
Desmucilaginado	Mucílago	149 gr
Lavado y secado	Líquidos	171 gr
Trilla y selección	Pergamino y película plateada (Endocarpio)	42 gr
Torrefacción	Volátiles	22 gr
Preparación de la bebida	Borra	104 gr
PÉRDIDA ACUMULADA		924 gr

Nota. Adaptado de Los subproductos del café: Fuente de energía renovable (Rodríguez y Zambrano, 2013).

2.1.4 Producción de Café en Colombia

Colombia, tercer productor de café a nivel mundial, cerró el 2019 con una producción de 14,8 millones de sacos de 60 kilos, un 9% más que el cierre de 2018. En diciembre de 2019 la producción de café creció 31 % pasando de 1,3 millones de sacos de café verde en 2018 a 1,7 millones de sacos (Federación Nacional de Cafeteros, 2020).

Figura 1. *Producción mensual de café en miles de sacos de 60 kg*



Nota. Adaptada de Estadísticas cafeteras (Federación de cafeteros, 2020).

2.2 Papel

2.2.1 Definición y Generalidades

El papel es considerado como una hoja hecha de fibras a la que se añaden varias sustancias químicas para modificar sus propiedades y su calidad (Teschke y Demers, 2001, p.72.2). En la antigua China durante el año 100 d.C, se utilizaba el cáñamo, la hierba y la paja como materias

primas; las cuales eran desintegradas a través de golpes con un mazo pesado de madera contra morteros de piedra y finalmente se les añadía extracto de alga agar como materia cohesiva y de impermeabilidad. (Teschke y Demers, 2001, p.72.2).

En el año 751 d.C, durante la expedición árabe hacia la frontera China, capturaron dos fabricantes de papel para construir un molino paplero en Samarkanda (Martínez, Hidalgo y Asociación Hispánica de Historiadores del Papel [AHHP], 2010) y posteriormente los árabes convirtieron este material en una mercancía lucrativa y solicitada por todos los países de Medio Oriente; hasta llegar a la España musulmana, quien hizo su expansión por toda Europa. Y fue hasta 1575 que se construyó el primer molino paplero en tierra latinoamericana, cuya producción fue pequeña y de uso local en Culhuacán, México (Martínez, et al., 2010).

En la actualidad se están buscando nuevas alternativas en el proceso de elaboración y uso de materias primas para tener una producción más amigable con el medio ambiente (Cámara de la industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017).

2.2.2 Propiedades del Papel

- **Espesor:** Todo tipo de papel es compresible y elástico, por lo tanto, su espesor depende del nivel y velocidad de la presión o carga aplicada (Zanuttini et al., 2008).
- **Suavidad:** Esta propiedad está relacionada a la lisura superficial, resistencia a la fricción y compresibilidad del papel (Zanuttini et al., 2008).
- **Rugosidad:** Esta propiedad afecta directamente a la calidad de impresión y es medible bajo cierta presión mecánica (Zanuttini et al., 2008).
- **Porosidad:** Se evalúa midiendo la permeabilidad al aire. Es necesaria para permitir el flujo de aire y para permitir la entrada de adhesivos y tintas de impresión (Zanuttini et al., 2008).

- Absorción de líquidos: Esta propiedad implica la velocidad y capacidad de absorción de líquido (Zanuttini et al., 2008).
- Gramaje: Es medido como peso del material acondicionado por m² de superficie y es una especificación comercial de todos los papeles o cartones (Zanuttini et al., 2008).
- Densidad: La densidad del papel está en el rango 0,5- 0,8 g/cm³ y por lo tanto resulta poroso ya que la densidad de la pared de la fibra es de 1,5 g/cm³. Según su uso, se logra que sea altamente permeable o que sea impermeable a gases o líquidos (Zanuttini et al., 2008).
- Resistencia: El papel contiene en general, cantidades apreciables de hasta 2,0% de agentes de resistencia en seco, como almidones modificados. Estos pueden agregarse en masa a la pulpa antes de la fabricación del papel o en la prensa de encolado para mejorar la resistencia en seco. Esta propiedad se puede clasificar en tres tipos: resistencia superficial, resistencia a la tracción y resistencia al estallido (Zanuttini et al., 2008).
- Brillo: Es la capacidad del papel de reflejar la luz en forma especular. Puede medirse como la relación de luz incidente que es reflejada en esta forma (Zanuttini et al., 2008).
- Opacidad: Es la capacidad del material de obstruir el paso de luz, es decir, un papel opaco es aquel que presenta dificultad para ver a través de él (Zanuttini et al., 2008).

2.2.3 Proceso de Fabricación Industrial

El papel se fabrica con las fibras de celulosa que hay en la madera, la cual se compone generalmente de un 50% de celulosa, 30% de lignina y un 20% de sustancias extractables, como aceites aromáticos y un grupo de carbohidratos conocidos como hemicelulosa. Cuando esa fibra se utiliza por primera vez se llama fibra virgen y cuando se recupera a través del reciclaje se llama fibra reciclada (Greenpeace, s.f.).

Para fabricar el papel, las fibras de celulosa (vírgenes o recicladas) se mezclan con agua en un gran recipiente llamado pulper, y esa mezcla pasa a la máquina papelera. En la máquina, la mezcla de agua y fibras se coloca sobre una larga banda conducida por rodillos y después se va retirando el agua por varios procedimientos. Finalmente se obtiene una enorme hoja de papel, que se enrolla para formar una bobina.

La elaboración de la pasta se puede conseguir mediante dos métodos:

Tabla 2. Métodos para la elaboración de la pasta

QUÍMICO	MECÁNICO
<p>La madera se cuece en una solución de hidróxido de sodio y posterior a esto, se usa uno de estos dos procesos químicos: Al sulfato o kraft, o al sulfito (ambos requieren el uso de compuestos en azufre). En las tecnologías de blanqueo, la lignina se degrada y remueve con la ayuda de gas cloro (Cl₂), luego se blanquea en varias etapas que emplean bióxido de cloro (ClO₂) e hipoclorito de sodio (NaOCl).</p>	<p>Las fibras celulósicas son trituradas contra una piedra o discos de metal giratorios producir pasta molida, que por definición contiene grandes cantidades de lignina; esta se aclara usualmente con peróxido de hidrógeno que cambia la estructura de la lignina y altera su color, pero no la elimina (Greenpeace, s.f.).</p>

Nota. Adaptado de El papel y su impacto ambiental (Greenpeace, s.f.).

El método mecánico es más eficiente que el químico por la cantidad de pasta producida/unidad de madera empleada, sin embargo, la calidad de la pasta mecánica es más baja que la de la química debido a su entramado de fibras fácil de romper. Por ello, se utiliza principalmente para imprimir periódicos, guías telefónicas y otros productos que demandan menos resistencia y calidad (Greenpeace, s.f.).

2.2.4 Proceso de Fabricación Artesanal

Para la elaboración de papel artesanal existe una variedad de materias primas entre las que se destacan celulosa virgen, papeles reciclados, materiales no leñosos como pajas, bambúes, bagazo o residuos vegetales generados de actividades agrícolas e industriales. En general toda

materia prima que se presente bajo forma de fibras de dimensión conveniente y que sean susceptibles de formar enlaces químicos entre ellas, es apta para la fabricación del papel (Chiluiza y Hernández, 2009).

Para extraer la celulosa y obtener la pulpa, se realiza un proceso de cocción uniforme de la materia prima en una solución alcalina, este proceso tiene como objetivo suavizar las fibras y garantizar que el papel tenga un acabado consistente. Luego la pulpa obtenida se coloca en un recipiente con agua y se agita para asegurar que se encuentra bien disuelta.

Para hacer la hoja de papel, se pone la pulpa dentro de un bastidor del tamaño que se desea elaborar, introduciendo este en el recipiente, luego se mueve horizontalmente, se espera a que se forme una lámina de pulpa sobre la malla y posteriormente se retira el bastidor del agua. Cuando la hoja ha escurrido suficiente agua, se debe quitar el contramarco y desmoldar el papel artesanal sobre un paño de lienzo o algodón (Chiluiza y Hernández, 2009).

Por último, se prensan las hojas en una prensa hidráulica aproximadamente durante 24 horas, cambiando la posición de estas en la prensa. Luego de este tiempo se retira el papel todavía húmedo del lienzo y se completa el secado en una cámara con circulación de aire caliente (Chiluiza y Hernández, 2009).

2.2.5 Impacto Ambiental

La industria del papel utiliza procesos de blanqueamiento para la pasta de papel con el fin de producir una coloración blanca en el producto final; el uso principal de esta pasta es para el sector de embalaje (Greenpeace México, s.f.).

La producción de una tonelada de papel hecho de pasta virgen emplea el doble de energía y de agua que una tonelada hecha de papel reciclado, además esta última genera 74% menos de

contaminación atmosférica, un 35% menos de contaminación del agua, ahorra 15 árboles, reduce la cantidad de residuos sólidos y puede generar hasta cinco veces más empleo (Greenpeace México, s.f.).

Tabla 3. Consumo en la fabricación de una tonelada de papel

CONSUMO EN LA FABRICACIÓN DE UNA TONELADA DE PAPEL		
	PASTA VIRGEN DE MADERA	PASTA DE RECUPERACIÓN
Madera/Papel	3 a 5 m ³ de madera	1,05 a 1,2 m ³ de papel
Energía	0,4 a 0,7 T por petróleo	0,1 a 0,25 T por petróleo
Agua	280-450 m ³	2 m ³
Contaminación	Agua: Elevada	Agua: Moderada o baja
	Aire: Elevada	Aire: Nula o muy baja

Nota. Adaptado de El papel y su impacto ambiental (Greenpeace México, s.f.).

El bióxido de azufre, emitido por las fábricas de papel durante la producción de la pasta, es uno de los principales responsables de la lluvia ácida y las aguas residuales o licor negro, resultantes de la cocción de la madera, resultan muy contaminantes. Además, en los efluentes de agua se liberan restos de celulosa que tienen alta demanda biológica de oxígeno, sofocando todo rastro de vida alrededor de los caños de descarga.

En el proceso de blanqueamiento de la pasta se utiliza cloro como agente blanqueador, y la combinación de este gas reactivo con la materia orgánica de la pasta produce miles de nuevos compuestos conocidos como organoclorados (dioxinas, furanos, clorofenoles y bencenos dorados) que resisten la degradación natural y se acumulan a través del tiempo en el ambiente. Estos compuestos afectan la vida acuática y se almacenan en los tejidos grasos de los organismos,

bioacumulándose a lo largo de la cadena alimenticia, se han encontrado dioxinas en papel de cigarrillos, tampones, pañales, filtros de café y cartones de leche blancos. En los seres humanos provocan trastornos de los sistemas inmunológico, nervioso y reproductor. Entre los organoclorados identificados hasta ahora en los afluentes existen también numerosos compuestos cancerígenos y mutagénicos (Greenpeace México, s. f.).

2.2.5.1 Industria papelera. Del total de 15 empresas productoras de papel y cartón en el país, 9 están afiliadas a la Cámara de la Industria de pulpa, papel y cartón de la ANDI y su producción representa el 85% de la producción nacional del sector. Las empresas de papel y cartón en Colombia producen principalmente para abastecer el mercado nacional, 87% de la producción nacional de papel y cartón se vendió en el mercado local en el año 2017, el otro 13% se exportó a Ecuador, Perú y algunos países de Centro América (Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017).

Los empaques representan casi la mitad de la producción del sector en el país con el 48%, el papel para imprenta y escritura el 27%, papeles suaves e higiénicos el 20% y el otro 5% es de otros usos. En total, el consumo nacional por año es de 1.650.000 toneladas aproximadamente, suponiendo un consumo de 33 kg per cápita nacional de papel y cartón (Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, 2017).

2.2.6 Ciclo de Vida del Papel

El papel es una estructura de fibras vegetales de celulosa como la madera y productos químicos como el carbonato de calcio CaCO_3 (piedra caliza), la caolinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (arcilla) y el almidón. Su ciclo de vida puede describirse con las siguientes etapas:

- Extracción de fibra primaria y secundaria

- Elaboración de papel
- Fabricación de productos
- Consumo
- Fin del ciclo de vida

Las opciones de gestión del fin de ciclo de vida de los productos forestales incluyen el reciclado, la deposición en vertederos y la quema para obtener energía. Hablando específicamente del reciclado, el papel usado es recolectado por recicladores de oficio y bodegas de reciclaje para ser reincorporados como materia prima al proceso de producción.



Figura 2. *Ciclo de vida del papel*

Nota. Adaptada del ciclo de vida del papel (Cartones y papeles de Risaralda [CyPr], 2020).

2.2.6.1 Reciclaje del papel. Actualmente el papel representa la mayor parte del flujo de los residuos sólidos secos, pero gracias al reciclaje, estos desechos pueden alargar su ciclo de vida generando un material para nuevas aplicaciones de uso llamado: papel artesanal.

Este papel, también llamado papel reciclado o papel ecológico, comprende el reciclaje de desechos de papel o de cartón y presenta una ventaja económica y técnica para su elaboración.

Además por ser un proceso manual, permite darle características originales como textura, color, olor y grosor (Chiluiza y Hernández, 2009).

El proceso de recuperación de los residuos de papel y cartón consta de las siguientes fases:

- Recepción de residuos, pesaje y gestión documental
- Almacenamiento
- Clasificación de papel y cartón: manual o automática
- Trituración y corte
- Compactación (prensado) y enfardado
- Almacenamiento por categorías y expedición
- Impuros (Plástico, metales, textil, etc.)

(Agencia de Residuos de Cataluña [ARC], Gremio de Recuperación de Cataluña [GRC], y Asociación Española de Recuperadores de Papel y Cartón [REPACAR], 2012).

2.3 Resina de Pino

2.3.1 Definición y Generalidades

La resina de pino es una sustancia viscosa y pegajosa, constituida por una mezcla de diferentes tipos de terpenos. Se produce en las células resiníferas y tras ser expulsada al exterior del árbol por un estrés biótico o abiótico, se endurece y protege al pino contra patógenos y fitófagos (Puente et al., 2018). Debido a la gran versatilidad y variación composicional de este producto natural, se puede obtener derivados con elevado valor agregado y extensa aplicabilidad (Arteaga, et al., 2007).

2.3.2 Derivados de la Resina de Pino

Resina cruda: Se obtiene por la extracción de los árboles de pino, es densa, pegajosa, opaca y de coloración lechosa; además, suele presentar escombros del bosque como insectos o cortezas. En la actualidad la resina se utiliza en la fabricación de ceras, pinturas, jabones, adhesivos y productos farmacéuticos, entre otros (Gallo y Sarria, 2012).

Colofonia: También denominada como “rosin”, es un sólido vidrioso, cristalino y frágil, que permanece como residuo no volátil después de la destilación de la trementina; además, es el principal producto obtenido de la resina de pino. Es insoluble en agua pero soluble en la mayoría de los solventes orgánicos y algunas de sus características fisicoquímicas influyen en el criterio de calidad, dependiendo principalmente de la especie de pino, época de extracción y edad del árbol. Sus usos mas importantes son: manufactura de adhesivos, tinta para imprenta, materiales aislantes para la industria electrónica, goma sintética, goma de mascar, jabones y detergente (Gallo y Sarria, 2012).

Trementina: Es un líquido claro, inflamable, con olor picante y agrio al gusto; es inmisible en el agua y su punto de ebullición está por encima de 150 °C. El principal derivado de la trementina es el aceite de pino sintético, el cual es usado en desinfectantes, agentes de limpieza y otros productos con olor a pino (Gallo y Sarria, 2012).

2.3.3 Componentes y Usos

La resina de pino se compone generalmente por un 75 a un 90% de ácidos resínicos (residuo no volátil) y entre un 10 y un 25% de aceite o sustancias no resinosas (Zalbidea, s.f.). Es un material ecológicamente sustentable que suele utilizarse en la generación de intermediarios avanzados para procesos de química fina y farmacéutica, debido a sus propiedades (Arteaga, et al., 2007).

A continuación se muestra un gráfico que evidencia los usos que se destinaron para el consumo mundial de colofonia en el año 2007:

Figura 3. *Consumo mundial de colofonia en el 2007*

Nota. Adaptada de El hombre y la resina de pino: desde su uso pasado hasta la actualidad con especial atención en España (Puente et al., 2018).

2.3.4 Producción y Proceso de Obtención

La resinación, es una actividad forestal que tiene por objeto la extracción de la oleoresina que fluye de las coníferas, especialmente del genero Pinus, siendo este un producto forestal no maderable (Gallo y Sarria, 2012). En el mundo se producen aproximadamente 1.300.000 toneladas anuales de oleoresina, utilizadas para la fabricación de resina colofonia y trementina, los cuales son una fuente renovable de materias primas para la formulación y fabricación de productos de uso diario como: adhesivos, tintas de impresión, colas para papel, entre otros (Cunningham, 2009).

En su proceso de obtención se utiliza una tecnología a través de un sistema de picas descendentes, en la mayoría de casos sin la utilización de estimulantes químicos, garantizando así



un máximo rendimiento sin daños sensibles al crecimiento de los arboles (Gallo y Sarria, 2012).

Para ello, se utilizan cuatro técnicas diferentes:

Tabla 4. Técnicas de obtención de resina de pino

TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN DESCRIPTIVA
Sistema “CHINO”	<p>Una estría en forma de V es cortada diariamente sin aplicación de estimulante químico. Estas son cortadas en sentido descendente y en su profundidad alcanzan el xilema secundario.</p> <p>La primera estría es cortada a una altura aproximadamente de 1,20 metros desde el suelo y las siguientes en forma descendente. La estría cubre un 50% de la circunferencia de la planta.</p>	
Sistema “AMERICANO”	<p>Una estría horizontal es cortada cada 15 a 18 días con aplicación de pasta estimulante (formulada básicamente con 18 a 24% de H₂SO₄). Las estriás son cortadas en forma ascendente, cortando la primera a 20 cm del suelo y removiendo sólo corteza y floema.</p> <p>La cara resinada cubre 1/3 de la circunferencia de la planta, este sistema es aplicado en Brasil y Argentina.</p>	
Sistema “HUGUES” o “FRANCES”	<p>Lonjas de 8 a 10 cm de ancho son cortadas en el tronco de la planta con una frecuencia de 10 a 15 días, alcanzando el xilema secundario.</p> <p>La cara estriada puede llegar a 1,80 del suelo después de 2 años de resinación. Este sistema fue desarrollado en la mitad del siglo XIX en Francia y es utilizado actualmente en Indonesia.</p>	

<p>Sistema “MAZEK” o “RILL”</p>	<p>Estrías de 2 a 3 milímetros de ancho son cortadas cada 3 a 7 días, en forma de V.</p> <p>Las estrías son cortadas en forma ascendente con aplicación de estimulante en forma de spray (50% H₂SO₄ más 50% HCl) y es usualmente aplicado en Indonesia y la India.</p>	
<p>(Cunningham, 2009).</p>	<p>(Cunningham, 2009).</p>	<p>(Cunningham, 2009).</p>

2.3.5 Impacto Ambiental

El empleo de la resina de pino y sus derivados en diferentes usos de productos diarios, ha hecho que esta materia prima se convierta en una gran precursora sustentable de novedosos agentes útiles en la industria de la agroquímica, química fina farmacéutica y en la química ecológica; debido a su naturaleza no contaminante y biodegradable.

Por otra parte, el aprovechamiento de resina se basa en la obtención de productos naturales renovables, mediante procedimientos no destructivos ni contaminantes, contribuyendo así, a la conservación del medio natural y el desarrollo sostenible de las regiones donde se produce (Rodríguez, et al., 2008).

2.4 Cera de Abeja

2.4.1 Definición y Generalidades

La cera de abeja es un producto graso producido por las abejas para construir sus panales, que se compone de ésteres, hidrocarburos de cadena larga, cetonas, entre otros, que forman materiales con altos puntos de fusión y gran resistencia al agua. Esta es segregada entre 12 y 30 días de edad de las abejas, en forma de pequeñas escamas redondeadas en las cuatro glándulas

ventrales ubicadas en la parte inferior del abdomen, y es sintetizada como una reducción de azúcares de origen alimenticio.

La cera recién producida tiene un color blanco, pero va adquiriendo un color amarillento a medida que entra en contacto con las abejas, la miel, el polen y el propóleo (Araujo et al., 2015).

2.4.2 Usos y Aplicaciones

La cera de abeja ha sido utilizada históricamente para la fabricación de velas, sellos de cartas y ataúdes, elaboración de esculturas, entre otras aplicaciones. En la actualidad debido a sus características y propiedades, se está utilizando en las siguientes industrias:

Tabla 5. Usos de la cera de abeja

INDUSTRIA	USO
Cosmética y farmacéutica	<ul style="list-style-type: none"> ● Componente en pomadas y cremas. ● Cera para depilar. ● Componente en productos antiinflamatorios y cicatrizantes. ● Velas aromáticas.
Marroquinería	<ul style="list-style-type: none"> ● Recubrimiento de cordones. ● Fabricación de betunes. ● Protector de pieles.
Joyería y modelado	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelos de piezas. ● Fabricación de adornos de metal con el método de cera perdida.
Otras aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> ● Aislante e hidrófobante de cables eléctricos y circuitos contra la humedad. ● Confección de barnices, pulimentos y tintas. ● Protector de esquejes. ● Protección de recipientes a los agentes corrosivos.
(Araujo et al., 2015)	

2.4.3 Componentes y Propiedades

La cera de abejas se compone principalmente por una mezcla de hidrocarburos, ácidos grasos libres, monoésteres, diésteres, monoésteres, hidroxipoliésteres, poliésteres de ácidos grasos y algunos compuestos no identificados, cuyas propiedades físicas son:

Tabla 6. Propiedades de la cera de abeja

PROPIEDADES	VALOR
Punto de fusión	62 °C a 65 °C
Punto de ebullición	Desconocido
Punto de inflamación	Superior a 180 °C
Temperatura de plasticidad	Alrededor de 32 °C
Densidad relativa a 15 °C	0.958 mg/m ³ a 0.970 mg/m ³
Conductividad térmica	0.25 W/mK
Viscosidad a 100 °C	20 mPa
(Araujo et al., 2015)	

2.4.4 Producción y Proceso de Obtención

La obtención de la cera se hace mediante la práctica de la apicultura, una actividad que se dedica a la crianza y cuidado de las abejas con el fin de recolectar y aprovechar los productos que se obtienen a partir del trabajo ellas. Las fases del proceso de producción de la cera de abejas son las siguientes:

- I. Las abejas consumen miel y su intestino absorbe las moléculas de los azúcares en 6 carbonos (Araujo et al., 2015).

- II. Posterior a esto, los carbonos pasan al interior de su cuerpo, donde son transformados en fragmentos pequeños de 2 carbonos (Araujo et al., 2015).
- III. Luego, en las glándulas cereras, se recombinan de diferente manera para formar los ácidos grasos y los hidrocarburos entre 14 y 41 carbonos, y los alcoholes de la cera entre 28 y 54 carbonos (Araujo et al., 2015).

2.4.5 Impacto ambiental

Los impactos negativos que genera la elaboración de cera de abeja a los ecosistemas, son mínimos; ya que gracias a la planeación ambiental, se pueden identificar aquellas actividades que están directamente relacionadas con el medio ambiente para obtener un buen manejo de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad (Silva et al., 2006).

Algunas medidas para prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales generados durante el proceso productivo son las siguientes:

Tabla 7. Medidas para prevenir o mitigar los posibles impactos ambientales generados durante el proceso productivo

ACTIVIDAD ESPECÍFICA	IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA DE PREVENCIÓN
Adecuación del apiario	Alteración del paisaje, deterioro de ecosistemas, destrucción de hábitats.	Seleccionar sitios destapados, sin cobertura vegetal, o establecer apiarios sin destruir las coberturas asociadas.
Fabricación de colmenas	Tala de árboles, destrucción de hábitats, erosión, alteración del paisaje.	Extracción de madera de zonas permitidas y conocimiento de la procedencia de las colmenas fabricadas por proveedores.
Preparación del equipo de protección	Generación de residuos sólidos de los empaques de los equipos.	Disposición final de residuos en sitios adecuados de acuerdo con el tipo.
Preparación del equipo de manejo		

Preparación de equipos de extracción		
Demarcación de colmenas	Generación de residuos sólidos de los envases de pinturas y empaques de los rótulos de las colmenas.	
Traslado de núcleos	Emisión de gases por combustión incompleta de los vehículos de transporte.	Sincronización periódica del motor de los vehículos para el transporte.
Instalación de núcleos	Desplazamiento de otras especies de abejas.	Disminuir la cantidad de colmenas en el área.
Revisión de colmenas	Alteración de la calidad del aire en ambientes de trabajo y contaminación por humo de los ahumadores.	Utilizar combustibles de origen vegetal para reducir los niveles de CO ₂ .
Alimentación de colmenas	Generación de residuos sólidos de empaques de alimentadores y de otros productos.	Disposición final de residuos en sitios adecuados de acuerdo con el tipo.
Extracción de cera de abeja	No aplica.	No aplica.
Control de plagas	Inadecuada manipulación de productos y residuos químicos en el apiario.	Disposición final de vertimientos y residuos químicos.
Control de enfermedades		
Mantenimiento de colmenas	Generación de residuos por el cambio de piezas o instalaciones.	Disposición final de residuos en sitios adecuados de acuerdo con el tipo.
Mantenimiento de instalaciones		
Limpieza, poda y deshierbe	Deterioro de hábitats, generación de residuos de origen vegetal.	
Reforestación	Aumenta la cobertura vegetal, evita la erosión, aumenta los niveles de O ₂ , genera nuevos hábitats de fauna.	Siembra de especies nativas de acuerdo con la aptitud del suelo en la región y a sus usos forestales.

Estas prevenciones son importantes aplicarlas en la actividad apícola para evitar el mal uso del ahumador, la emisión de vertimientos o residuos generados por la aplicación de insumos para el manejo de plagas o enfermedades de las abejas, la generación de residuos sólidos, la destrucción de hábitats para el montaje de apiarios, la contaminación de las fuentes de agua aledañas a los

apiarios, la tala de vegetación para la apertura de caminos de acceso a los apiarios y desplazamiento de otras especies de abejas silvestres así como de otros insectos (Silva et al., 2006).

2.5 Chamota

2.5.1 Definición y Generalidades

La chamota, es una puzolana artificial hecha de arcilla finamente triturada obtenida de barro tejas, ladrillos o azulejos. Es un material cerámico cocido, molido y reducido a granos según distintas clasificaciones; que no se contrae al mezclarse con la pasta, debido a que durante la cocción elimina toda el agua de su composición.

Para su elaboración industrial, se emplean arcillas refractarias y para la artesanal, se utilizan piezas cerámicas defectuosas; al obtener el material, este actúa como desengrasante, da textura y expresión a la pasta y además, quita un exceso de plasticidad (Corbella y Bestué, 2010).

2.5.2 Proceso de Obtención y Componentes

Para obtener la chamota, se debe triturar y moler las piezas cerámicas que han fallado en su proceso de cocción y que se han convertido en residuos de la industria de cerámica, debido a alguna deficiencia en su composición final. Al terminar este procedimiento, los componentes que resultan en la chamota son los siguientes:

Tabla 8. Componentes de la chamota

PORCENTAJE	COMPONENTE
Mínimo 40%	Alúmina (Al_2O_3)
Mínimo 30%	Sílice (SiO_2)
Máximo 4%	Óxido de hierro III (Fe_2O_3)
Máximo 2%	Óxido de calcio (CaO)

(Corbella y Bestué, 2010)

2.5.3 Ventajas de su Integración a Otros Materiales

Debido a que la chamota es un material cocido, se mantiene estable durante la cocción y presenta curvas de expansión similares a la de la arcilla, permite que durante el horneado no se produzcan roturas, creando así una textura uniforme y proporcionando mejoras en la resistencia térmica y mecánica de un nuevo material. Lo anterior, hace que el material sea apto para la cocción de alimentos, ahorrando combustible y tiempo de cocción (Chong, 2012).

2.5.4 Impacto Ambiental

Debido a que su proceso de fabricación se basa en la trituración de piezas cerámicas que no han sido bien cocidas y que no han acabado en obra por alguna deficiencia durante el proceso de cocción; el consumo energético y contaminación producida en su elaboración no se tiene en cuenta, ya que la chamota proviene del aprovechamiento de estos residuos cerámicos, es decir, solo se debe examinar el consumo energético de la trituradora y la contaminación producida en este proceso (Corbella y Bestué, 2010).

2.6 Material Biodegradable

2.6.1 Definición y Generalidades

Un material biodegradable es aquel que puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción natural de microorganismos o agentes biológicos tales como bacterias y hongos presentes en el medio o en el compostaje; este último permite que el proceso de degradación sea controlado dentro de un contenedor llamado composta (Flores, 2009).

2.6.2 Compostaje de Material Biodegradable

Es un proceso biológico de tipo aerobio (con presencia de oxígeno) o anaerobio (sin presencia de oxígeno) que, bajo condiciones controladas de ventilación, humedad y temperatura,

transforma los residuos de materiales orgánicos degradables en un material estable e higienizado denominado compost. Este proceso imita la transformación de la materia orgánica en la naturaleza, y permite homogenizar los materiales y reducir su masa o volumen, favoreciendo el retorno de la materia orgánica al suelo y su re inserción en los ciclos naturales. Esta descomposición es provocada por la actividad de microorganismos como los hongos y las bacterias y su duración puede oscilar entre 10 y 16 semanas, dependiendo de distintos factores como el sistema, componentes del material, tecnología, disponibilidad de espacio, entre otros (Vermican, 2017).

2.6.2.1 Fases del Proceso de Compostaje. Al descomponer el carbono, el nitrógeno y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. De esta manera, las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura generada durante el proceso:

- Fase mesófila: Esta fase dura entre dos y ocho días, el material comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días, la temperatura aumenta hasta los 45°C. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar hasta cerca de 4.0 o 4.5 (Vermican, 2017).
- Fase termófila: Cuando el material alcanza una temperatura mayor a 45°C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y transformando el nitrógeno en amoníaco; esto hace que el pH del medio suba. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores (Vermican, 2017).

- Fase de enfriamiento: Agotadas las fuentes de carbono y nitrógeno en el material, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. En esta fase, continua la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos; además al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH desciende levemente. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Vermican, 2017).
- Fase de maduración: Es un periodo que demora meses a temperatura ambiente, donde se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. En este proceso es importante conseguir una higienización del material resultante y postratamiento para ajustar el producto a su destino (Vermican, 2017).

2.6.2.2. Lombricultura y Producción de Humus. La lombricultura es la cría masiva, sistemática y controlada de lombrices californianas (*Eisenia foetida*), que a través de procesos metabólicos producen humus que es el conjunto de excrementos de las lombrices y además, es considerado el mejor abono orgánico existente.

Estas lombrices crecen y se reproducen rápidamente, alcanzando a duplicarse cada 45-60 días; se alimentan de materia orgánica y no soportan la luz solar o altas temperaturas.

A diferencia del compostaje tradicional, en la lombricultura suele presentarse menores valores de pH y una mayor concentración de nutrientes, como el nitrógeno y fósforo; generando un mejor uso de la materia orgánica, menor consumo de mano de obra o maquinaria y una mayor velocidad de descomposición (Elorza, s. f.).

2.6.3 Impacto Ambiental

Comparando un material biodegradable con un plástico convencional, se puede decir que las principales ventajas son su producción sostenible a partir de residuos de la agroindustria y su degradación rápida debido a la intervención de microorganismos. Además, al usar esta materia orgánica se evidencia la disminución del consumo de energía no renovable (Zapata et al., 2010).

Por otro lado, también contribuye al ser partícipe de una economía circular y regenerativa, ya que ayuda a preservar la capital natural, optimizar los rendimientos de los recursos y minimizar los riesgos del sistema al gestionar reservas finitas y flujos renovables (Fundación Ellen MacArthur, 2015).

2.7 Envases de Uso Único

2.7.1 Definición y Generalidades

El envase es la única forma de contacto directo entre el producto y el consumidor. Es un instrumento de los productos para su venta directa que informa sobre las características de uso (almacenaje, conservación, propiedades nutricionales, etc.) y que permite la identificación y la diferenciación entre ofertas. Además, dentro de sus funciones principales está: llevar el producto en perfectas condiciones al consumidor (conservación, protección y seguridad), facilitar su identificación (imagen del producto a través del diseño, color y forma) y posibilitar una explotación racional de los productos (manipulación, almacenaje y transporte) (Unilever, 2002).

A lo largo de los años, el diseño de empaques ha evolucionado como elemento de mercado y como herramienta de marketing, a continuación, se describe dicha evolución en una línea del tiempo:

Figura 4. La decisión en 5

Nota. Adaptada de Packaging. La decisión en 5 (Unilever, 2002).

Estos productos usualmente son fabricados en plástico y debido a los problemas ambientales que causan, varias organizaciones han establecido campañas y programas para erradicar su producción. Los se encuentran acumulados con mayor frecuencia en islas basuras y rellenos sanitarios son: platos, vasos, cubiertos y pitillos que demoran entre 200 y 500 años para degradarse (Greenpeace Colombia, 2018); debido a esto es importante fomentar el ecodiseño para la elaboración de estos productos, reemplazando este material por unos reutilizables y/o material biodegradable y compostable, producidos a partir de papel reciclado, cartón, fibras y/o almidones vegetales, entre otros.

2.7.2 Tipos de Envases

Tabla 9. Tipos de envases

SEGÚN SU USO	SEGÚN SU VIDA ÚTIL
Primario: Es aquel que está directamente en contacto con el producto.	Descartable: Es aquel diseñado para un solo uso, y ser desechado luego de su utilización.
Secundario: Es aquel que contiene uno o varios envases primarios, otorgándole protección para su distribución comercial.	Retornable: Es aquel que vuelve al envasador, para ser reacondicionado, limpiado y vuelto a llenar con el mismo producto.
Terciario: Es el agrupamiento de envases primarios o secundarios en un contenedor que los unifica y protege a lo largo del proceso de distribución comercial.	Reciclable: Es diseñado para ser procesado luego de su uso y obtener un producto similar o diferente al original. Hay una reutilización de los materiales que lo componen.

(Unilever, 2002)	(UNL, 2019)
------------------	-------------

2.7.3 Normativa para la Fabricación de Envases

La industrialización de los empaques ha aumentado considerablemente en estos últimos tiempos, llevando a un mayor desarrollo respecto a los requerimientos de la calidad del envase. A continuación, se evidencian las normas generales, ambientales y sanitarias necesarias para la elaboración de un empaque:

Tabla 10. Normativa para la fabricación de envases

GENERALES	AMBIENTALES	SANITARIAS
<ul style="list-style-type: none"> ● Identificación del producto. ● Código de barras. ● Nombre y domicilio del fabricante. ● Información nutricional. ● Fecha de elaboración y caducidad. ● Precio. ● Contenido neto. ● Registro sanitario. <p>([MINCIT] et al., 2002)</p>	<p>Basadas en la regla de las tres erres (3R) ecológicas, las normas buscan desarrollar hábitos de consumo más responsables, reduciendo la cantidad de residuos enviados al vertedero y reduciendo así la huella de carbono:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Reducir. ● Reutilizar. ● Reciclar <p>(Udalsarea 2030, 2019)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Norma NTC 6019: Etiquetas ambientales tipo i. Sello ambiental colombiano. Criterios ambientales para pulpa, papel y cartón y productos derivados. <p>El propósito general de las etiquetas y declaraciones ambientales es promover la oferta y la demanda de productos y servicios que causen menor impacto en el ambiente, mediante la comunicación de información verificable y exacta, sobre aspectos ambientales de dichos productos y servicios, para estimular el mejoramiento ambiental continuo impulsado por el mercado. Este sello se otorga a servicios prestados y productos elaborados, importados o</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● La ley 09 del 24 de enero de 1979, informa sobre medidas sanitarias, decretada por el Congreso Nacional; esta fue una de las primeras en reglamentar aspectos relacionados con los alimentos, con cinco artículos que hacen referencia a los empaques, envases y envolturas. (Palacio, 2006) ● La resolución 683 DE 2012 describe como requisito que los materiales usados para la elaboración de envases deben estar en las listas positivas de la FDA, CE o Mercosur. Además establece que deben realizarse ensayos de migración para determinar los contaminantes. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017)

	comercializados en el país, que deseen portarlo, y cumplan con los criterios ambientales establecidos previamente en documentos referentes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).	
--	---	--

2.7.4 Pruebas para el Material

2.7.4.1. Pruebas de Migración. Las pruebas de migración evalúan la transferencia de sustancias totales del envase hacia el alimento en condiciones normales o previsibles de elaboración, almacenamiento y uso del producto. Para llevar a cabo estas pruebas, es necesario tener en cuenta el tipo de alimento, la temperatura y tiempo de contacto, el simulante de ensayo y el volumen del material (Sarmiento, s.f.). Esta transferencia de componentes es debido a fenómenos físico químicos y puede clasificarse en dos tipos:

- Total o global: Se calcula la cantidad de componentes transferidos desde el material del envase hacia los alimentos o hacia sus simulantes, en las condiciones habituales de elaboración, almacenamiento y uso, o en las condiciones equivalentes de ensayo. Los valores de aceptación oscilan entre 50 a 60 mg/Kg (Sarmiento, s.f.).
- Específica: Se calcula la cantidad de componentes transferidos de una sustancia específica presente en el material del envase hacia los alimentos o hacia sus simulantes, en las condiciones habituales de elaboración, almacenamiento y uso, o en las condiciones equivalentes de ensayo (Sarmiento, s.f.).

2.7.4.2. Pruebas Microbiológicas de Superficie. Los análisis microbiológicos son procedimientos que sirven para determinar la presencia, identificación, y cantidad de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación en una muestra. Estos procedimientos

incluyen la selección, toma de muestras y análisis microbiológicos, estableciendo los límites microbiológicos para superficies que están en contacto o relación directa con los alimentos. La selección del método de muestreo depende de las características de la superficie a muestrear, a continuación se explican los 3 tipos de métodos:

- Método del hisopo: Se utiliza para superficies inertes regulares e irregulares, tales como tabla de picar, bandejas, mesas de trabajo, utensilios, cuchillas de equipos, cortadoras, fajas transportadoras, tolvas, mezcladoras, pisos, paredes y otros.
- Método de la esponja: Se utiliza preferentemente para muestrear superficies de mayor área a las mencionadas anteriormente.
- Método del enjuague: Se utiliza para superficies vivas (manos), objetos pequeños o para el muestreo de superficies interiores de envases, botellas, bolsas de plástico, etc. Dependiendo de la muestra, el método consiste en realizar un enjuague (botellas, frascos, utensilios, similares) o inmersión (manos, objetos pequeños) en una solución diluyente estéril.

Por otra parte, para calcular la muestra de superficies vivas y objetos pequeños o muestreo de superficies interiores de envases, se multiplicará el número de colonias obtenidas (ufc) por el factor de dilución y por el volumen de solución diluyente utilizada en el muestreo (100 ml). Además, posteriormente se dividirá entre las 4 superficies muestreadas (ej. envases, bolsas de plástico); esto último solo aplica para el segundo caso. Por último, los resultados se expresarán: ufc/ manos (para superficies vivas) y ufc/ superficie muestreada (para superficies internas: envases, bolsas de plástico, etc) (Dirección General de Salud Ambiental, 2007).

2.7.4.3. Pruebas Mecánicas. Para llevar a cabo una aplicación óptima de los envases, es necesario estudiar las propiedades mecánicas del material tales como resistencia, dureza, ductilidad, etc. Para obtener estos valores numéricos se deben realizar las siguientes pruebas:

- Prueba de compresión: Permite conocer la capacidad que tiene un material para soportar una carga estática (González, 2017).
- Prueba de tensión: A través de un esfuerzo axial de tracción, se conoce el punto donde se produce la rotura del material (González, 2017).
- Prueba de flexión: Permite comprobar la resistencia a la flexión de los materiales (González, 2017).
- Prueba de dureza: Es la resistencia del material a deformarse permanentemente (González, 2017).
- Cargas de choque: Determina la tenacidad del material (González, 2017).
- Prueba de fatiga: Mide el periodo de vida útil de un material sometido a carga y temperatura (González, 2017).
- Prueba de fluencia y ruptura: Evalúa el comportamiento de un material sometido a una carga elevada (González, 2017).

2.7.5 Métodos de Producción

- Moldeo por compresión: En el moldeo por compresión el material, ya sea líquido, en polvo o partículas, se coloca en el molde caliente y este se cierra lentamente hasta que las dos mitades del molde ejercen presión sobre el material. A medida que el molde se cierra, el material es obligado a ocupar todas las partes de la cavidad del molde. Después de cerrar

el molde, se aplica la máxima presión para provocar el llenado completo de la cavidad. Luego de la etapa de curado, proceso que resulta de someter el material a la acción conjunta del calor y la presión, se abre el molde y se extrae la pieza sólida que alcanzará su grado máximo de rigidez después de enfriarse completamente (Beltrán y Marcilla, 2012).

- Moldeo por inyección: Consiste en la inyección de alta presión de la materia prima, generalmente polímeros, en un molde que le da la forma deseada al material. Los moldes pueden ser de una sola o múltiples cavidades. El material se ingresa por medio de una tolva a un cilindro calentado con un tornillo interno que va fundiendo e impulsando el material por medio de calor y fricción, para luego inyectarlo a presión en las cavidades del molde, donde se enfría y se solidifica con la configuración del molde (Todo en polímeros, 2018).
- Termoformado: Consiste en dar forma a una lámina de plástico aplicando calor por encima de su temperatura de fusión, para que esta lámina sea capaz de formar una membrana libre y flexible. La hoja en este estado caliente se arrastra por vacío al contacto con la superficie fría del molde, donde se enfría y toma la forma del molde (Todo en polímeros, 2017).

2.8 Cafeterías

2.8.1 Definición y Generalidades

Es un plan de negocio minorista que se encarga y ocupa de la preparación de alimentos y bebidas derivadas del café, además de la venta de otros alimentos como: jugos naturales, gaseosas, bocadillos, sándwiches, ensaladas, postres, entre otros; estos establecimientos también suelen ser nombrados como café-bar (García y Duarte, 2018).

2.8.2 Productos y Distribuciones

- Productos a base de café: Capuccinos, espressos, frappes, affogatos, entre otros.

- Productos de panadería: Tortas, postres, galletas, bocadillos, emparedados, empanadas, entre otros.
- Bebidas: Infusiones de té, jugos naturales, jugos envasados, gaseosas, entre otros.

2.8.3 Tendencias Ambientales

Tabla 11. Tendencias ambientales

AGUA	ENERGÍA	RECICLAJE
Los establecimientos deberán optimizar el recurso en el proceso de aseo, revisando los tipos de agua que se pueden reutilizar para evitar el mal uso del recurso; y en la tecnología implementada, contribuyendo al ahorro de agua, en la reducción de ciclo del lavado de máquinas, y mantenimiento de grifos, entre otros.	Teniendo presente que en las cafeterías hay conexiones de recarga, se debe contemplar la factibilidad en el manejo de baterías recargables por sistema solar y la programación de todos los dispositivos del establecimiento, para el apagado automático una vez no haya operación comercial.	Para iniciativas a favor del reciclaje, las cafeterías deben contar con: <ul style="list-style-type: none"> ● Canecas de basura para la clasificación de residuos. ● Envasados de material ecológico y/o biodegradable. ● Campañas para evitar el uso de pitillos por parte de los clientes.

Nota. Adaptado de La cafetería (García y Duarte, 2018).

2.8.4 Envases

2.8.4.1 Empaque para el Café Tostado. La mayoría son fabricados de tereftalato de polietileno (PET), debido a que mantiene el café en buenas condiciones y evita su contacto con el oxígeno, luz y humedad. Además, tienen una válvula desgasificadora y algunas de sus presentaciones son las siguientes:

- Doypacks: Están hechos con dos paneles y un refuerzo en la base para mantenerse de pie, estos suelen contar con un cierre de cremallera que ayuda a conservar la frescura del café por más tiempo, incluso una vez que se haya abierto el empaque (Guerra, 2019).

- Bolsa con fondo plano: Su diseño cuadrado permite que permanezca de pie sin gran ayuda, tienen un bolsillo con cierre de cremallera y un refuerzo lateral, para contener una mayor cantidad de café en un empaque más pequeño (Guerra, 2019).
- Bolsa con fuelle lateral: Es tradicional, resistente y duradera, ya que es apta para grandes cantidades de café. Estos tipos de bolsas suelen tener una base plana, lo cual significa que pueden estar de pie, solo cuando contienen café y no tienen cierre de cremallera (Guerra, 2019).
- Empaque tipo cojín: Estas bolsas están disponibles en muchos tamaños, pero, generalmente, se las percibe como empaques monodosis. Aunque suelen ser pequeñas, se puede imprimir sobre toda la superficie de estas bolsas, y esto ofrece buenas oportunidades para promocionar la marca (Guerra, 2019).

2.8.4.2 Vasos/ Tazas para Contener el Café. Además de la existencia de los vasos tipo mug usados dentro de las cafeterías, existen los "take away" o desechables para poder disfrutar del café fuera del establecimiento. Debido a esto, existe una variedad de materiales usados para la fabricación de este tipo de producto:

- Vaso de icopor (poliestireno expandido)
- Vaso plástico con tapa
- Vaso de papel y cartón
- Vaso de cartón doble con pared corrugada
- Vaso plástico
- Vaso de cerámico

- Vaso de vidrio

2.8.4.3 Recipientes para Alimentos de Panadería/ Repostería.

- Platos: Es de forma circular, plano y ligeramente cóncavo en el centro, suele fabricarse de diversos materiales como plásticos, cerámicos, icopor y cartón (Ajoover-Darnel, s. f.).
- Domos transparentes: Son flexibles, transparentes y con una pestaña abre-fácil (Ajoover-Darnel, s. f.).
- Contenedores triangulares: Poseen una altura especial para cremas y decoraciones y permiten el empaque de porciones personales (Ajoover-Darnel, s. f.).
- Contenedores con base espumada: Son higiénicas, rígidas y resistentes, ideales para reposterías y usos industriales (Ajoover-Darnel, s. f.).
- Copas venecianas: Están disponibles en diversos tamaños, son versátiles y funcionales para todo tipo de postres (Ajoover-Darnel, s. f.).

3. Metodología

El tipo de estudio de este proyecto es de “investigación y desarrollo” con carácter descriptivo y evaluativo, cuyo propósito es abordar conocimientos científicos y técnicos, para la generación de nuevos productos, en este caso, una familia de envases reciclables fabricada a partir del moldeo y plegado de pulpa de celulosa y subproductos del café. La metodología de estudio aplicada al proceso de diseño está basada en la estrategia del “*Design Thinking*” propuesto por David Kelley, que consta de cinco fases consecutivas: empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar, para la obtención de resultados que permitan validar y verificar los productos, teniendo en cuenta el público objetivo.

3.1 Empatizar

Para iniciar con la investigación, se hizo una aproximación contextual siendo el caso de estudio las cafeterías, a través de una observación de campo y un estudio de benchmarking para identificar los envases existentes. Además de esto, se realizaron aproximación individuales, a través de entrevistas y cuestionarios realizadas al cliente y usuarios respectivamente, con el fin de identificar sus necesidades y obtener los requisitos de los envases.

3.1.1 Objetivo

Estudiar el contexto de cafeterías, identificando las necesidades del cliente y usuarios.

3.1.2 Método

Tabla 12. Empatizar

TIPO DE APROXIMACIÓN	ESTUDIO	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Contextual	Cafeterías	Observación de campo y Benchmarking	Para la selección de las cafeterías a visitar en la ciudad de Bucaramanga, inicialmente se preseleccionaron 14 teniendo en cuenta los factores de inclusión y exclusión pertinentes para el desarrollo del proyecto, y posterior a esto, se visitó cada localización para determinar cuáles cafeterías aún seguían en servicio y cuáles permitían la realización de entrevistas y observación de campo. Finalmente, la selección fue de un total de 6 establecimientos: Mr bono, Snob donuts, Pueblito viejo, Mata del café, Hohaldrados y 11 Onces, para analizar las condiciones del contexto y los tipos de envases usados.
Individual	Usuarios	Cuestionarios individuales	Para la selección de usuarios primarios, se realizó un cálculo de muestra basándose en un censo del año 2019 que dio como resultado un total de 42 personas, teniendo en cuenta una heterogeneidad del 50%, un margen de error del 10% y un nivel de confianza del 80%. En esta selección los usuarios debían ser mayores de 15 años y al menos, haber visitado más de una vez cafeterías antes de la crisis sanitaria mundial; a estas personas se les realizó un cuestionario en línea, para conocer sus necesidades y así, poder definir el usuario arquetipo con su respectivo mapa de empatía.
	Clientes	Entrevistas	En cada cafetería donde se permitió hacer la observación de campo, se escogió un trabajador disponible para que

			contestara una serie de preguntas mientras este era grabado en notas de voz con su autorización previa. Este acercamiento se realizó con el fin de conocer a los clientes para identificar sus problemas a la hora de servir el alimento o empaçar los envases.
--	--	--	---

3.2 Definir

Después de hacer el estudio del contexto y conocer las necesidades de los usuarios y requisitos de los envases, se realizó la lista de deseos para traducirlos en requerimientos técnicos, formales, ergonómicos, de uso, de materiales y de función. Además, se hizo su respectiva descripción y priorización, se establecieron las variables (cualitativas y cuantitativas) y los test de evaluación para cada requerimiento mencionado. Por otra parte, se definió el diagrama de actividades y el UPAC, componiendo el Brief del producto.

3.2.1 Objetivo

Definir los requerimientos de diseño para cada envase de la familia.

3.2.2 Método

Tabla 13. Definir

HERRAMIENTAS DE DEFINICIÓN	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Usuario arquetipo	Cuestionarios individuales	Teniendo en cuenta los resultados del acercamiento individual de los usuarios primarios, se definieron dos tipos de arquetipo: uno perteneciente a la generación X y el otro a la Millenials. Basándose en las respuestas de estos dos grupos generacionales, se establecieron sus motivaciones, objetivos, frustraciones y una descripción biográfica.
Mapa de empatía	Cuestionarios individuales	Después de obtener los dos usuarios arquetipos, a cada uno se le realizó su respectivo mapa de empatía, describiendo sus sentimientos, esfuerzos y resultados de estos últimos.
Diagrama de actividades	Entrevistas	Teniendo en cuenta las palabras dichas por los usuarios secundarios durante las entrevistas, se describió la secuencia de uso a través de diagramas y textos cortos explicando cada actividad.

UPAC	Cuestionarios individuales y entrevistas	Teniendo en cuenta los resultados de la aproximación individual y contextual de la etapa “empatizar”, se establecieron los usuarios terciarios e indirectos y se describió el producto a diseñar, la actividad de uso y el contexto.
Lista de deseos	Cuestionarios individuales y entrevistas	Obteniendo las respuestas de los usuarios primarios y secundarios acerca de las dificultades que presentaban al hacer uso de estos envases, se establecieron las respectivas necesidades, para transformarlas en una lista de deseos y así, plantear una posible solución de diseño. Al finalizar, estas últimas se tradujeron en requerimientos de diseño.
Requerimientos	Método Kano	Se realizó una encuesta a 65 personas pertenecientes a la generación X y Millenials, basándose en las preguntas del método kano; este cuestionario se ejecutó con el uso de la herramienta Google Forms, para que este pudiera ser contestado de manera virtual. Al finalizar, se priorizaron los requerimientos según las categorías: atractivo, unidimensionales, obligatorio, indiferente, inverso y dudoso; se establecieron las variables con su valor de aceptación, las unidades de medida y los test de evaluación.

3.3 Idear

Tras haber establecido los requerimientos de los envases, se empezó la fase de generación de ideas con base al estudio desarrollado. El objetivo de este paso era proponer, mediante métodos como el “Brainstorming” y “Focus group”, un gran número de ideas que optimizaran el material, para posteriormente hacer una mejora de ellas usando el método SCAMPER y proceder a su evaluación. Para seleccionar las alternativas, se elaboró una matriz de selección de conceptos calificando cada uno mediante los signos: + “mejor que”, 0 “igual a”, – “peor que” y posteriormente se identificaron los que se debían continuar, los que se debían desechar y los que se debían combinar.

3.3.1 Objetivo

Proponer alternativas de diseño para la familia de envases teniendo en cuenta la optimización del material.

3.3.2 Método

Tabla 14. Idear

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Moodboard y conceptboard	Antes de iniciar la lluvia de ideas, fue necesario definir un estilo indagando en campos similares al diseño industrial, tales como diseño de moda, diseño gráfico, arquitectura y fotografía. Cada tablero tenía representaciones visuales de imágenes, tipografías, colores y texturas, con el fin de transmitir las ideas del estilo y fuente de inspiración para el diseño de los envases.
Brainstorming	Basándose en la definición del estilo del moodboard y conceptboard, se realizó una lluvia de ideas de elementos de la naturaleza y objetos cotidianos, para determinar el tipo de forma en el diseño de los envases. Este listado de ideas se clasificó en diferentes grupos, según sus características en común.
Focus group	Al tener clasificadas las ideas del brainstorming, se realizó un focus group para poner en votación las ideas por categoría y así obtener un ganador por cada grupo. Las ideas finales se calificaron por última vez para seleccionar solo un concepto, y estas se realizaron de manera anónima.
SCAMPER	Después de definir el estilo y forma de los envases, se realizaron los primeros bocetos; estos posteriormente se restablecieron teniendo en cuenta el método SCAMPER: sustitución, combinación, adaptación, modificación, estudio en otro contexto, eliminación y reorganización. Al finalizar se obtuvieron los diseños que se pondrían en la matriz de selección.
Matriz de selección de Karl T. Ulrich	Teniendo en cuenta el diseño de las familias de los envases se realizó la matriz de selección definida por Karl T. Ulrich, la cual califica cada concepto de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos preestablecidos. Al finalizar, se definió si los conceptos se continuaban o descartaban y de acuerdo a estas modificaciones, se seleccionó la familia con mayor puntaje.

3.4 Prototipar

Se definieron los prototipos para cada test de evaluación: el primero se realizó según la finalidad de reproducción, fue de baja fidelidad para representar algunas características formales del objeto y evaluarlo en la siguiente etapa bajo las apreciaciones subjetivas del usuario y equipo de trabajo; el segundo se realizó según la funcionalidad reproducida, fue de carácter vertical para representar de manera exacta alguna parte del objeto y además, evaluar su funcionalidad con los usuarios, mientras otras partes del producto estaban en fase de desarrollo; y el tercero fue el

prototipo de alta fidelidad para representar las características del diseño de los envases de la manera más real y exacta, con el objetivo de conocer las opiniones finales de los usuarios y equipo de diseño.

3.4.1 Objetivo

Construir prototipos funcionales a través de procesos productivos de moldeo y plegado del material compuesto, para realizar validaciones con los usuarios y verificaciones según los requerimientos de diseño.

3.4.2 Método

Tabla 15. Prototipar

DEFINICIÓN DE PROTOTIPO	PROTOTIPO	DESCRIPCIÓN
Este prototipo se usó para las verificaciones realizadas en el software CAD SolidWorks y para las validaciones sencillas, donde el usuario sólo debía usar el sentido de la vista.	Baja fidelidad	Se representaron las características formales a través del software CAD SolidWorks y las de apariencia a través de los renderizados del software Keyshot.
Este prototipo se usó para las verificaciones que evaluarán las características del material final y para las validaciones donde los usuarios debían cumplir con ciertas actividades, interactuando con el modelo.	Carácter vertical	Para las verificaciones se realizaron láminas y recipientes genéricos elaborados en el material final; y para las validaciones, unos prototipos que simulaban la forma y tamaño real de los envases, fabricados en arcilla y cartón piedra.
Este prototipo se usó para la verificación de sellado de envases y para la validación final de usabilidad con los usuarios.	Alta fidelidad	Para poder fabricar el último prototipo, fue necesario realizar los moldes de los envases en el software CAD SolidWorks y posteriormente imprimirlos en PLA. Al finalizar, se vertió el material final dentro de estos moldes, obteniendo así los últimos prototipos.

3.5 Evaluar

En las pruebas finales, se tuvieron elaborados los prototipos para aplicar las validaciones y verificaciones propuestas en la fase anterior y así, a partir de los últimos prototipos de alta fidelidad, se evaluaron los estándares de sanidad. Para finalizar, se tuvo que comprobar que los

envases desarrollados representaban una solución para reducir la cantidad de residuos sólidos generados por los productos de uso único.

3.5.1 Objetivo

Verificar que la familia de envases cumple con los estándares de sanidad y representa una solución para disminuir la cantidad de residuos sólidos generados por los productos de uso único.

3.5.2 Método

Tabla 16. Evaluar

EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN	REQUERIMIENTOS
Verificaciones	Se aplicaron las verificaciones a 8 requerimientos de los envases, definiendo para cada test una ficha técnica y un instrumento de recolección. Para ello, se establecieron los objetivos de la evaluación, los parámetros, las variables junto a su valor de aceptación, la parafernalia y el método de evaluación con el planteamiento de roles.	Costo de producción económico.
		Diseño formal estable y que evita volcaduras.
		Material que cumple con las normas de sanidad e inocuidad.
		Material biodegradable y amigable con el medio ambiente.
		Material resistente a la tracción.
		Almacenamiento de alimentos y/o bebidas.
		Sistema de sellado que evita derrames de alimentos y/o bebidas.
		Optimización de espacio mientras el envase está en desuso o almacenamiento.
Validaciones	Se aplicaron las validaciones a 5 requerimientos de los envases, definiendo la unidad experimental con sus factores de inclusión y exclusión, la ficha técnica y el instrumento de recolección. Para ello, se establecieron los objetivos de la evaluación, los parámetros, las variables junto a su valor de aceptación, las métricas de desempeño y autorreporte, la	Apariencia formal-estética del envase agradable para los usuarios.
		Dimensiones apropiadas para las medidas antropométricas de las manos del usuario.
		Facilidad de transporte de los envases.
		Estructura del envase que evita la transmisión de temperatura al usuario.

parafernalia y el método de evaluación con el planteamiento de roles.

Interfaz sencilla entre los envases y los usuarios.

4. Definición de Stakeholders

4.1 Clientes

Los clientes objetivo para este proyecto son los establecimientos que comercializan bebidas a base de café y alimentos de panadería, esto porque en las cafeterías son muy comunes los envases de un solo uso fabricados en su mayoría de plástico.

4.1.1 Selección de Cafeterías

Con el fin de hacer la selección de cafeterías, se determinaron ciertos factores de inclusión y exclusión para poder disminuir el área de estudio y así hacer el acercamiento a los usuarios secundarios y la observación de campo.

4.1.1.1 Factores de inclusión.

- Cafeterías que usen productos de un solo uso, en su mayoría plástico.
- Cafeterías con reconocimiento local.
- Cafeterías que se limite a la venta de productos de panadería, bebidas a base de café, entre otras.
- Cafeterías que siguen abiertas después de la pandemia del COVID 19.
- Cafeterías ubicadas en la ciudad de Bucaramanga.

4.1.1.2 Factores de exclusión.

- Cafeterías que incumplan con las normas de bioseguridad para prevenir el COVID 19.
- Cafeterías cuyos productos tienen poca relación con el café.

- Cafeterías que solo usen envases no desechables, es decir, fabricados en cerámica, cristal, metal, entre otros.
- Cafeterías que no permitan la realización de encuestas y entrevistas dentro del establecimiento.

4.1.2 Resultados de la Aproximación Contextual

Las cafeterías que cumplieron con los requisitos descritos en el punto anterior fueron: Mr. Bono, Snob Donuts, Pueblito Viejo, Mata del Café, Hojaldrados y Onces; y posterior a una observación de campo y entrevistas a los trabajadores del establecimiento, se obtuvo la información pertinente para conocer las condiciones del contexto. Para información más detallada, buscar el *Apéndice B. Resultados de aproximación contextual*.

Tabla 17. Resultados de la aproximación contextual

PREGUNTA	RESPUESTA
Tipo de envases únicos usados en el establecimiento	Los envases para bebidas más usados dentro del establecimiento son los vasos de cartón y los vasos plásticos sin tapa. Por otra parte, los envases para alimentos más usados son los empaques de cartón y plástico.
Alimento y bebida de mayor consumo	Tortas, donas y bebidas de café.
Envases desechados por día	En promedio, la cantidad de envases desechados por día en una cafetería equivale aproximadamente a 66 unidades.
Adquisición de los envases	Menos de la mitad de los establecimientos encuestados utilizan envases diseñados exclusivamente para su marca.
Disposición final de los envases	Más de la mitad de los establecimientos, afirman que los envases al terminar su vida útil son desechados sin tener en cuenta su clasificación y reciclaje.

4.2 Usuarios Secundarios

Los usuarios secundarios son los trabajadores de las cafeterías, ellos deben interactuar con los envases durante la preparación de las bebidas y alimentos antes de ser entregados al cliente, ellos deben entender el proceso de ensamblaje para el caso del empaque y como deben ir dispuestos los envases dentro de este. Para información más detallada, revisar el *Apéndice C. Resultados de aproximación individual*.

4.2.1 Resultados de la Aproximación Individual

Tabla 18. Resultados de la aproximación individual

PREGUNTA	RESPUESTA
Envase más funcional	Los envases más útiles son los empaques de cartón y los vasos plásticos con tapa.
Modificaciones de mejora para el diseño de los envases actuales	La modificación más importante es la inclusión de un agarre para los vasos, con el fin de evitar quemaduras al transportarlo con bebidas calientes en su interior.
Ventajas de distribuir envases biodegradables	La mayor ventaja es su aporte positivo al medio ambiente, además, que al distribuirlos, ayudan a mejorar el posicionamiento de la empresa.
Desventajas de distribuir envases biodegradables	La mitad de los usuarios secundarios no consideraron desventajas para el uso de envases biodegradables, pero la otra mitad estableció que la baja resistencia mecánica y a altas temperaturas, eran características negativas para el uso de estos.

4.3 Usuarios Primarios

Los usuarios primarios son aquellas personas que frecuentan cafeterías en la ciudad de Bucaramanga, ellas son las que interactúan principalmente con los envases.

4.3.1 Selección Inicial de Muestra

Teniendo en cuenta los resultados del cálculo de muestra, se realizaron cuestionarios individuales a un total de 42 personas mayores de 15 años, con un 50% de heterogeneidad a través de la herramienta “Google Forms” para poder realizarlas de manera virtual. Para información más detallada, revisar el *Apéndice C. Resultados de aproximación individual*.

4.3.2 Resultados de la Aproximación Individual

Los cuestionarios se realizaron a personas pertenecientes a las generaciones: Silent, Baby boomer, generación X, Millenials y generación Z, para posteriormente definir el usuario arquetipo con sus respectivos mapas de empatía. Esta información se puede detallar en el *Apéndice E. Usuarios arquetipo* y *Apéndice F. Mapas de empatía*, respectivamente.

Tabla 19. Resultados de la aproximación individual

PREGUNTA	RESPUESTA
Frecuencia de visita a cafeterías	La mayoría de las personas encuestadas, suelen visitar las cafeterías entre 1 o 3 veces por semana.
Motivos por los que visita cafeterías	Los motivos principales por los cuales los usuarios primarios visitan cafeterías son: ir a comer algo y compartir con amigos.
Ventaja de los envases plásticos de uso único	La mayor ventaja que encuentran los usuarios primarios de utilizar envases de uso único es su practicidad.
Desventaja de los envases plásticos de uso único	La mayor desventaja que encuentran los usuarios primarios de utilizar envases de uso único es la contaminación al terminar su vida útil.
Modificaciones de mejora para el diseño de los envases actuales	Las principales modificaciones que los usuarios primarios consideran importantes son: que el material de fabricación sea biodegradable y además, resistente.
Importancia de características para el diseño de envases	Los usuarios primarios ordenaron las características de los envases de acuerdo a su nivel de importancia, estableciendo que el tipo de material y su resistencia era lo más importante; y el color y estética del envase, lo menos importante.

Condiciones para comprar envases biodegradables	<ul style="list-style-type: none"> ● El envase no debe incrementar el costo del producto. ● El envase debe ser funcional. ● El envase debe ser innovador. ● El envase debe aportar seguridad. ● El envase no debe afectar el sabor del alimento.
---	---

5. Definición de Requerimientos

5.1 Método Kano

Para poder priorizar los requerimientos, se realizó una encuesta aplicando el Método Kano a 65 personas pertenecientes a la generación X y Millenials. El porcentaje que se evidencia en la tabla hace referencia a la cantidad de población que coincidió en votar por la misma categoría, para mayor información, revisar el *Apéndice G: Resultados del Método Kano*.

Tabla 20. Método Kano

REQUERIMIENTO	PORCENTAJE	PRIORIZACIÓN	DEFINICIÓN DE CATEGORÍA
Precio asequible	32,3%	Atractivos	Generan satisfacción cuando están presentes, pero no causan insatisfacción si no están.
Diseño innovador	52,3%		
Diseño ergonómico	26,2%		
Envase con agarre	35,4%		
Material biodegradable	49,3%		
Material resistente	36,9%		
Envase que evite la transmisión de temperatura	44,6%		
Envase hermético	36,9%		

Material que cumpla con las normas de sanidad e inocuidad	50,8%	Unidimensionales	Generan satisfacción si están presentes o insatisfacción si no lo están.
Envase estable y que no se vuelque	35,4%		

5.2 Variables y Unidad de Medida

Tabla 21. Variables y unidad de medida

DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	UNIDAD DE MEDIDA	VARIABLE	VALOR DE ACEPTACIÓN
El costo de producción del envase debe ser económico.	Pesos colombianos	Cuantitativa de razón y continua	Vaso: 1500 COP máx Plato: 300 COP máx Empaque: 12.000 COP máx
La apariencia formal-estética del producto es agradable para los usuarios.	Nivel de satisfacción	Cuantitativa de razón y discreta	4 y 5 (En escala de 1-5)
El diseño formal del envase debe ser estable y evitar volcaduras.	Newton	Cuantitativa de razón y continua	Vaso y plato vacío: 0,8 N Vaso y plato lleno: 1,9 N Empaque vacío: 1,17 N Empaque lleno: 8 N
Dimensiones apropiadas para las medidas antropométricas de las manos del usuario.	Nivel de satisfacción	Cuantitativa de razón y discreta	4 y 5 (En escala de 1-5)
Sistema de agarre que facilite el transporte del envase.	Facilidad	Cualitativa ordinal y politómica	Muy fácil y fácil (En escala de facilidad)
Material que cumpla con las normas de sanidad e inocuidad.	Cumplimiento del requerimiento	Cualitativa nominal y dicotómica	Sí
Material biodegradable y amigable con el medio ambiente.	Cumplimiento del requerimiento	Cualitativa nominal y dicotómica	Sí

Material resistente a la tracción.	Cumplimiento del requerimiento	Cualitativa nominal y dicotómica	Sí
Estructura del envase que evite la transmisión de temperatura al usuario.	Sensación térmica	Cualitativa ordinal y politómica	Nada y poco (En escala de sensación térmica)
Sistema de sellado que evite derrames de alimentos y/o bebidas.	Cumplimiento del requerimiento	Cualitativa nominal y dicotómica	Sí
Almacenamiento de alimentos y/o bebidas.	ml	Cuantitativa de razón y continua	Min 330ml
Optimización de espacio de los envases almacenados	Cumplimiento del requerimiento	Cualitativa nominal y dicotómica	Sí
La interfaz de los envases debe ser sencilla y clara.	Seg y N°	Cuantitativa de razón y discreta (# errores) /continua (tiempo). Cualitativa ordinal y politómica	- Errores: 0 - Tiempo: 60 seg - Muchísimo y bastante

6. Proceso Creativo

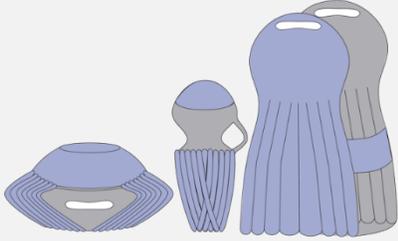
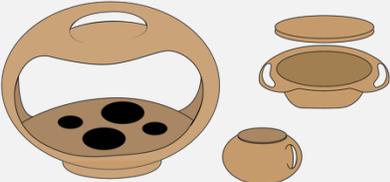
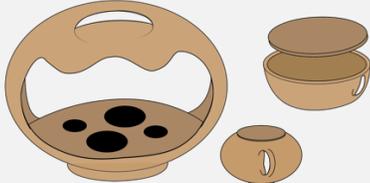
6.1 Método SCAMPER

En la fase de ideación se escogieron dos conceptos basados en el contexto del problema: la medusa y el ave alcatraz. Ambos animales están involucrados de alguna manera con la problemática de la contaminación marina; el primero porque es confundido con bolsas de plástico, provocando así que su depredador se intoxique al consumirlas; y el segundo, porque sufre de amputaciones, enredos y ahogamiento debido a desechos plásticos. A continuación se muestra el resultado de ideación tras el proceso de SCAMPER, para visualizarlo de manera detallada, revisar el *Apéndice L: Resultados SCAMPER*.

6.1.1 Concepto: Medusa

Las características que se extrajeron de este concepto fueron: las formas orgánicas, las superficies de doble curvatura y la simetría armónica de la umbrela de la medusa, además de reflejar con el diseño la fluidez de los brazos orales o tentáculos.

Tabla 22. *Alternativas iniciales vs SCAMPER: Concepto Medusa*

FAMILIA	DISEÑO INICIAL	DISEÑO TRAS SCAMPER
#1		
#2		
#3		



6.1.2 Concepto: Ave Alcatraz

Las características que se extrajeron de este concepto fueron: las formas rectas, las superficies planas y los ángulos del pico y las alas, además de reflejar con el diseño el movimiento dinámico del ave al hacer su vuelo.

Tabla 23. Alternativas iniciales vs SCAMPER: Concepto Ave alcatraz

FAMILIA	DISEÑO INICIAL	DISEÑO TRAS SCAMPER
#5		
#6		



6.2 Selección de Alternativas

Para poder evaluar las alternativas, se compararon las familias con los envases recopilados del benchmarking; teniendo en cuenta como parámetro, los requerimientos de diseño.

6.2.1 Concepto: Medusa

Tabla 24. Selección de alternativas: Concepto Medusa

MATRIZ DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS				
Requerimientos	Familia #1	Familia #2	Familia #3	Familia #4
Almacenamiento de alimentos y/o bebidas.	0	0	0	0
La apariencia formal-estética del producto es agradable para los usuarios.	-	+	-	+
Optimización de espacio de los envases almacenados.	-	-	0	0

El diseño formal del envase debe ser estable y evitar volcaduras.	0	0	0	0
Sistema de agarre que facilite el transporte del envase.	+	+	+	+
Material que cumpla con las normas de sanidad e inocuidad.	0	0	0	0
Material biodegradable y amigable con el medio ambiente.	0	0	0	0
Material resistente a la tracción.	0	0	0	0
Estructura del envase que evite la transmisión de temperatura al usuario.	+	+	0	0
Dimensiones apropiadas para las medidas antropométricas de las manos del usuario.	0	0	-	0
Sistema de sellado que evite derrames de alimentos y/o bebidas.	0	0	0	0
El costo de producción del envase debe ser económico.	-	-	0	0
La interfaz de los envases debe ser sencilla y clara.	0	0	-	0
Suma +	2	3	1	2
Suma 0	8	8	9	11
Suma -	3	2	3	0
Evaluación neta	-1	1	-2	2
Posición	3	2	4	1
¿Continuar?	NO	COMBINAR	NO	MODIFICAR

Para la matriz de selección de alternativas del Concepto: Medusa, se evaluaron las 4 familias comparando el cumplimiento de los requerimientos de producto respecto a los envases biodegradables encontrados en el benchmarking; la evaluación se midió mediante los signos: +

“mejor que”, 0 “igual a” y –“peor que”. Los resultados reflejaron una continuación de diseño para la familia 4, junto a una combinación de alternativas con la familia 2 para cumplir con los requerimientos definidos.

6.2.2 Concepto: Ave Alcatraz

Tabla 25. Selección de alternativas: Concepto Ave alcatraz

MATRIZ DE SELECCIÓN DE CONCEPTOS				
Requerimientos	Familia #5	Familia #6	Familia #7	Familia #8
Almacenamiento de alimentos y/o bebidas.	0	0	0	0
La apariencia formal-estética del producto es agradable para los usuarios.	+	+	-	+
Optimización de espacio de los envases almacenados.	-	-	0	-
El diseño formal del envase debe ser estable y evitar volcaduras.	0	0	-	0
Sistema de agarre que facilite el transporte del envase.	+	+	0	0
Material que cumpla con las normas de sanidad e inocuidad.	0	0	0	0
Material biodegradable y amigable con el medio ambiente.	0	0	0	0
Material resistente a la tracción.	0	0	0	0
Estructura del envase que evite la transmisión de temperatura al usuario.	+	0	0	+
Dimensiones apropiadas para las medidas antropométricas de las manos del usuario.	0	0	0	0
Sistema de sellado que evite derrames de alimentos y/o bebidas.	0	0	0	0
El costo de producción del envase debe ser económico.	+	-	+	-

La interfaz de los envases debe ser sencilla y clara.	0	0	0	0
Suma +	3	2	1	2
Suma 0	9	9	10	9
Suma -	1	2	2	2
Evaluación neta	2	1	-1	0
Posición	1	2	3	2
¿Continuar?	MODIFICAR	COMBINAR	NO	COMBINAR

Para la matriz de selección de alternativas del Concepto: Ave alcatraz, se evaluaron las 4 familias comparando el cumplimiento de los requerimientos de producto respecto a los envases biodegradables encontrados en el benchmarking; la evaluación se midió mediante los signos: + “mejor que”, 0 “igual a” y –“peor que”. Los resultados reflejaron una continuación de diseño para la familia 5, junto a una combinación de alternativas con la familia 2 y 4 para cumplir con los requerimientos definidos.

6.3 Alternativas Finales

6.3.1 Concepto: *Medusa*

Figura 5. *Alternativas: Concepto Medusa*





6.3.2 Concepto: Ave Alcatraz

Figura 6. Alternativas: Concepto Ave alcatraz



7. Diseño y Pruebas Preliminares

7.1 Modelos Iniciales 3D

El diseño de los envases está inspirado por el concepto japonés del wabi sabi, el cual se caracteriza principalmente por valorar la belleza estética en objetos simples y humildes, u objetos con apariencia de deterioro por el paso del tiempo. Esta definición tiene coherencia con el concepto del proyecto al tratarse de objetos simples fabricados a partir de materiales reciclados que les dan una apariencia natural, con el propósito de que las personas comprendan la importancia de reducir la contaminación hacia el medio ambiente como es el caso de los envases de un solo uso, objetos con un ciclo de vida corto.

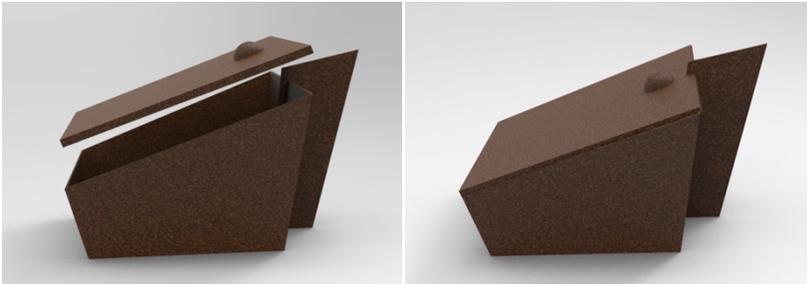
7.1.1 Renderizado de los Vasos

Tabla 26. Modelado 3D: Vasos

FAMILIA	VASO	
<p>Familia A (Concepto: Medusas)</p>		
<p>Familia B (Concepto: Ave alcatraz)</p>		

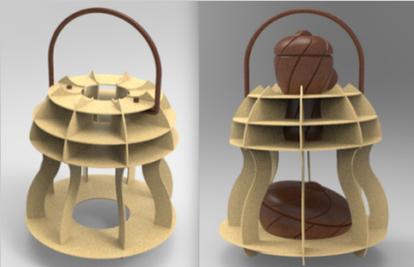
7.1.2 *Renderizado de los Platos*

Tabla 27. Modelado 3D: Platos

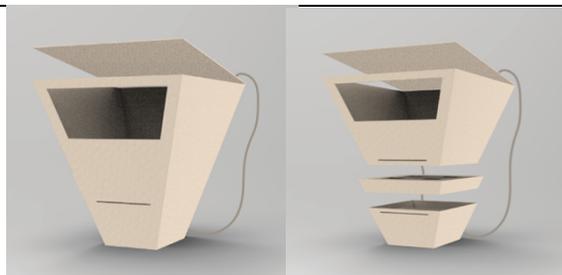
FAMILIA	PLATO	
<p>Familia A (Concepto: Medusas)</p>		
<p>Familia B (Concepto: Ave alcatraz)</p>		

7.1.3 *Renderizado del Empaque*

Tabla 28. Modelado 3D: Empaques

FAMILIA	EMPAQUE	
<p>Familia A (Concepto: Medusas)</p>		

Familia B
(Concepto: Ave alcastraz)



7.2 Prototipos Según el Test

Tabla 29. *Prototipos según el test*

TIPO DE PROTOTIPO	DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO	DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	TIPO DE TEST
Baja fidelidad - Familia A: Modelo CAD en 3d - Familia B: Modelo CAD en 3d	Se usó para representar algunas características formales del objeto, con el fin de evaluar mediante encuestas en el caso de las validaciones y mediante el cumplimiento de valor de aceptación, en el caso de las verificaciones.	Almacenamiento de alimentos y/o bebidas.	Verificación
		La apariencia formal-estética del producto es agradable para los usuarios.	Validación
		Optimización de espacio de los envases almacenados	Verificación
		El diseño formal del envase debe ser estable y evitar volcaduras.	Verificación
Carácter vertical - Familia A: Modelos en arcilla, cartón piedra, papel reciclado y subproductos de café - Familia B: Modelos cartón paja, papel reciclado y subproductos de café	Se usó para representar de manera exacta alguna parte del envase mientras otras estaban en fase de desarrollo; estos prototipos fueron elaborados en arcilla, cartón piedra y cartón paja, para evaluar la parte formal y en subproductos de café y papel reciclado, para evaluar el tipo de material.	Sistema de agarre que facilite el transporte del envase.	Validación
		Material que cumpla con las normas de sanidad e inocuidad.	Verificación
		Material biodegradable y amigable con el medio ambiente.	Verificación
		Material resistente a la tracción.	Verificación
		Estructura del envase que evite la transmisión de temperatura al usuario.	Validación
		Dimensiones apropiadas para las medidas antropométricas de las manos del usuario.	Validación

<p>Alta fidelidad</p> <p>- Familia A: Modelo final fabricado con subproductos de café y papel reciclado.</p> <p>- Familia B: Modelo final fabricado con subproductos de café y papel reciclado.</p>	<p>Se usó para representar las características finales del diseño de la manera más real y exacta, con el objetivo de conocer las últimas opiniones de los usuarios.</p>	<p>Sistema de sellado que evite derrames de alimentos y/o bebidas.</p>	<p>Verificación</p>
		<p>El costo de producción del envase debe ser económico.</p>	<p>Verificación</p>
		<p>La interfaz de los envases debe ser sencilla y clara.</p>	<p>Validación</p>

7.3 Pruebas del Material

7.3.1 Material para el Vaso y el Plato

7.3.1.1 Determinación del Material. Inicialmente para la caracterización de este material, se analizaron diferentes proyectos de investigación que han hecho uso de algunas de las materias primas que se estudiaron en este proyecto. Por ejemplo, un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia analizó un material polimérico reforzado con mezclas de resina de pino (colofonia) y cera de abeja, para posteriormente determinar las proporciones para mejorar las propiedades del material principal.

Este estudio se tomó como referencia debido a que el propósito de la colofonia con cera era reforzar las propiedades físicas y mecánicas de la materia prima, como en el caso de este proyecto, complementar la borra y endocarpio, mejorando así sus propiedades; además, en esa investigación se concluye que la mezcla de colofonia con cera presenta mejores resultados en comparación con los obtenidos de estos productos por separado, ya que aumenta la ductilidad y mejora la resistencia a la tracción, es decir, la combinación de colofonia con cera de abeja proporciona un efecto sinérgico a la mezcla porque son materiales complementarios (Pavón Vargas, 2019).

Por otra parte, para reforzar las propiedades térmicas del material, se añadió chamota a la mezcla tras analizar un estudio de la Universidad Francisco de Paula Santander. En este reportan la morfología y el comportamiento térmico de un material compuesto a base de polvos de residuos de la industria cerámica tradicional (chamota) y resina copolimérica; para concluir que a mayor concentración de resina, la cinética de descomposición del material es más lenta y debido a los porcentajes de pérdida y los residuos, las muestras son estables térmicamente (Naranjo et al., 2018).

Tabla 30. Determinación del material

PRUEBA	INGREDIENTES PRINCIPALES	AGLOMERANTE	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIÓN
#1 	Borra 46 gr Endocarpio 16 gr Agua 55 ml	Colbón madera 40 gr	Se mezclaron los ingredientes con el aglomerante, y al tener una masa homogénea, esta se trasladó a unos moldes pequeños hasta dejarse secar.	El aglomerante permite que la mezcla sea homogénea y los ingredientes se compacten. Aunque se lograron moldear formas, el material presentaba filtraciones y se desmoronaba con facilidad.
#2 	Borra 50 gr Endocarpio 25gr Agua 50 ml	Pegante de azúcar 50 gr	Inicialmente se preparó el pegante disolviendo azúcar, vinagre, harina de trigo y agua, a fuego lento. Y posteriormente, se repitió el procedimiento de la prueba #1.	Al desmoldar, la masa, esta se desmoronó por completo; por lo observado al incorporar el agua, se cree que es debido a la gran cantidad de esta.
#3 	Borra 50 gr Endocarpio 25 gr	Pegante de azúcar 120 gr	El procedimiento fue el mismo de la prueba #1, solo que se usó pegamento de azúcar.	Debido al resultado anterior se aumentó la cantidad de pegamento y se eliminó el agua de la mezcla. Esta vez sí se logró moldear la masa con una con una textura más

<p>#4</p> 	<p>Borra 54 gr</p>	<p>Pegante de azúcar 200 gr</p>	<p>El procedimiento fue el mismo de la prueba #3.</p>	<p>compacta y menos rugosa. Para esta prueba se aumentó la cantidad de endocarpio y de pegamento. Se logró hacer una forma de mayor volumen con paredes más delgadas; y debido al aumento de pegamento en la mezcla, se volvió más homogénea, mejorando la textura.</p>
<p>#5</p> 	<p>Endocarpio 54gr</p>	<p>Pegante de azúcar 200 gr</p>	<p>Se preparo una mezcla de aceite mineral con cera de abejas a fuego lento, posterior a esto se vertió en un recipiente y se dejó secar hasta que quedara un sólido cremoso. Luego se repitió el procedimiento de la prueba #4 y al tener seca esta última mezcla, se aplicó de manera superficial la crema.</p>	<p>Estéticamente, el acabado superficial mejoró con la aplicación de esta crema, ya que aportó brillo y disminución de texturas rugosas. Pero, debido a la poca absorción del material, al paso de varios días, su superficie se sentía aún un poco grasosa.</p>
<p>#7</p> 	<p>Borra 54 gr</p>	<p>Pegante de azúcar 200 gr</p>	<p>Se repitió el procedimiento de la prueba #4 y además se le añadió cera derretida a esta mezcla. Se dejó secar dentro del molde.</p>	<p>Aunque se dejó secar por más de 24 horas y se agilizó el proceso de secado con herramientas externas, el modelo siempre mantuvo la superficie grasosa y nunca solidificó como si la aplicación de la cera hubiera impedido la adhesión.</p>
<p>#8</p> 	<p>Borra 54 gr</p>	<p>Pegante de azúcar 200 gr</p>	<p>Se repitió el procedimiento de la prueba #4 y al secarse, se le aplicó cera caliente por medio de brochazos para mejorar el acabado superficial.</p>	<p>Aunque la cera se derretía fácilmente, al pasar los brochazos, esta sustancia pasaba inmediatamente de estado líquido a un cristalino, dificultando así su</p>
	<p>Endocarpio 54gr</p>			
	<p>Cera de abeja 30 gr</p>			
	<p>Aceite mineral 120ml</p>			
	<p>Borra 54 gr</p>			
	<p>Endocarpio 54gr</p>			
	<p>Cera de abeja 30 gr</p>			
	<p>Borra 54 gr</p>			
	<p>Endocarpio 54gr</p>			
	<p>Cera de abeja 30 gr</p>			

				aplicación sobre el modelo.
#9	 <p>Borra 54 gr</p> <p>Endocarpio 54gr</p> <p>Cera de abeja 30 gr</p> <p>Resina de pino 100 gr</p> <p>Agua 30 ml</p>	Pegante de azúcar 200 gr	Se repitió el procedimiento de la prueba #4, posterior a esto se puso a fuego lento la mezcla de cera, resina y agua; esta última se aplicó por medio de brochazos al modelo inicial, para mejorar su acabado superficial.	Al añadir agua y resina a la cera en estado líquido facilitó su aplicación sobre el modelo, pero esta al secarse, tomaba un color blanquecino y además al pasar la uña sobre este, se deterioraba fácilmente.
#10	 <p>Borra 54 gr</p> <p>Endocarpio 54gr</p> <p>Cera de abeja 10 gr</p> <p>Resina de pino 40 gr</p>	Pegante de azúcar 200 gr	Se repitió el procedimiento de la prueba #4, posterior a esto se puso a fuego lento la mezcla de cera y resina; esta última se aplicó por medio de brochazos al modelo inicial, para mejorar su acabado superficial.	Al quitarle el agua a la mezcla de la sustancia a aplicar en la superficie, el color blanquecino desapareció y se transformó en transparente. Aunque su apariencia física mejoró, la textura se volvió muy quebradiza.
#11	 <p>Borra 30 gr</p> <p>Endocarpio 30 gr</p>	120 gr de Resina de pino y 20 gr de cera	Se puso a derretir a fuego lento la resina con la cera y al estar completamente líquido, se agregaron los dos subproductos de café. Esta mezcla se revuelve durante unos segundos y al estar homogénea, se vertió dentro del molde.	La apariencia fue la mejor respecto a las pruebas anteriores, todo se veía más compacto y además al resultar la mezcla líquida, iba a facilitar su vertido en moldes. La única desventaja es que es muy vulnerable a las altas temperaturas.
#12	 <p>Borra 54 gr</p> <p>Endocarpio 54gr</p> <p>Chamota 135 gr</p>	231 gr de Resina de pino y 39 gr de cera	Se repitió el procedimiento de la prueba #11 y al momento de añadir los subproductos de café, simultáneamente se agregó la chamota.	La apariencia es similar a la de la prueba #12, la única diferencia es que su color se torna un poco rojizo debido a la inclusión de la chamota. Además, tiene como ventaja respecto a las pruebas anteriores, que mejoró su

7.3.1.2 Composición del Material Final.**Tabla 31. Composición del material final**

MATERIAL	PORCENTAJE
Borra	10,5%
Endocarpio	10,5%
Chamota	26,3%
Cera de abejas	7,6%
Resina de pino	45%

7.3.1.3 Proceso de Elaboración del Material. A continuación, se describe el proceso artesanal llevado a cabo, para el desarrollo del material usado en la fabricación del vaso y el plato:

Tabla 32. Proceso de elaboración del material

PASO	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA
1	Pesar los componentes del material con ayuda de una gramera, teniendo en cuenta sus respectivas proporciones.	
2	Clasificar en diferentes envases los materiales a mezclar.	

3	Poner a calentar en una olla la resina de pino y cera de abejas, a fuego lento.	
4	Cuando estos dos componentes estén en estado líquido, agregar la borra, endocarpio y chamota.	
5	Mezclar hasta que la mezcla esté homogénea.	

7.3.2 Material para el Empaque

7.3.2.1 Determinación del Material. Para iniciar con las pruebas de este material, se estableció como parámetro inicial, una proporción establecida en un estudio de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador sobre la elaboración de papel artesanal de caña guadua; este indicaba una proporción de 12 gramos de pulpa en 8 litros de agua (Chiluiza y Hernández, 2009). Además, analizando los subproductos de café, se encontró que el endocarpio o cascarilla constituye una excelente fuente de celulosa y lignina (Cabañas, et al., 2010), componentes óptimos para la elaboración del papel artesanal.

Tabla 33. *Determinación del material*

PRUEBA	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIÓN
#1 	Papel 12 gr	Durante 3 horas se dejó en agua trozos de papel rasgado junto con el endocarpio, posterior a esto se incorporó esta mezcla en una licuadora para transformarla en una pulpa y esta última se vertió en un tanque lleno de agua. Luego con el bastidor se recogió material vertido en el tanque y finalmente sobre un pañuelo se dejó secar la hoja.	El papel y el endocarpio no se homogeneizaron bien y quedaron las fibras muy separadas, haciendo que la lámina de papel fuera muy frágil. Además, el calibre de la hoja era muy delgado para el contexto de uso al que se iba someter.
	Endocarpio 86 gr		
	Agua 8 L		
#2 	Papel 12 gr	En este caso, se molió por segunda vez el endocarpio y nuevamente se repitió el proceso de la prueba #1. Además, después de poner una lámina sobre el pañuelo, se le agregó otra encima para aumentar el calibre.	Debido a la disminución del tamaño de las fibras del endocarpio y la mezcla con el papel fue más homogénea y la dureza del material mejoró, debido al aumento del calibre. La desventaja de esta prueba fue que, al no prensarse, la hoja final se curvó.
	Endocarpio 86 gr		
	Agua 8 L		
#3 	Papel 114 gr	Se repitió el mismo procedimiento de la prueba #2, sólo que se cambiaron las proporciones de los componentes del material.	Debido al cambio de proporciones en la elaboración de la hoja, esta se volvió más flexible, disminuyó su textura rugosa y su color tomó un tono más blanco.
	Endocarpio 57 gr		
	Agua 9 L		
	Endocarpio 57 gr		
	Agua 9 L		

7.3.2.2 Composición del Material Final.

Tabla 34. Composición del material final

MATERIAL	PORCENTAJE
Papel	1,3%
Endocarpio	0,7%
Agua	98%

7.3.2.3 Proceso de Elaboración del Material. A continuación, se describe el proceso artesanal llevado a cabo, para el desarrollo del material usado en la fabricación del empaque:

Tabla 35. Proceso de elaboración del material

PASO	DESCRIPCIÓN	EVIDENCIA
1	Después de haber proporcionado los componentes y haberlos dejado en remojo durante 3 horas, se debe licuar la mezcla hasta transformarla en pulpa.	
2	Verter la pulpa en un tanque con agua y revolver ligeramente con la mano.	

- 3 Sumergir el bastidor con tamiz dentro del tanque y retirar hasta escurrir.



- 4 Retirar el marco del tamiz para ver si la pulpa quedó con la forma de la hoja.



- 5 Voltear el bastidor sobre una lanilla de algodón y secar la superficie con un paño.



- 6 Dejar secar la hoja sobre la lanilla y ayudar con un secador si es necesario.



7.4 Verificaciones

Con el fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos propuestos para los productos se realizaron las pruebas de verificación para determinar el correcto funcionamiento de algunas características de los productos como la estabilidad, capacidad, el sistema de sellado, almacenamiento, la inocuidad del material, costos de producción. Para cada prueba se definió una

metodología, se determinaron las variables a evaluar y se plantearon unos instrumentos para la recolección de los datos que se pueden encontrar con mayor detalle en el *Apéndice M: Fichas técnicas de verificación*.

7.4.1 Análisis del Momento de Volcadura

7.4.1.1 Resultados de la Evaluación.

Tabla 36. Resultados de la evaluación: Concepto Medusa

FAMILIA A		ENVASES SIN CONTENIDO	ENVASES CON CONTENIDO	
V A S O	Diagrama de cuerpo libre DCL			
	Masa	0,1725 kg	0,5125 kg	
	Coefficiente de fricción	0,5		
	Sumatoria de fuerzas en Y	$\Sigma f_y = 0$ $N - 1,7 = 0$ $N = 1,7 \text{ N}$	$\Sigma f_y = 0$ $N - 5 = 0$ $N = 5 \text{ N}$	
	Sumatoria de fuerzas en X	$\Sigma f_x = 0$ $F_r - F = 0$ $(0,5 * N) - F = 0$ $(0,5 * 1,7) - F = 0$ $F = 0,85 \text{ N}$	$\Sigma f_x = 0$ $F_r - F = 0$ $(0,5 * N) - F = 0$ $(0,5 * 5) - F = 0$ $F = 2,5 \text{ N}$	
	Sumatoria de fuerzas respecto a A	$\Sigma f_m A = 0$ $(F * h) + (N * b) - (W * b) = 0$ $(0,85 * h) + (0) - (1,7 * 0,03) = 0$ $0,85h = 0,051$ $h = 0,06 \text{ m}$	$\Sigma f_m A = 0$ $(F * h) + (N * b) - (W * b) = 0$ $(2,5 * h) + (0) - (5 * 0,03) = 0$ $2,5h = 0,15$ $h = 0,06 \text{ m}$	
	Parámetro de aceptación	$T = 0 \text{ N.m}$ $F = 0,8 \text{ N}$	$T = 0 \text{ N.m}$ $F = 1,9 \text{ N}$	
	Resultado	$F = 0,85 \text{ N}$ $h = 0,06 \text{ m}$ $T = 0,051 \text{ N.m}$	$F = 2,5 \text{ N}$ $h = 0,06 \text{ m}$ $T = 0,15 \text{ N.m}$	
	P L A T O	Diagrama de cuerpo libre DCL		
		Masa	0,3304 kg	0,8084 kg

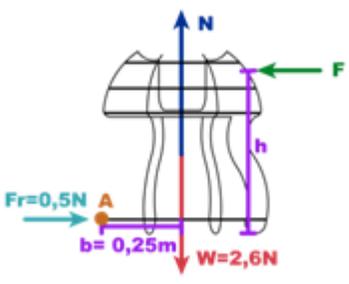
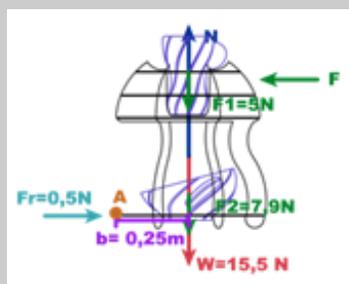
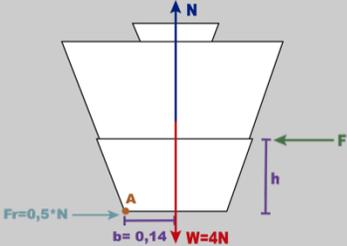
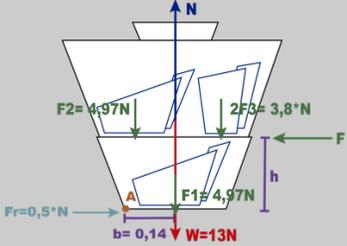
Coeficiente de fricción		0,5	
Sumatoria de fuerzas en Y	$\Sigma f_y=0$ $N-3,2=0$ $N=3,2 \text{ N}$	$\Sigma f_y=0$ $N-7,9=0$ $N=7,9 \text{ N}$	
Sumatoria de fuerzas en X	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*3,2)-F=0$ $F=1,6 \text{ N}$	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*7,9)-F=0$ $F=3,95 \text{ N}$	
Sumatoria de fuerzas respecto a A	$\Sigma fm_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(1,6*h)+(0)-(3,2*0,04)=0$ $1,6h=0,128$ $h=0,08 \text{ m}$	$\Sigma fm_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(3,95*h)+(0)-(7,9*0,04)=0$ $3,95h=0,316$ $h=0,08 \text{ m}$	
Parámetro de aceptación	$T= 0 \text{ N.m}$ $F= 0,8 \text{ N}$	$T= 0 \text{ N.m}$ $F= 1,9 \text{ N}$	
Resultado	$F=1,6 \text{ N}$ $h=0,08 \text{ m}$ $T= 0,128 \text{ N.m}$	$F=3,95 \text{ N}$ $h=0,08 \text{ m}$ $T= 0,316 \text{ N.m}$	
Diagrama de cuerpo libre DCL			
Masa	0,266 kg	1,5869 kg	
Coeficiente de fricción		0,5	
Sumatoria de fuerzas en Y	$\Sigma f_y=0$ $N-2,6=0$ $N=2,6 \text{ N}$	$\Sigma f_y=0$ $N-7,9-5-15,5=0$ $N=28,4 \text{ N}$	
Sumatoria de fuerzas en X	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*2,6)-F=0$ $F=1,3 \text{ N}$	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*28,4)-F=0$ $F=14,2 \text{ N}$	
Sumatoria de fuerzas respecto a A	$\Sigma fm_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(1,3*h)+(0)-(2,6*0,25)=0$ $1,3h=0,65$ $h=0,5 \text{ m}$	$\Sigma fm_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)-(F1*b)-(F2*b)=0$ $(14,2*h)+(0)-(15,5*0,25)-(5*0,25)-(7,9*0,25)=0$ $14,2h-3,8-1,25-1,9=0$ $h=0,65/14,2$ $h=0,045$	
Parámetro de aceptación	$T= 0 \text{ N.m}$ $F= 1,17 \text{ N}$	$T= 0 \text{ N.m}$ $F= 8 \text{ N}$	
Resultado	$F=1,3 \text{ N}$ $h=0,5 \text{ m}$ $T= 0,65 \text{ N.m}$	$F=14,2 \text{ N}$ $h=0,045 \text{ m}$ $T= 0,639 \text{ N.m}$	

Tabla 37. Resultados de la evaluación: Concepto Ave alcatraz

FAMILIA B	ENVASES SIN CONTENIDO	ENVASES CON CONTENIDO
Diagrama de cuerpo libre DCL		
Masa	0,043 kg	0,393 kg
Coefficiente de fricción	0,5	
Sumatoria de fuerzas en Y	$\Sigma f_y=0$ $N-0,42=0$ $N=0,42 \text{ N}$	$\Sigma f_y=0$ $N-3,8=0$ $N=3,8 \text{ N}$
Sumatoria de fuerzas en X	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*0,42)-F=0$ $F=0,21 \text{ N}$	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*3,8)-F=0$ $F=1,9 \text{ N}$
Sumatoria de fuerzas respecto a A	$\Sigma m_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(0,21*h)+(0)-(0,42*0,04)=0$ $0,21h=0,016$ $h=0,08 \text{ m}$	$\Sigma m_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(1,9*h)+(0)-(3,8*0,04)=0$ $1,9h=0,152$ $h=0,08 \text{ m}$
Parámetro de aceptación	$T=0 \text{ N.m}$ $F=0,8 \text{ N}$	$T=0 \text{ N.m}$ $F=1,9 \text{ N}$
Resultado	$F=0,21 \text{ N}$ $h=0,08 \text{ m}$ $T=0,016 \text{ N.m}$	$F=1,9 \text{ N}$ $h=0,08 \text{ m}$ $T=0,152 \text{ N.m}$
Diagrama de cuerpo libre DCL		
Masa	0,058 kg	0,508 kg
Coefficiente de fricción	0,5	
Sumatoria de fuerzas en Y	$\Sigma f_y=0$ $N-0,57=0$ $N=0,57 \text{ N}$	$\Sigma f_y=0$ $N-4,97=0$ $N=4,97 \text{ N}$
Sumatoria de fuerzas en X	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*0,57)-F=0$ $F=0,285 \text{ N}$	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*4,97)-F=0$ $F=2,48 \text{ N}$
Sumatoria de fuerzas respecto a A	$\Sigma m_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(0,285*h)+(0)-(0,57*0,1)=0$ $0,285h=0,057$	$\Sigma m_A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(2,48*h)+(0)-(4,97*0,1)=0$ $2,48h=0,497$

P
L
A
T
O

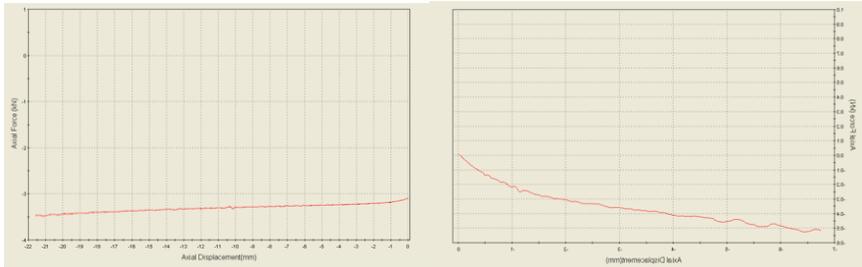
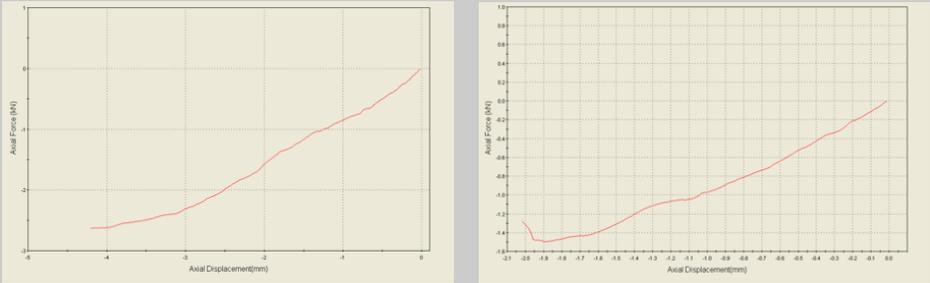
	$h=0,2\text{ m}$	$h=0,17\text{ m}$	
Parámetro de aceptación	$T= 0\text{ N.m}$ $F= 0,8\text{ N}$	$T= 0\text{ N.m}$ $F= 1,9\text{ N}$	
Resultado	$F=0,285\text{ N}$ $h=0,2\text{ m}$ $T= 0,057\text{ N.m}$	$F=2,48\text{ N}$ $h=0,17\text{ m}$ $T= 0,497\text{ N.m}$	
Diagrama de cuerpo libre DCL			
Masa	0,428 kg	1,329 kg	
Coefficiente de fricción	0,5		
E M P A Q U E	Sumatoria de fuerzas en Y	$\Sigma f_y=0$ $N-4=0$ $N=4\text{ N}$	$\Sigma f_y=0$ $N-4,97-4,97-3,8-3,8-13=0$ $N=30,54\text{ N}$
	Sumatoria de fuerzas en X	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*4)-F=0$ $F=2\text{ N}$	$\Sigma f_x=0$ $F_r-F=0$ $(0,5*N)-F=0$ $(0,5*30,54)-F=0$ $F=15,27\text{ N}$
	Sumatoria de fuerzas respecto a A	$\Sigma f_m A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)=0$ $(2*h)+(0)-(4*0,14)=0$ $2h=0,56$ $h=0,28\text{ m}$	$\Sigma f_m A=0$ $(F*h)+(N*b)-(W*b)-(F1*b)-(F2*b/2)-(F3*b+b/2)=0$ $(15,27*h)+(0)-(13*0,14)-(4,97*0,14)-(4,97*0,07)-(3,8*0,21)-(3,8*0,21)=0$ $15,27h-1,82-0,7-0,34-0,8-0,8=0$ $h=4,46/15,27$ $h=0,29$
Parámetro de aceptación	$T= 0\text{ N.m}$ $F= 1,17\text{ N}$	$T= 0\text{ N.m}$ $F= 8\text{ N}$	
Resultado	$F=2\text{ N}$ $h=0,28\text{ m}$ $T= 0,56\text{ N.m}$	$F=15,27\text{ N}$ $h=0,29\text{ m}$ $T= 3,9\text{ N.m}$	

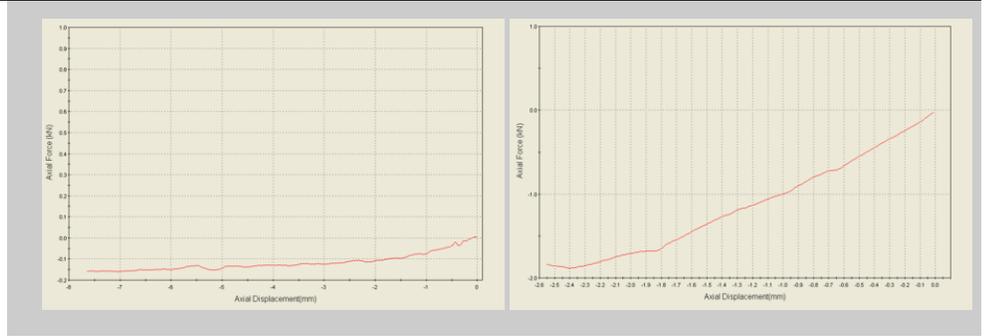
7.4.1.2 Observación de los Resultados. Al comparar la fuerza aproximada de la mano en el contexto de uso con los resultados del análisis del momento de volcadura, se puede observar que los tres envases de la familia A cumplen con el requerimiento de estabilidad cuando contienen o no alimentos. Esto se evidencia al visualizar que todas las fuerzas resultantes son mayores que la fuerza de aceptación, es decir, se necesita una mayor fuerza a la establecida para que los envases se volteen. Sin embargo, en el caso de la familia B para el vaso y plato vacío, los resultados obtenidos fueron menores a dicha fuerza del contexto de uso, indicando una reevaluación de la forma de ambos envases.

7.4.2 Análisis Estático de los Envases

7.4.2.1 Resultados de la Evaluación.

Tabla 38. Resultados de las pruebas mecánicas

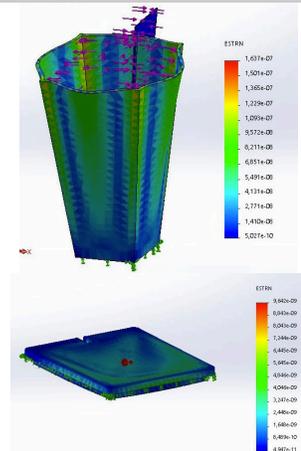
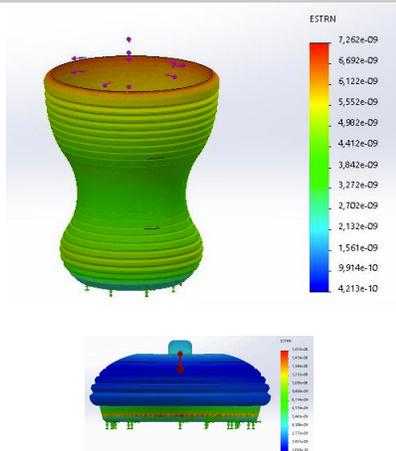
PRUEBAS DE LABORATORIO (FLEXIÓN, TRACCIÓN Y COMPRESIÓN)	
PROBETAS	GRÁFICO DEL RESULTADO
	
	



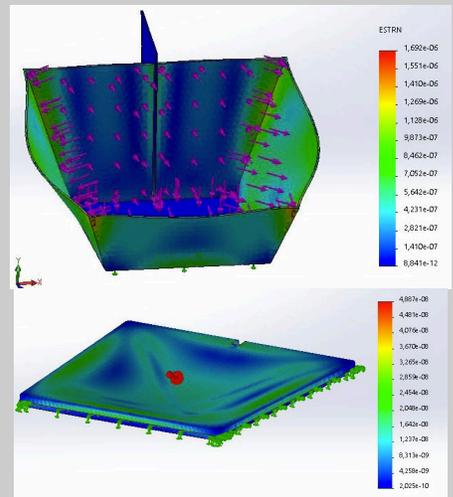
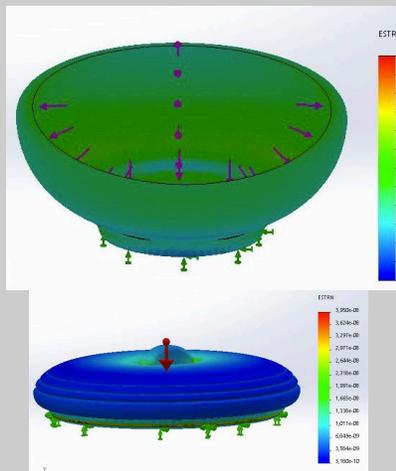
PRUEBAS EN SOLIDWORKS

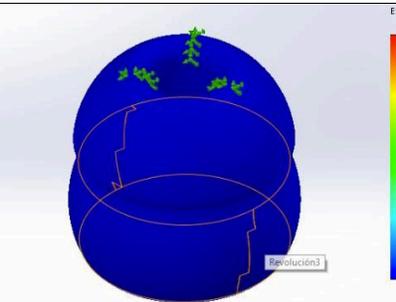
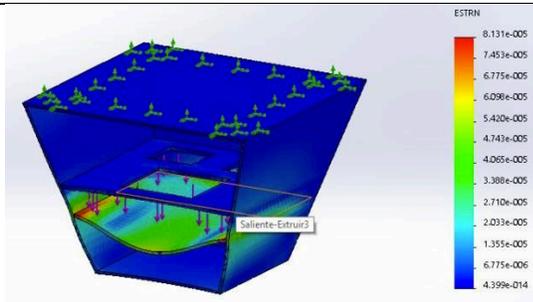
ENVASE FAMILIA A FAMILIA B

Vaso



Plato



<p>Empaque</p>		
<p>¿Cumple con el requerimiento?</p>	<p>Sí</p>	<p>Sí</p>

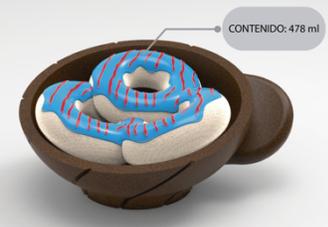
7.4.2.2 Observación de los Resultados. Se realizó una evaluación para determinar la resistencia del material basada en la estructura de los vasos, platos y empaques, obteniendo resultados favorables respecto al comportamiento de estos en una situación de uso; los gráficos de SolidWorks evidencian como reaccionarían los productos ante fuerzas externas en el contexto de estudio.

7.4.3 Medición del Volumen de los Envases

7.4.3.1 Resultados de la Evaluación.

Tabla 39. Resultados de la evaluación

FECHA	RESPONSABLES			
10 de abril 2021	Ariadna Rodríguez Chaparro y Juan Camilo Triana León			
ENVASE A EVALUAR	EVIDENCIA DE TOMA DE DATOS	PARÁMETRO DE ACEPTACIÓN	RESULTADO	CONCLUSIÓN
<p>V A S O A</p>		<p>Mínimo 330 ml</p>	<p>340 ml</p>	

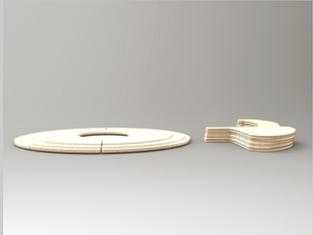
P L A T O A		Mínimo 330 ml 478 ml	La capacidad del vaso es superior al parámetro de aceptación, lo cual indica que el volumen es adecuado para su contexto de uso.
V A S O B		Mínimo 330 ml 350 ml	
P L A T O B		Mínimo 330 ml 450 ml	

7.4.3.2 Observación de los Resultados. Se realizó una evaluación con respuesta satisfactoria para determinar la capacidad de almacenamiento de los envases propuestos. Los vasos de la familia A y B, tienen la capacidad de almacenar: 340 ml y 350 ml respectivamente; y los platos A y B: 478 ml y 450 ml, respectivamente. Los resultados indican que el volumen que almacenan ambos envases cumplen con el valor mínimo de aceptación, para la porción de bebida de una persona y porción de alimento de dos personas.

7.4.4 Almacenamiento de los Envases

7.4.4.1 Resultados de la Evaluación.

Tabla 40. Resultados de la evaluación

FECHA		RESPONSABLES		
10 de abril 2021		Ariadna Rodríguez Chaparro y Juan Camilo Triana León		
ENVASE A EVALUAR	EVIDENCIA DE TOMA DE DATOS	PARÁMETRO DE ACEPTACIÓN	RESULTADO	CONCLUSIÓN
V A S O A		Sí es apilable	Apilable	Tanto la forma de las tapas como la del cuerpo del vaso, permite que se puedan guardar uno dentro del otro. La desventaja es que, en el caso de apilar los vasos, la cantidad máxima para que la columna no se caiga es de tan solo 4.
P L A T O A		Sí es apilable	Apilable	Tanto la forma de las tapas como la del cuerpo del plato, permite que se puedan guardar uno dentro del otro. Las desventajas son que, en el caso de apilar los platos, la cantidad máxima para que la columna no se caiga es de tan solo 4; además visualmente parece desordenado.
E M P A Q U E A		Sí es desarmable	Desarmable	Debido a que el empaque es completamente desarmable, permite apilar las piezas una sobre otra. La desventaja es que este método no optimiza el tiempo de armado.
V A S O B		Sí es apilable	Apilable	La forma de las tapas permite que se apilen fácilmente entre ellas y la del vaso, permite que se puedan guardar uno dentro del otro. La desventaja es que, el diseño del asa disminuye la cantidad de vasos a apilar.

P L A T O B		Sí es apilable	Apilable	Tanto la forma de las tapas como la del cuerpo del plato, permiten que se puedan guardar uno dentro del otro. La desventaja es que el diseño del asa disminuye la cantidad de platos a apilar; además visualmente parece desordenado.
E M P A Q U E A		Sí es desarmable	Desarmable	Debido a que el empaque se divide en tres secciones, permite que sea desarmable para poder apilar el mismo tipo de pieza sobre otra. La desventaja es que se debería apilar en tres filas diferentes.

7.4.4.2 Observación de los Resultados. Se evidencia el cumplimiento del objetivo de la evaluación gracias a que las formas de las tapas y estructura de los envases de ambas familias, permiten el apilamiento, es decir, se logra optimizar cierto espacio de almacenamiento; sin embargo, en ambos casos es necesario rediseñar el asa de los envases para aumentar la cantidad de objetos apilados y en el caso de la familia A, disminuir el tamaño de la parte inferior del vaso para que encaje más fácil uno dentro de otro. Respecto a los empaques, ambos son desarmables; sin embargo, el de la familia A no optimiza el tiempo de armado y el de la familia B es necesario apilar por separado cada parte de este.

7.4.5 Pruebas de Migración y Microbiológicas del Material

7.4.5.1 Resultados de la Evaluación.

- Prueba de migración

Tabla 41. Resultados de la prueba de migración

TIPO DE PRUEBA	PRODUCTO	SIMULANTE	PESO INICIAL	PESO FINAL	RESIDUO SECO	MIGRACIÓN TOTAL
Prueba en blanco	Alimento de panadería	Agua destilada a 70°C	109311,2 mg	109312 mg	0,8 mg	Q=4,8 mg/kg
	Leche o lácteos en general	Agua destilada con solución de etanol al 50% a 100°C	148820,5 mg	148827,8 mg	7,3 mg	Q=43,8 mg/kg
	Jugos, chocolates, infusiones	Agua destilada con solución de ácido acético al 3% a 100°C	173319,3 mg	173325,9 mg	6,6 mg	Q=39,6 mg
Prueba con material	Alimento de panadería	Agua destilada a 70°C	100110,6 mg	100678,5 mg	567,9 mg	Q=3407,4 mg/kg
			100827,8 mg	148836,9 mg	9,1 mg	Q=54,6 mg/kg
	Leche o lácteos en general	Agua destilada con solución de etanol al 50% a 100°C	148829,2 mg	149713,5 mg	884,3 mg	Q=5305,8 mg/kg
			100117,7 mg	100403,3 mg	285,6 mg	Q=1713,6 mg/kg
	Jugos, chocolates, infusiones	Agua destilada con solución de ácido acético al 3% a 100°C	100110,6 mg	100763,1 mg	652,5 mg	Q=658,5 mg/kg
			109311,2 mg	110671,3 mg	1360,1 mg	Q=8160,6 mg/kg
		109314,1 mg	109484,9 mg	170,8 mg	Q=1024,8 mg/kg	
		109329,4 mg	109414,4 mg	85 mg	Q= 510 mg/kg	

- Prueba microbiológica

Tabla 42. Resultados de la prueba microbiológica

PARÁMETRO	RESULTADO	LIM INF.	LIM SUP.	UNIDAD	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN
Microorganismos mesófilos	0	0	100	ufc/100cm ²	R. placa P. count	Detecta y cuantifica bacterias aeróbicas totales; la mezcla del medio y la muestra se transfiere e incuba a la placa. En este método rápido la muestra cambia de color con la presencia de microorganismos aeróbicos (Paniagua González, 2016).

Coliformes totales	0	0	0	ufc/100cm2	R. placa Chromocult	Es un medio selectivo para la detección simultánea de coliformes totales y Escherichia coli en agua potable y muestras de alimentos procesados.
Coliformes fecales	0	0	0	ufc/100cm2	R. placa Chromocult	El sustrato cromógeno contenido en Chromocult da un color distinguible para cada tipo de colonia separada, permitiendo una clara identificación y evitando así errores de recuento (Alonso Nore y Poveda Sanchez, 2008).
Mohos y levaduras	0	0	20	ufc/100cm2	R. placa Rosa Bengal	Es una técnica rápida de aglutinación en porta para la detección de anticuerpos anti-Brucela. Se efectúa ensayando la suspensión tamponada (pH 3,6) de Brucella coloreada con Rosa Bengala frente a los sueros problema. La presencia o ausencia de aglutinación visible es indicativa de la presencia o ausencia de anticuerpos en las muestras ensayadas. (Linear Chemicals, s.f.).

EVIDENCIA	MUESTRA DE 100 CM2	CERTIFICADO DEL LABORATORIO
		<p><small>NOTA : RESULTADO VALIDO SOLO PARA MUESTRA ANALIZADA Y NO PUEDE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION</small></p> <p><small>NORMA: Limit superados por laboratorio despues de L y Desinfeccion</small></p> <p>CONCEPTO: LA MUESTRA CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS ESTABLECIDAS</p>  FABIO ANAYA PAYARES Director <small>#Reg 0300</small>

7.4.5.2 Observación de los Resultados. Las pruebas de migración se realizaron en los laboratorios del Parque Tecnológico de Guatiguará, donde se calcularon los residuos para las 3 pruebas con el material y las 3 en blanco. Estos resultados evidenciaron que la muestra con simulante de agua destilada, la cual corresponde a alimentos de panadería, cumplió con el parámetro de aceptación; sin embargo las muestras restantes sobrepasaron el parámetro, indicando que se debe continuar la investigación acerca de la composición o proceso de producción del material, para reducir el residuo seco de migración total en productos lácteos y bebidas. Por otra parte, la prueba microbiológica se realizó con ayuda del laboratorio bacteriológico de alimentos: LABALIME; estos resultados fueron favorables porque demostraron que la muestra del material cumplía con la especificaciones técnicas establecidas para el control de calidad microbiológico.

7.4.6 Descomposición del Material de los Envases

7.4.6.1 Resultados de la Evaluación.

Tabla 43. Resultados de la evaluación de compostaje

SE MA NA	TEMPERATURA AMBIENTE	HUMEDAD AMBIENTE	P H	O L O R O R	C O L	OBSERVACIÓN	TEST DE LA VARA
1	Osciló entre 31 y 33°	Osciló entre 58% y 60 %	4	3	3	Aparición de ácaros, caracoles, colémbolos, colonia de micelio de hongos. Llegó un punto en el que el crecimiento de ácaros y caracoles, disminuyó.	Escala: 3 
2	Osciló entre 29° y 29,3°	Osciló entre 70% y 75%	4	1	1	Aumentó nuevamente el crecimiento de colémbolos y además aparecieron cien pies. El micelio de hongos (moho gris) siguió creciendo y aparecieron tonos rojos en el compost.	
	Osciló entre 27° y 31°	Osciló entre 67% y 78 %	5	1	2	La cantidad del material se fue reduciendo y empezaron a verse las hojas secas que estaban debajo. Crecimiento de organismos y	Escala: 1

					lombrices. Además se agregaron hojas y desperdicios de comida precompostado por 2 meses y debido a lluvias, el material se oscureció.	
Osciló entre 27° y 31°	Osciló entre 63% y 70%	5	1	1	El material se siguió desintegrando y el clima estuvo húmedo y lluvioso. Posterior a estas 4 semanas, se evidencian muy pocos restos del material, al parecer la cantidad de insectos agiliza el proceso de descomposición y reduce la masa en trozos muy pequeños.	

Tabla 44. Escalas de descomposición

ESCALA DE OLOR	1	Tierra	2	Neutral	3	Desagradable
ESCALA DE COLOR	1	Original	2	Marrón claro	3	Marrón oscuro
ESCALA DE TEST DE LAVARA	1	Fría y mojada	2	Normal y seca	3	Caliente y húmeda

7.4.6.2 Observación de los Resultados. Para verificar que las propiedades químicas del material permiten que los envases se biodegraden con el paso del tiempo, se realizó un lombricompostaje registrando las variables temperatura ambiente, humedad ambiente, PH, color y olor; esto dio como resultado, una descomposición total del material en aproximadamente 4 semanas, indicando que su composición permite ser homogenizada y reducida por microorganismos como los hongos y las bacterias. Para mayor detalle, revisar en la sección de anexos, el Anexo B: Evidencia de descomposición del material de los envases.

7.4.7 Revisión de Costo de los Envases

Para la ejecución de esta evaluación fue necesario el prototipo de alta fidelidad debido a que este reflejaba los costos finales de producción; por esto, primero se analizaron los resultados de las verificaciones y validaciones realizadas, para rediseñar los envases y posterior a esto, con

la fabricación de los últimos prototipos, se realizó la evaluación de costos. Su desarrollo se encuentra en el apartado *Modelos finales y construcción*.

7.4.8 Sistema de Sellado de los Envases

Para la ejecución de esta evaluación fue necesario el prototipo de alta fidelidad; primero se analizaron los resultados de las verificaciones y validaciones realizadas, para rediseñar los envases y posterior a esto, con la fabricación de los últimos prototipos, se realizó la evaluación de sellado de envases. Su desarrollo se encuentra en el apartado *Modelos finales y construcción*.

7.5 Validaciones

La unidad experimental que se consideró en las validaciones, fueron las pertenecientes a la generación X y millennial. Así mismo, para poder definir el número de usuarios a encuestar, se consultó un censo realizado por el DANE en Bucaramanga (MAIS y ASI, s. f.), el cual proyectaba un total de 528.610 personas para el año 2019, evidenciando la segmentación de acuerdo con la edad a través de una gráfica; en esta se puede observar que el interés de estudio de este trabajo, equivale aproximadamente al 53,5%, es decir 282.806 personas.

Para calcular la muestra, se aplicó la fórmula de población finita con un margen de error del 15%, nivel de confianza del 80% y heterogeneidad del 50%; dando como resultado un total de 20 encuestados (10 pertenecientes a la generación x y 10 a la millennials). Estos valores fueron escogidos para disminuir la cantidad de pruebas y así, reducir las veces de contacto con las personas a encuestar, debido a la pandemia del COVID 19. Las evidencias de fotografías realizadas a los usuarios mientras presentaban la prueba se encuentran en la sección de anexos.

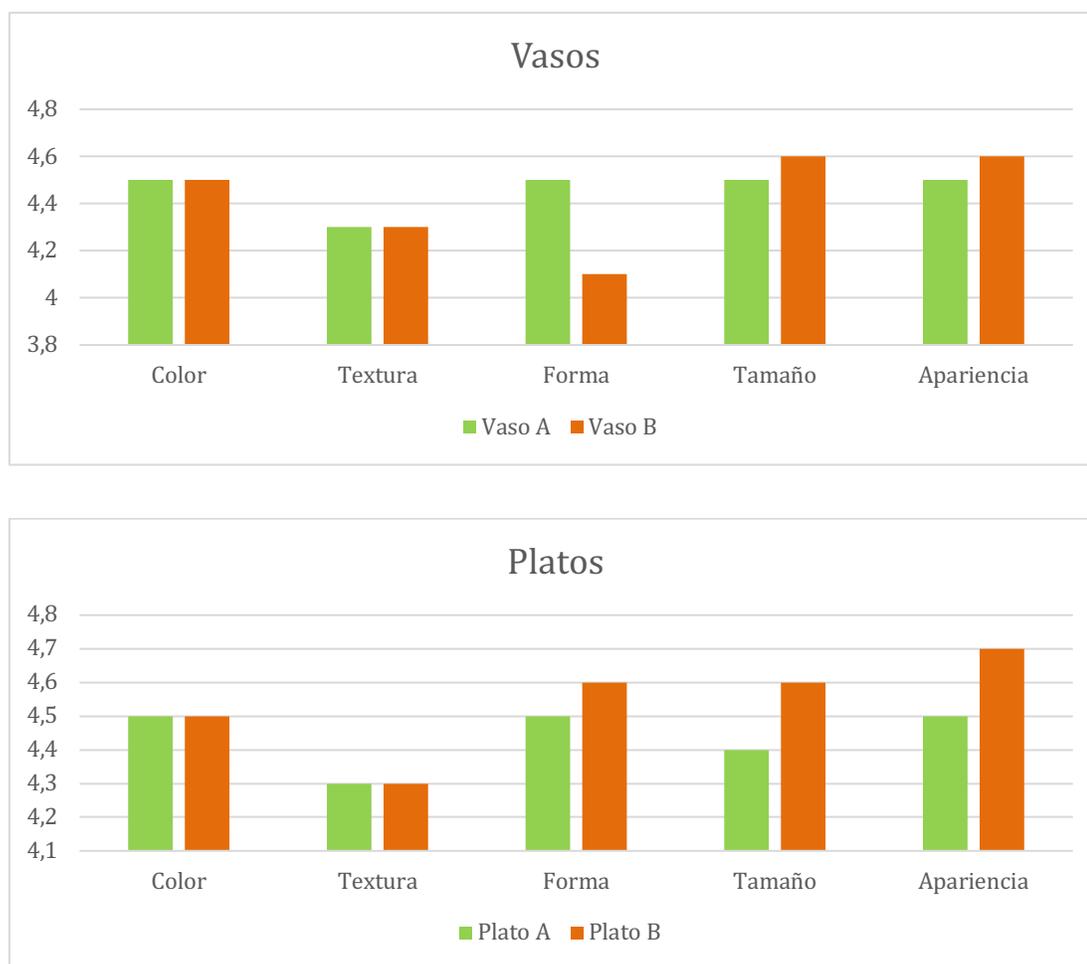
Por otra parte, para seleccionar la muestra adecuada para el desarrollo de los test de validación, se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

Tabla 45. Factores para el desarrollo de los test de validación

FACTORES DE INCLUSIÓN	FACTORES DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ● Habitantes de Bucaramanga que pertenezcan a la generación X y millennial. ● Personas que tengan disponibilidad de tiempo en las fechas programadas para la prueba. ● Personas que tengan interés de participar en el estudio. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Personas que no frecuenten ir a cafeterías. ● Personas que no residan en la ciudad de Bucaramanga. ● Personas que no utilicen tapabocas. ● Personas contagiadas de COVID 19.

7.5.1 Apariencia Formal-Estética de los Envases

7.5.1.1 Resultado de la Encuesta.

Figura 7. Atributos físicos

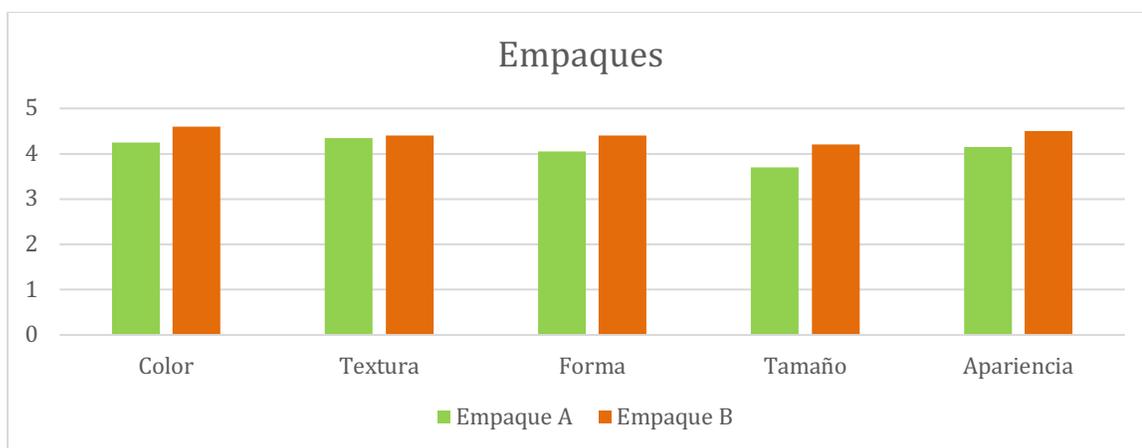
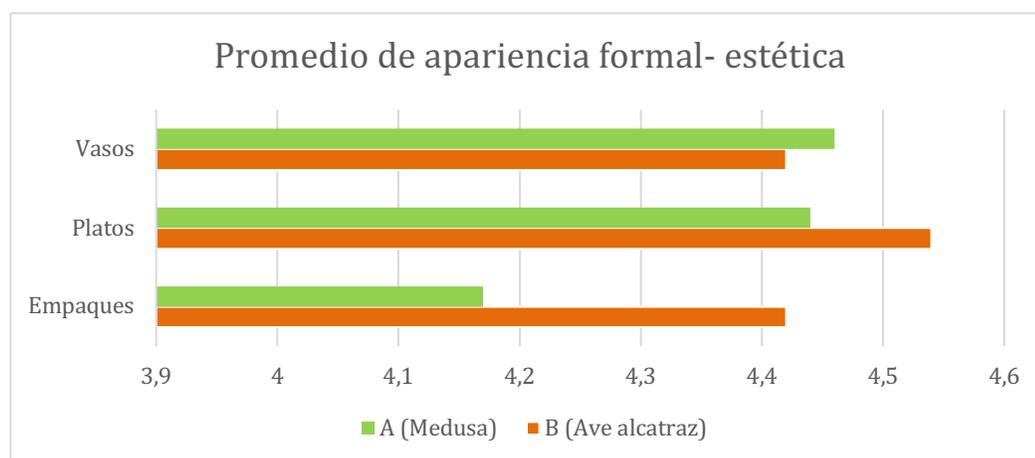


Figura 8. *Promedio de apariencia formal – estética*



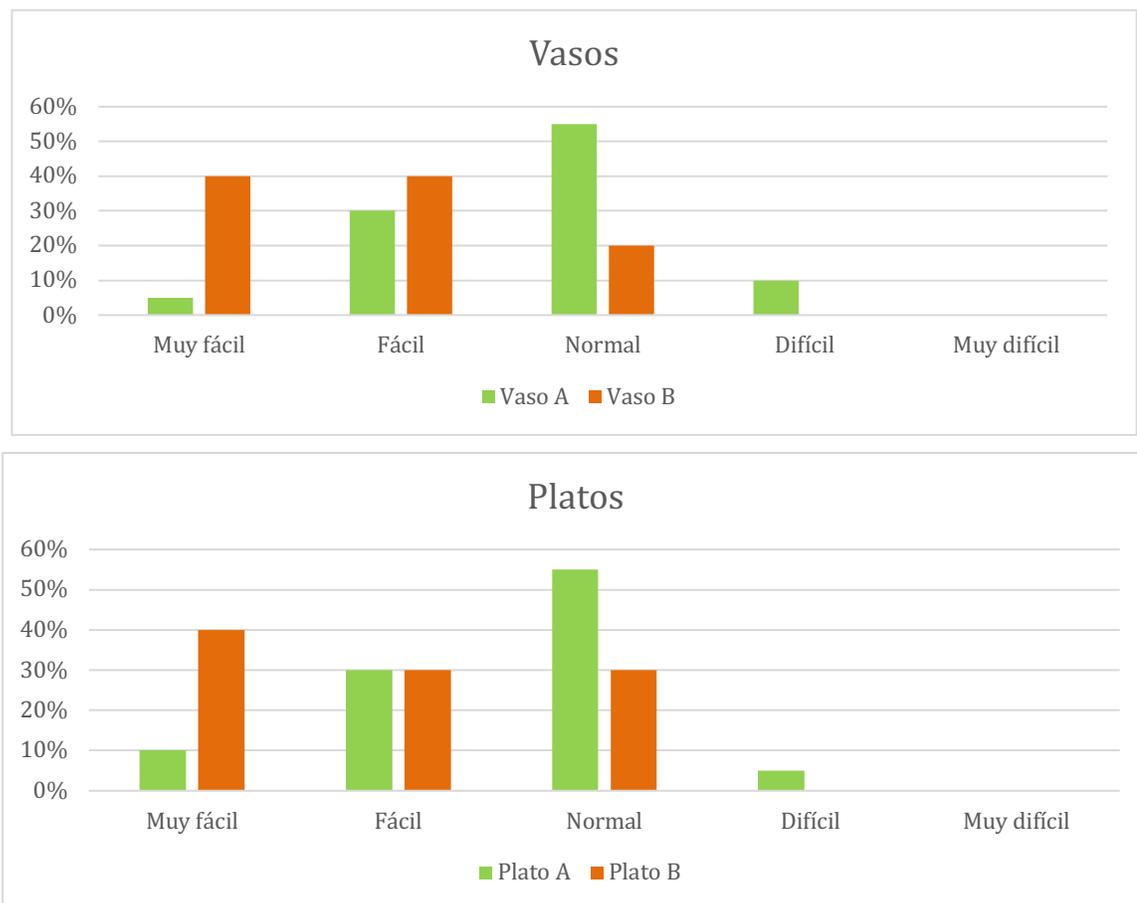
7.5.1.2 Observación de los Resultados. En términos generales, el resultado promedio de cada envase fue superior a 4 cumpliendo con el valor de aceptación establecido; siendo el empaque el envase con menor puntuación en ambas familias. Por otra parte, al observar de manera independiente cada familia, se evidencia que en la A (Concepto: Medusa), la textura del vaso y del plato fue la característica con menor puntuación y además es necesario redimensionar el tamaño del empaque; en la B (Concepto: Ave alcatraz), se repite de igual manera el puntaje menor de la

textura del vaso y del plato, y a su vez, es necesario reevaluar la forma del vaso, específicamente su asa.

7.5.2 Sistema de Agarre de los Envases

7.5.2.1 Resultado de la Encuesta.

Figura 9. *Facilidad de agarre*



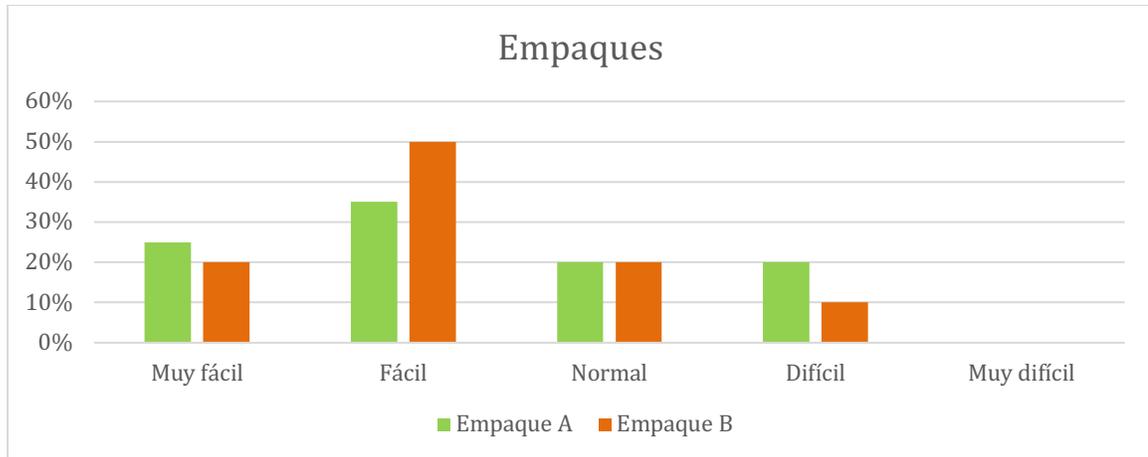
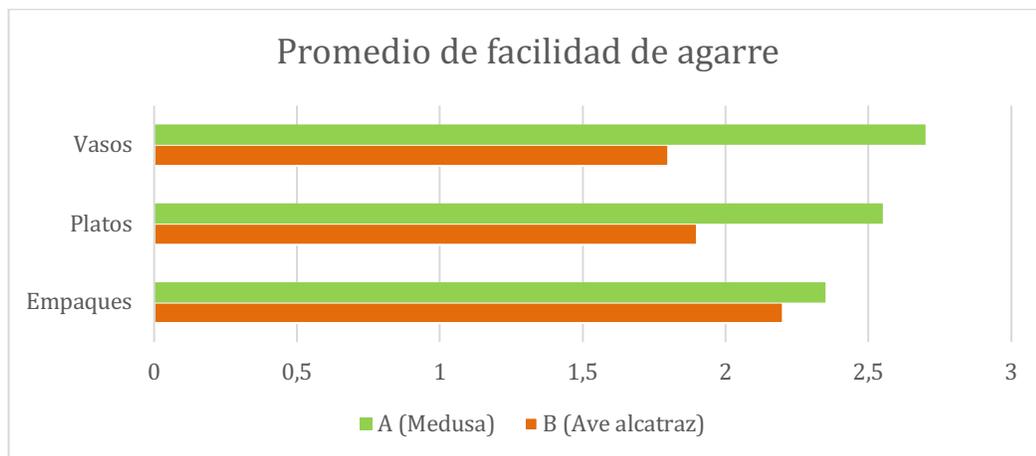


Figura 10. *Promedio de facilidad de agarre*



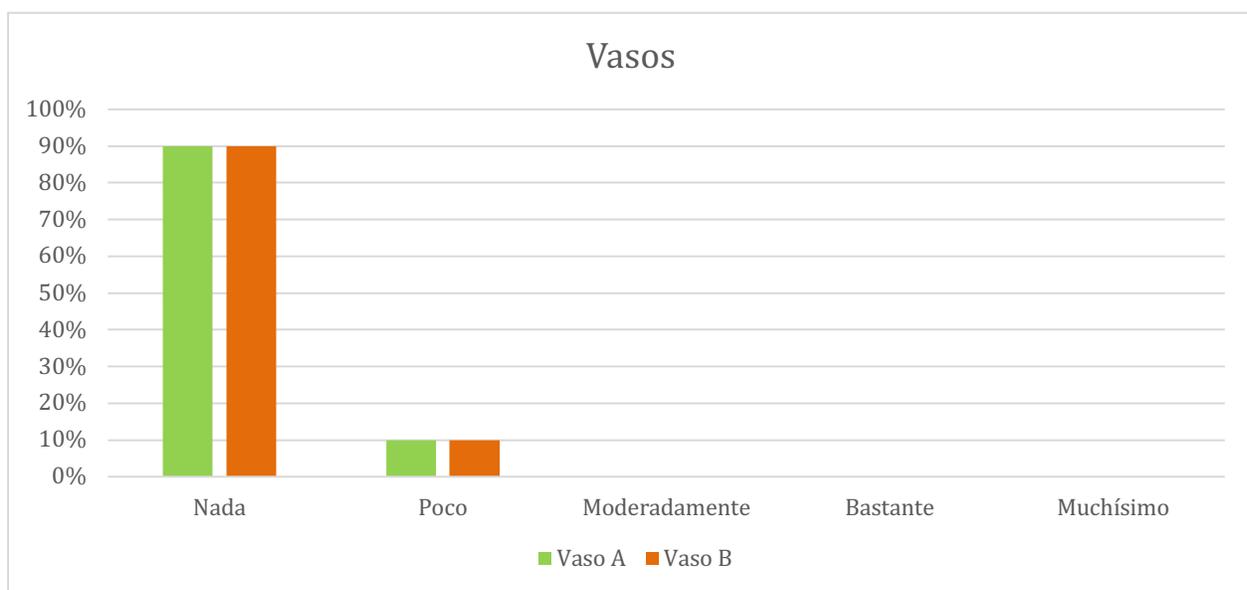
7.5.2.2 Observación de los Resultados. Observando los resultados independientes de cada envase, en la familia A se evidencia que para el vaso y el plato, la mayoría de los usuarios votaron por una facilidad de agarre normal incumpliendo con el valor de aceptación establecido; pero en el caso de la familia B, lo más votado fue la opción muy fácil. Por otra parte, en el caso del empaque, aunque la respuesta de la mayoría fue fácil para el sistema de agarre en ambas familias, el promedio del puntaje en escala de 1 a 5 (donde 1 era lo más positivo y 5 lo más negativo) de la

familia A fue 2,35, y en la B fue 2,2, puntajes mayores a 2, lo cual indica que es necesario reevaluar el diseño del agarre en los tres envases.

7.5.3 *Trasmisión de Temperatura de los Envases*

7.5.3.1 Resultado de la Encuesta.

Figura 11. *Transmisión de temperatura*

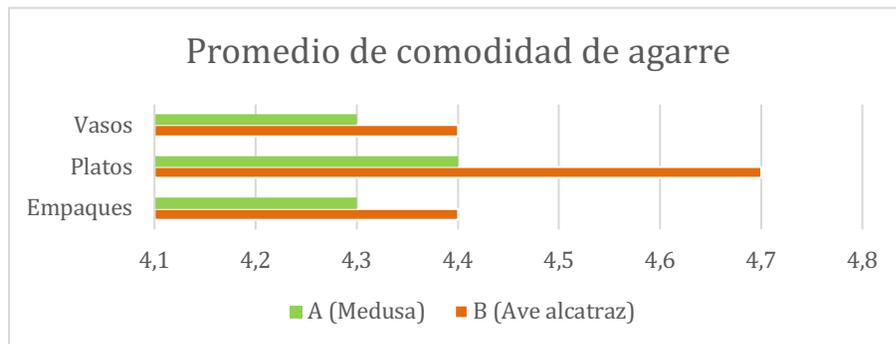


7.5.3.2 Observación de los resultados. Observando los resultados de las respuestas de los usuarios, se puede afirmar que se obtuvo un porcentaje donde gran parte de la población votó por el valor de aceptación establecido; sin embargo, para mejorar la resistencia del material a altas temperatura, se incluyó chamota en su composición, debido a su alta resistencia térmica por su naturaleza cerámica.

7.5.4 Comodidad de los Envases

7.5.4.1 Resultado de la encuesta.

Figura 12. Promedio de comodidad de agarre



7.5.4.2 Observación de los resultados. Observando los resultados promedio de las respuestas de los usuarios para cada envase, se puede afirmar que todos obtuvieron un puntaje que cumple con el valor de aceptación establecido; sin embargo, aunque los tres envases de la familia B obtuvieron un mejor puntaje en la evaluación, los usuarios expresaban de manera verbal su inconformidad con el tamaño del asa; debido a esto, es necesario reevaluar la forma de ambas familiar para mejorar la comodidad del usuario al interactuar con estos.

7.5.5 Usabilidad de los Envases

Para la ejecución de esta evaluación fue necesario el prototipo de alta fidelidad debido a que este caracterizaba lo detalles finales de los envases; por esto, primero se analizaron los resultados de las verificaciones y validaciones realizadas, para rediseñar los envases y posterior a esto, con la fabricación de los últimos prototipos, se realizó la validación de usabilidad. Su desarrollo se encuentra en el apartado *Modelos finales y construcción*.

8. Modelos finales y construcción

8.1 Bocetos de los Envases

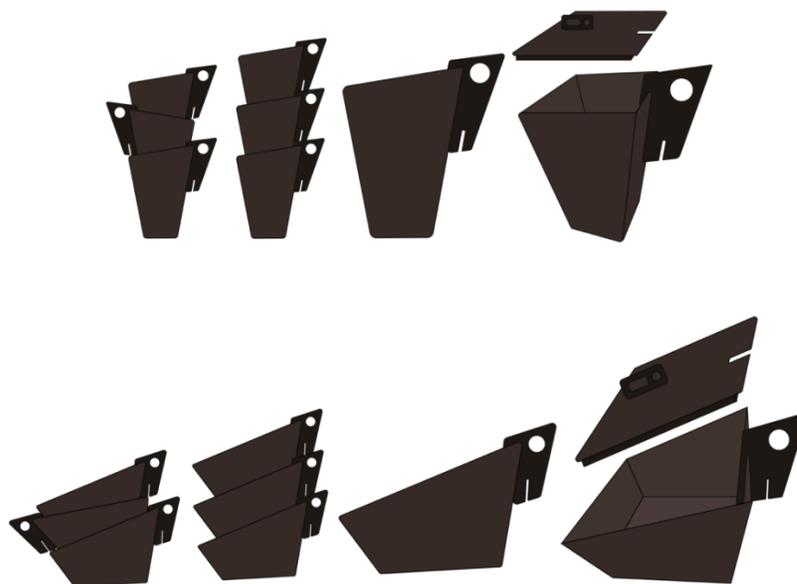
8.1.1 Concepto: *Medusa*

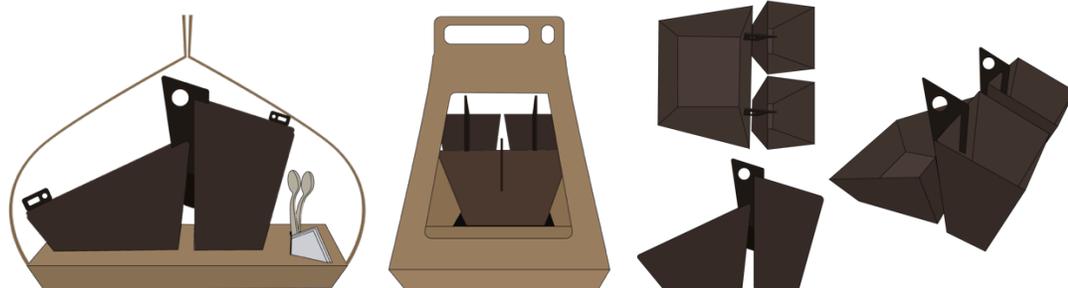
Figura 13. *Rediseño de envases: Concepto Medusa*



8.1.2 Concepto: *Ave Alcatraz*

Figura 14. *Rediseño de envases: Concepto Medusa*





8.2 Renderizado de los Envases

8.2.1 Concepto: Medusa

Tabla 46. Modelos 3D: Familia A

ENVASE	RENDER	
Vaso		
Plato		



8.2.2 Concepto: Ave Alcatraz

Tabla 47. Modelos 3D: Familia B

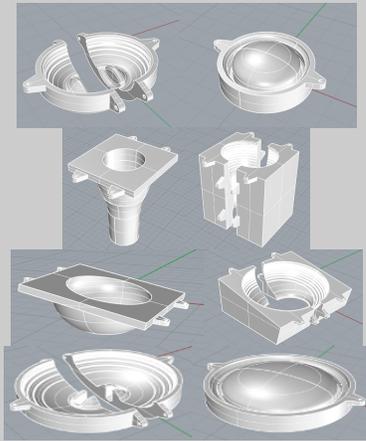
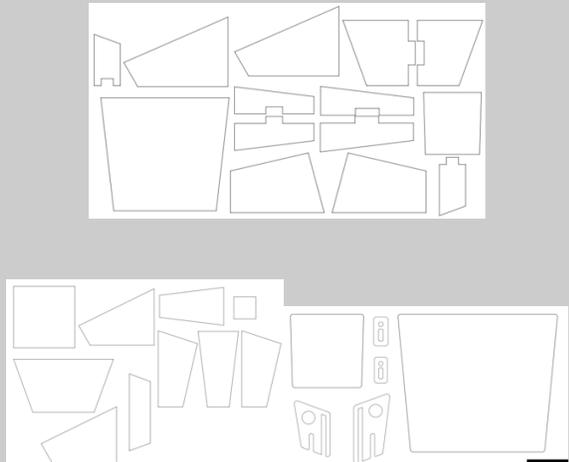
ENVASE	RENDER
<p>Vaso</p>	
<p>Plato</p>	

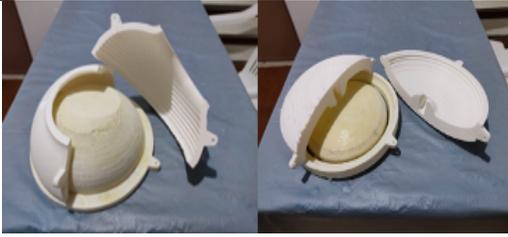


8.3 Construcción de Prototipos

8.3.1 Vasos y Platos

Tabla 48. Procedimiento para desarrollar los vasos y platos

FAMILIA A	FAMILIA B
<p>1. Modelar en Rhinoceros 3D los moldes correspondientes para cada envase:</p> 	<p>1. Realizar los planos de los moldes en Illustrator, para mandar a cortar cada envase:</p> 
<p>2. Imprimir 3D en filamento PLA, los moldes del vaso y plato de la familia A:</p> 	<p>2. Cortar MDF a láser para ensamblar el molde del vaso y plato de la familia B:</p> 



3. Encerar el interior de los moldes para evitar que el material vertido se adhiera al molde:

3. Encerar el interior de los moldes para evitar que el material vertido se adhiera al molde:



4. Verter el material líquido en el molde, mientras este último se sacude para un mejor esparcimiento:

4. Verter el material líquido en el molde, mientras este último se sacude para un mejor esparcimiento:

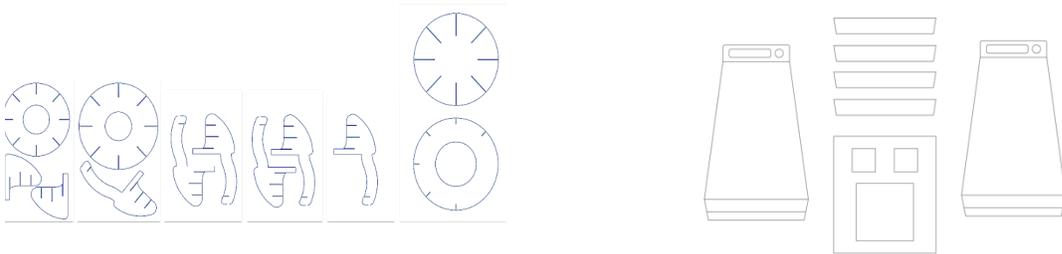


5. Esperar que endurezca el material interno y desmoldar:

5. Esperar que endurezca el material interno y desmoldar:



Tabla 49. Procedimiento para desarrollar los empaques**8.3.2 Empaques**

FAMILIA A	FAMILIA B
1. Fabricar un bastidor con tamiz artesanal para la elaboración de hojas, teniendo en cuenta el tamaño del tanque:	
	
2. Elaborar y prensar hojas para la fabricación del empaque:	
	
3. Organizar en Adobe Illustrator los planos del empaque, según las medidas resultantes de las hojas:	
	
4. Cortar a láser las piezas del empaque y agregar tintilla si se desea agregar un color diferente:	



5. Dejar secar y armar el empaque :



8.4 Prototipos Finales de los Envases

Tabla 50. *Prototipos de alta fidelidad*

ENVASE	FAMILIA A: MEDUSA	FAMILIA B: AVE ALCATRAZ
V A S O		
		

P
L
A
T
O



E
M
P
A
Q
U
E



8.5 Evaluaciones de los Modelos Finales

8.5.1 Revisión de Costos

8.5.1.1 Resultado de la evaluación.

Tabla 51. Costos familia A: Concepto Medusa

COSTOS PARA 100.000 UNIDADES											
TIPO	CAN TIDA D POR POR UNIDAD	PREC IO POR UNIDAD	TIPO						CAN TIDA D TOTAL	PRECIO TOTAL	
			VASO		PLATO		EMPAQUE				
			100.000 UNIDADES		100.000 UNIDADES		100.000 UNIDADES				
			CAN TIDA D	PRECI O	CAN TIDA D	PRECI O	CAN TIDA D	PRECIO			
MATERIA PRIMA	Colofonia	1 kilogramo	\$10.00	12.660	\$126.600.000	30.325	\$303.250.000	N/A	N/A	42.985	\$429.850.000
	Cera de abeja	1 kilogramo	\$13.00	2.150	\$27.950.000	5.133	\$66.729.000	N/A	N/A	7.283	\$94.679.000
	Chamota	1 kilogramo	\$1.00	7.400	\$7.400.000	17.800	\$17.800.000	N/A	N/A	25.200	\$25.200.000
	Borra	1 kilogramo	\$0	2.960	\$0	7.150	\$0	N/A	N/A	10.110	\$0
	Papel reciclado	1 kilogramo	\$0	N/A	N/A	N/A	N/A	8.800	\$0	8.800	\$0
	Agua	1 metro cubico	\$12.342	N/A	N/A	N/A	N/A	50.000	\$617.100.000	50.000	\$617.100.000
	Energía eléctrica	1 kilovatio	\$680	N/A	N/A	N/A	N/A	30.000	\$20.400.000	30.000	\$20.400.000
	Gas natural	1 metro cubico	\$7.500	100	\$750.000	100	\$750.000	N/A	N/A	200	\$1.500.000
	Endocarpi	1 kilogramo	\$0	2.960	\$0	7.150	\$0	4.400	\$0	14.510	\$0
MAQUINARIA	Molde para inyección	1 unida d	\$15.000.000	1	\$15.000.000	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$15.000.000

	Molde para inyección	1 unidad	\$18.000.000	N/A	N/A	1	\$18.000.000	N/A	N/A	1	\$18.000.000
	Base Industrial	1 unidad	\$350.000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$350.000
	Licudora Industrial	1 unidad	\$2.500.000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$2.500.000
MANO DE OBRA	Corte Láser	1 minuto	\$700	N/A	N/A	N/A	N/A	1.600.000	\$1.120.000.000	1.600.000	\$1.120.000.000
	TOTAL										
				\$177.700.000		\$406.529.000		\$1.757.500.000		\$2.344.579.000	

Tabla 52. Costos familia B: Concepto Ave alcatraz

COSTOS PARA 100.000 UNIDADES											
TIPO	CAN TIDA D POR UNIDAD	PREC IO POR UNIDAD	TIPO						CAN TIDA D TOTAL	PRECI O TOTAL	
			VASO		PLATO		EMPAQUE				
			100.000 UNIDADES		100.000 UNIDADES		100.000 UNIDADES				
			CAN TIDA D	PRECI O	CAN TIDA D	PRECI O	CAN TIDA D	PRECIO			
MATERIA PRIM A	Colofonia	1 kilogramo	\$10.000	12.660	\$126.600.000	30.325	\$303.250.000	N/A	N/A	42.985	\$429.850.000
	Cera de abeja	1 kilogramo	\$13.000	2.150	\$27.950.000	5.133	\$66.729.000	N/A	N/A	7.283	\$94.679.000
	Chamota	1 kilogramo	\$1.000	7.400	\$7.400.000	17.800	\$17.800.000	N/A	N/A	25.200	\$25.200.000
	Borra	1 kilogramo	\$0	2.960	\$0	7.150	\$0	N/A	N/A	10.110	\$0
	Papel reciclado	1 kilogramo	\$0	N/A	N/A	N/A	N/A	8.800	\$0	8.800	\$0
	Agua	1 metro cubico	\$12.342	N/A	N/A	N/A	N/A	50.000	\$617.100.000	50.000	\$617.100.000
	Energía eléctrica	1 kilovatio	\$680	N/A	N/A	N/A	N/A	30.000	\$20.400.000	30.000	\$20.400.000

	Gas natural	1 metro cubico	\$7.500	100	\$750.000	100	\$750.000	N/A	N/A	200	\$1.500.000
	Endocarpi	1 kilogramo	\$0	2.960	\$0	7.150	\$0	4.400	\$0	14.510	\$0
MAQUINARIA	Molde para inyección	1 unidad	\$10.000	1	\$10.000	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$10.000
	Molde para inyección	1 unidad	\$11.000	N/A	N/A	1	\$11.000	N/A	N/A	1	\$11.000
	Básula industrial	1 unidad	\$350.000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
	Tamizador			N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
	Licudora Industrial	1 unidad	\$2.500	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$2.500
MANO DE OBRA	Corte Láser	1 minuto	\$700	N/A	N/A	N/A	N/A	900.000	\$630.000	900.000	\$630.000
TOTAL					\$177.700.000		\$399.529.000		\$1.267.500.000		\$1.842.229.000

Tabla 53. Costos familia C: Benchmarking

COSTOS PARA 100.000 UNIDADES											
TIPO	CAN TIDA D POR UNIDAD	PREC IO POR UNIDAD	TIPO						CAN TIDA D TOTAL	PRECIO TOTAL	
			VASO		PLATO		EMPAQUE				
			100.000 UNIDADES		100.000 UNIDADES		100.000 UNIDADES				
			CAN TIDA D	PREC IO	CAN TIDA D	PREC IO	CAN TIDA D	PREC IO			
MATERIA PRIMA	Resina de Polipropileno	1 kilogramo	\$9.495	12.660	\$120.206.700	N/A	N/A	N/A	N/A	12.660	\$120.206.700
	Endocarpi	1 kilogramo	\$0	2.960	\$0	N/A	N/A	N/A	N/A	2.960	\$0
	Salvado de trigo	1 kilogramo	\$0	N/A	N/A	30.000	\$0	N/A	N/A	30.000	\$0

	Papel de semilla	1 kilogr amo	\$0	N/A	N/A	7.150	\$0	8.800	\$0	8.800	\$0
	Energía eléctrica	1 kilovatio	\$680	10.000	\$6.800.000	10.000	\$6.800.000	10.000	\$6.800.000	30.000	\$20.400.000
	Endorpio	1 kilogr amo	\$0	2.960	\$0	7.150	\$0	4.400	\$0	14.510	\$0
MAQUINARIA	Molde para inyección	1 unidad	\$15.000	1	\$15.000	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$15.000
	Molde para inyección	1 unidad	\$18.000	N/A	N/A	1	\$18.000	N/A	N/A	1	\$18.000
	Basculadora Industrial	1 unidad	\$350.000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$350.000
	Licuada Industrial	1 unidad	\$2.500	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1	\$2.500
MANO DE OBRA	Corte Láser	1 minuto	\$700	N/A	N/A	N/A	N/A	1.600	\$1.120.000	1.600	\$1.120.000
TOTAL				\$142.006.700		\$24.800.000		\$1.126.800.000		\$1.296.456.700	

Tabla 54. Tabla comparativa de las 3 familias: Costos unitarios

TIPO	VASO	PLATO	EMPAQUE
Familia A	\$1.777	\$4.065	\$17.575
Familia B	\$1.727	\$3.995	\$12.675
Familia C	\$1.420	\$248	\$11.268

8.5.1.2 Observación de los Resultados. Para el análisis de los costos de los envases se analizó la materia prima, maquinaria, mano de obra y gastos indirectos, para una producción en serie de 100.000 unidades. Posteriormente se realizó una tabla comparativa para analizar los costos individuales de cada envase, teniendo en cuenta la familia A, la familia B y los envases biodegradables encontrados en el mercado; obteniendo como resultado unos costos elevados en el caso de la familia A y unos más cercanos a los de la competencia en el caso de la familia B, los cuales pueden disminuir si se reevalúa la producción para llevar a cabo este diseño.

8.5.2 Prueba de Sellado de los Envases

8.5.2.1 Resultado de la Evaluación.

Tabla 55. Resultado de la evaluación sellado: Concepto Medusa

Envase a evaluar:	Vaso A	Plato A
Peso inicial del contenido:	200 ml	40 gr
Evidencia de movimiento		
Peso final del contenido:	200 ml	40 gr

¿Cumple con el requerimiento?, marque con una X la respuesta en cada caso

Resultado de movimientos horizontales:	Sí	No	Sí	No
	X		X	
Evidencia de movimiento				
				

Peso final del contenido:

200 ml

40 gr

¿Cumple con el requerimiento?, marque con una X la respuesta en cada caso

Resultado de movimientos verticales:	Sí	No	Sí	No
	X		X	
Evidencia de movimiento				

Peso final del contenido:

100 ml

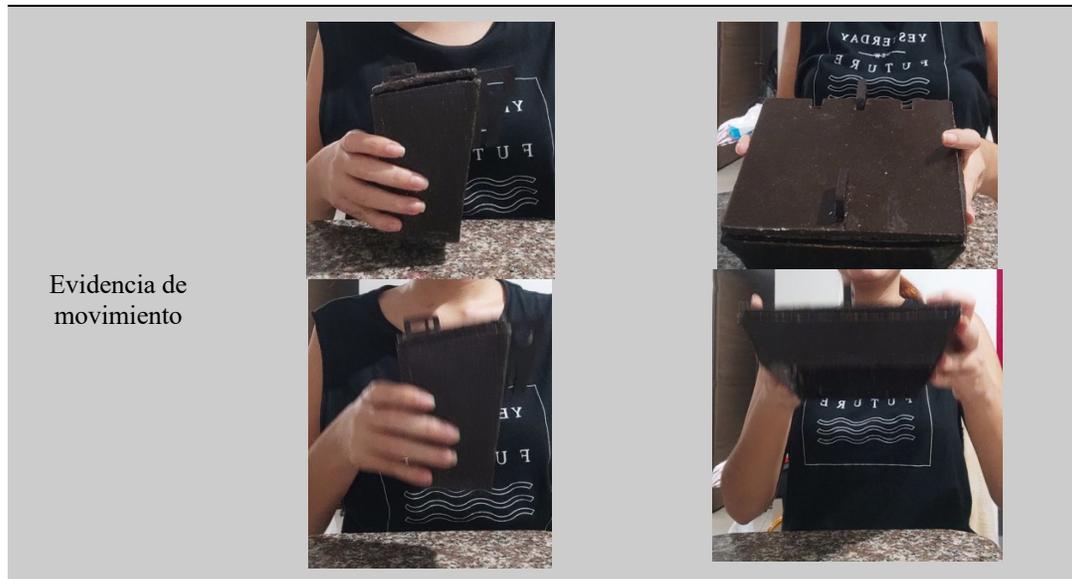
0 gr

¿Cumple con el requerimiento?, marque con una X la respuesta en cada caso

Resultado del volteo:	Sí	No	Sí	No
		X		X

Tabla 56. Resultado de la evaluación sellado: Concepto Ave alcatraz

Envase a evaluar:	Vaso B	Plato B		
Peso inicial del contenido:	200 ml	40 gr		
Evidencia de movimiento				
Peso final del contenido:	200 ml	40 gr		
<i>¿Cumple con el requerimiento?, marque con una X la respuesta en cada caso</i>				
Resultado de movimientos horizontales:	Sí	No	Sí	No
	X		X	



Peso final del contenido:

200 ml

40 gr

¿Cumple con el requerimiento?, marque con una X la respuesta en cada caso

Resultado de movimientos verticales:

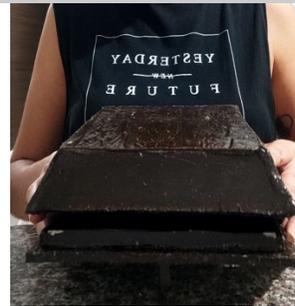
Sí
X

No

Sí
X

No

Evidencia de movimiento



Peso final del contenido:

100 ml

0 gr

¿Cumple con el requerimiento?, marque con una X la respuesta en cada caso

Resultado del volteo:

Sí

No
X

Sí

No
X

8.5.2.2 Observación de los Resultados. Para verificar el derrame de la bebida o alimento en cada situación, los envases se sometieron a tres tipos de movimientos: horizontales, verticales y volteo; los dos primeros resultaron favorables, pues los productos internos se mantuvieron en su lugar, pero al realizar el tercero (el volteo), tanto en el plato como en el vaso de ambas familias hubo derrame de la bebida y alimento. Esto indica que es necesario la revisión del diseño del sellado de las tapas para evitar derrames cuando los envases se volteen completamente.

8.5.3 Prueba de Usabilidad

Para desarrollar esta evaluación de usabilidad, se analizaron los resultados a través de dos tipos de métricas: la primera de autorreporte, para evaluar la satisfacción de uso a través de una escala de Likert de cinco valores y para indagar las ventajas/desventajas de la interfaz, a través de preguntas abiertas; la segunda de desempeño, para evaluar la eficiencia a través del análisis de niveles de éxito, según la medición del tiempo y número de errores al desarrollar la actividad, y para evaluar la eficacia a través del análisis de éxito binario para completar la tarea.

8.5.3.1 Resultado de la Métrica de Autorreporte.

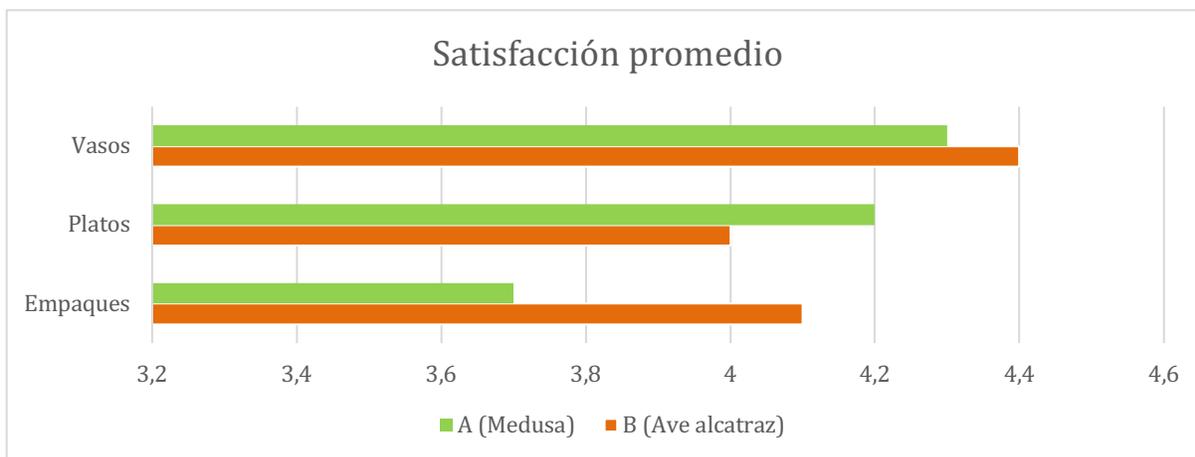
- Satisfacción de uso detallada

Figura 15. *Satisfacción de uso*



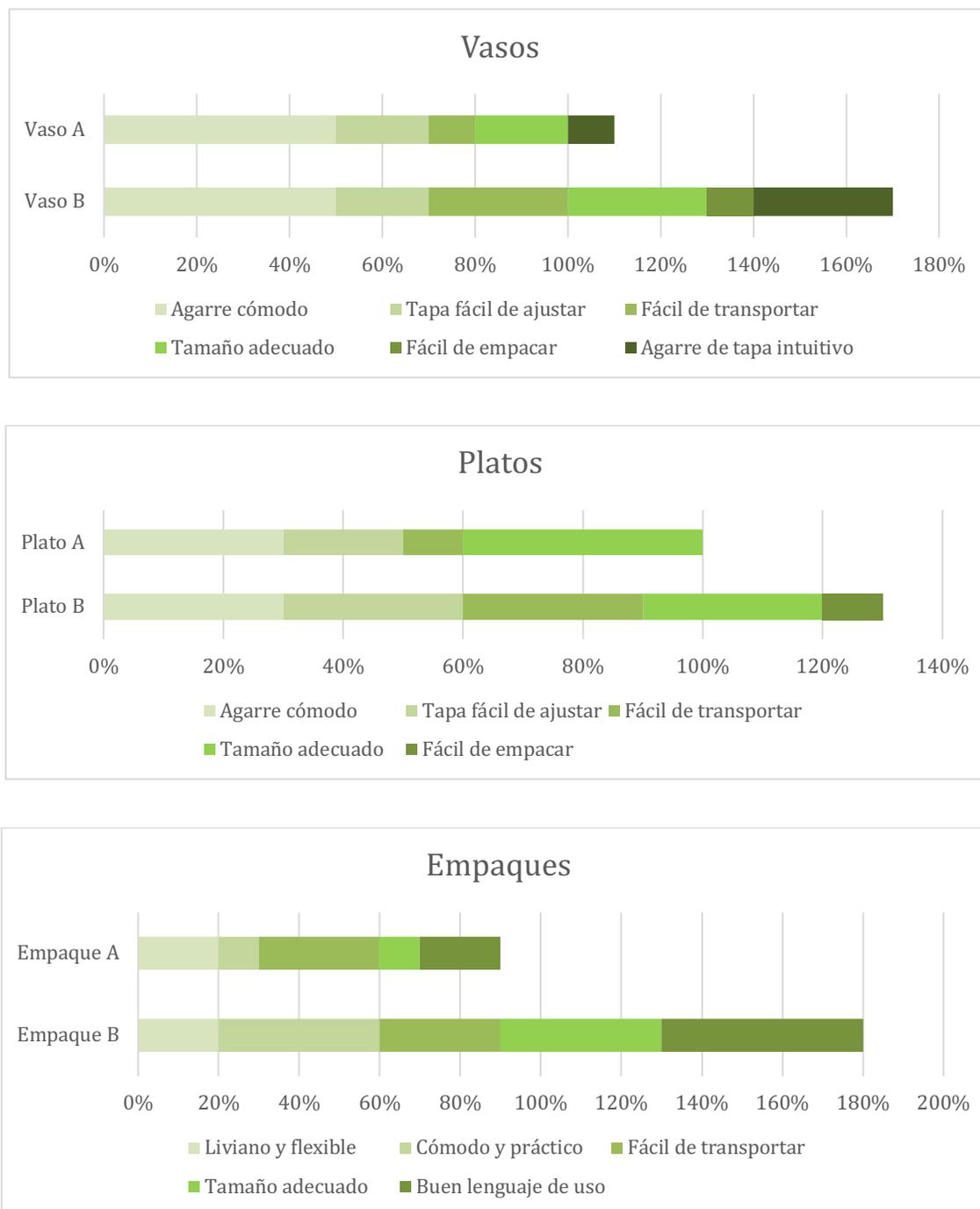


Figura 16. *Satisfacción de uso promedio*



- Aspectos positivos de la interfaz de usuario

Figura 17. Aspectos positivos de la interfaz de usuario



- Problemas de interfaz de usuario

Figura 18. *Problemas de interfaz de usuario*



8.5.3.2 Resultado de la Métrica de Desempeño.

- Eficiencia

Figura 19. Eficiencia

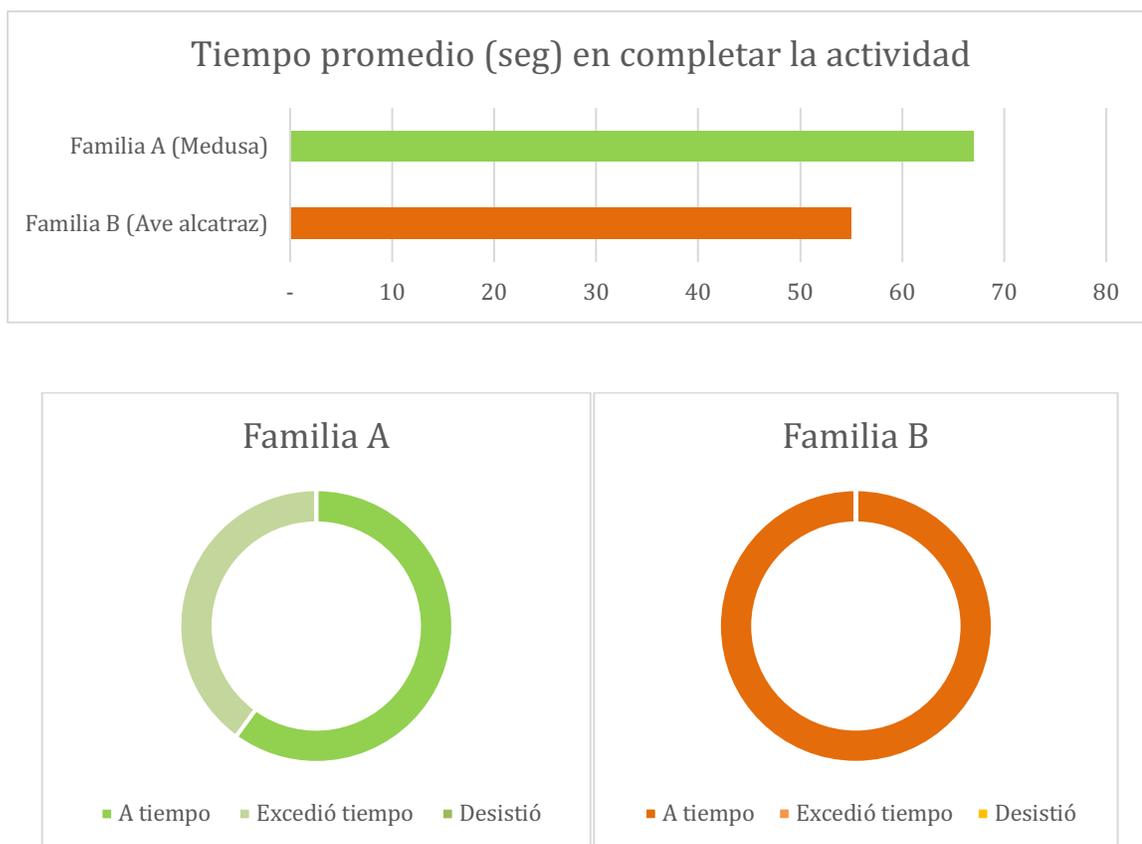
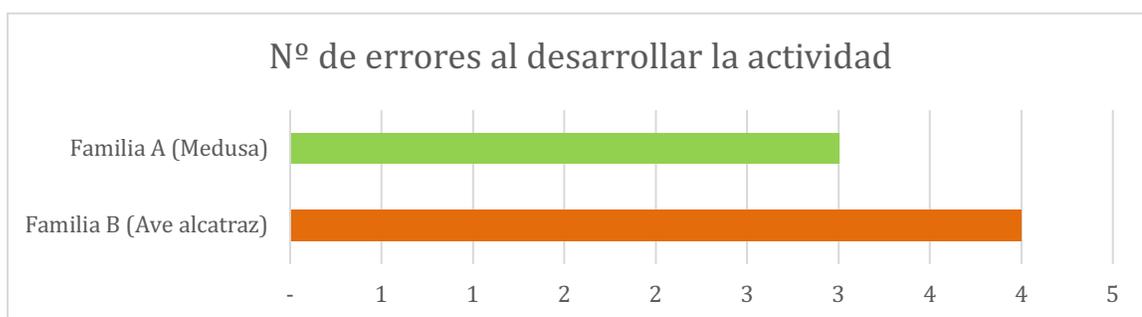
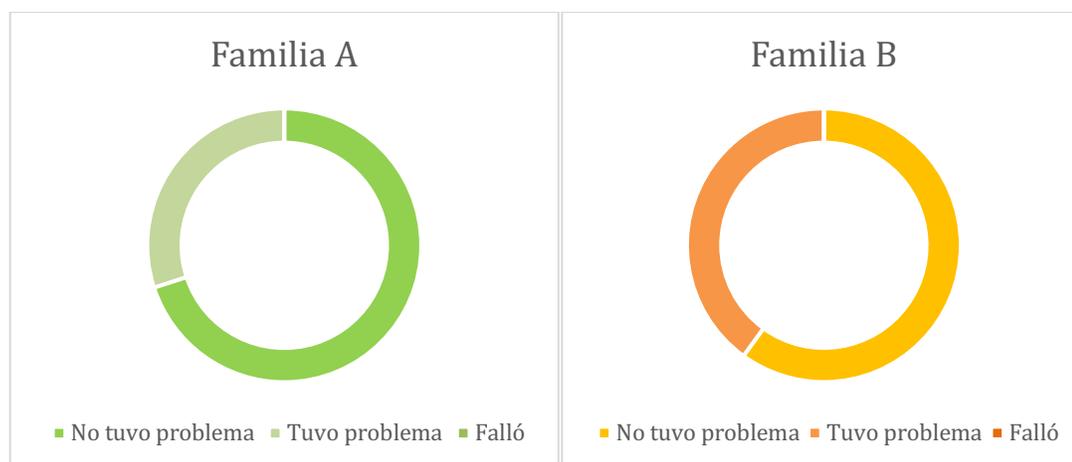


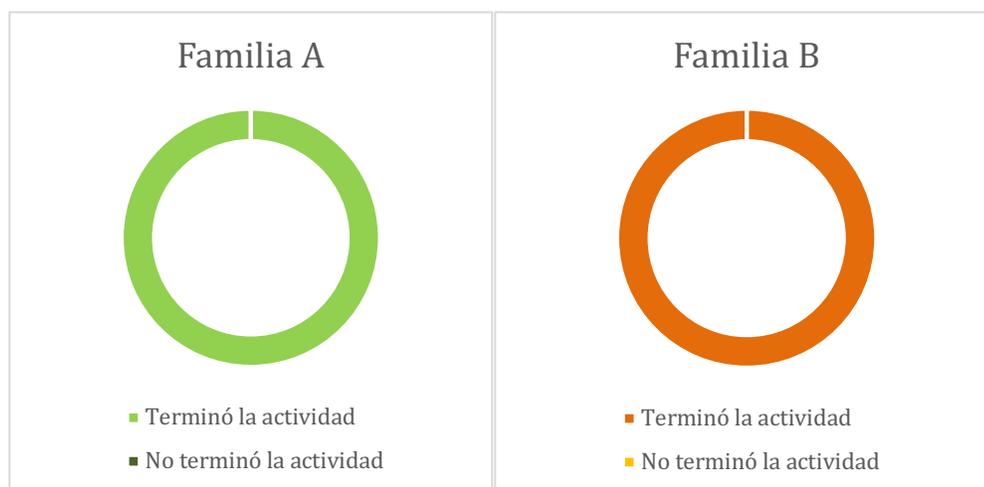
Figura 20. Eficiencia





- Eficacia

Figura 21. *Eficacia*



8.5.3.3 Observación de los Resultados. Debido al alto contagio de COVID 19 en la ciudad de Bucaramanga en las fechas de realización de las pruebas de usabilidad, solo se pudieron desarrollar a 10 personas. Sin embargo, a partir de estas evaluaciones se pudo obtener resultados de autorreporte y desempeño de la actividad general al usar dichos envases.

Por un lado, las respuestas de satisfacción de uso de los usuarios cumplieron con el parámetro de aceptación en ambas familias, a excepción de la experiencia de uso con el empaque

de la familia A, que obtuvo un menor resultado debido a la dificultad en el armado. También se pudo analizar aspectos positivos de la interfaz como el agarre, transporte y tamaño de los envases; y problemas de interfaz como peso, sellado y ensambles de los envases.

Por otro lado, en los resultados de la métrica de desempeño, se evidenció que el nivel de eficiencia con la familia A fue superior que el de la familia B según el número de errores, pero inferior según el tiempo; además la eficacia al cumplir con la actividad fue exitosa para ambas familias.

9. Diseño final de los envases

9.1 Evaluación Final de Alternativas

Tras realizar las evaluaciones de verificación y validación en ambas familias, se analizaron sus resultados para poder definir cual pasaba a la siguiente etapa de diseño a detalle:

Tabla 57. Evaluación final de alternativas

REQUERIMIENTO DEL PRODUCTO	PARÁMETRO DE ACEPTACIÓN	RESULTADO FAMILIA A	RESULTADO FAMILIA B
El costo de producción del envase debe ser económico.	Vaso: 1500 COP máx Plato: 300 COP máx Empaque: 12.000 COP máx	Vaso: 1777 COP Plato: 4065 COP Empaque:15575 COP	Vaso: 1727 COP Plato: 3995 COP Empaque:11268 COP
La apariencia formal-estética del producto es agradable para los usuarios.	4 (peor valor) y 5 (mejor valor)	4,35	4,46
El diseño formal del envase debe ser estable y evitar volcaduras.	Vaso y plato vacío: 0,8 N Vaso y plato lleno: 1,9 N Empaque vacío: 1,17 N Empaque lleno: 8 N	V= 0,85N P=1,6N V= 2,5N P=3,9N E= 1,3N E= 14,2N	V= 0,21N P=0,28N V= 1,9N P=2,4N E= 2N E= 15,27N
Dimensiones apropiadas para las medidas antropométricas de las manos del usuario.	4 (peor valor) y 5 (mejor valor)	4,33	4,5
Sistema de agarre que facilite el transporte del envase.	Fácil (2, peor valor) y Muy fácil (1, mejor valor)	2,53	1,96

Material que cumpla con las normas de sanidad e inocuidad.	Sí (Cumplimiento del requerimiento)	Migración: Sí y No Microbiológica: Sí	Migración: Sí y No Microbiológica: Sí
Material biodegradable y amigable con el medio ambiente.	Sí (Se descompone el material)	Sí	Sí
Material resistente a la tracción.	Sí (Es resistente para la fuerza de contexto descompone el material)	Sí	Sí
Estructura del envase que evite la transmisión de temperatura al usuario.	Poco (2, peor valor) y Nada (1, mejor valor)	1,1	1,1
Sistema de sellado que evite derrames de alimentos y/o bebidas.	Sí (Cumplimiento del requerimiento)	Sí Sí No	Sí Sí No
Almacenamiento de alimentos y/o bebidas.	Mínimo 330 ml	Vaso: 340 ml Plato: 478 ml	Vaso: 350 ml Plato: 450 ml
Optimización de espacio de los envases almacenados	Sí (Cumplimiento del requerimiento)	Sí	Sí
La interfaz de los envases debe ser sencilla y clara.	Satisfacción: 4 (peor valor) y 5 (mejor valor)	4	4,16
	Eficiencia: 0 errores y máx 60 seg	Error: 3 Seg: 67	Error: 4 Seg: 55
	Eficacia: Sí	Sí	Sí
SUMATORIA DE PUNTOS	Punto positivo	7	10
	Neutral	8	8
	Punto negativo	8	6
TOTAL		-1	4

Esta tabla analizó el cumplimiento de requerimientos bajo los parámetros de aceptación definidos, evidenciando así los puntos negativos por no cumplir, puntos positivos por cumplir y puntos neutrales cuando en ambos casos se obtenía el mismo resultado o se cumplía de la misma forma. De esta manera, se determinó que la familia B era la más conveniente para continuar con el proceso de diseño.

9.2 Diseño a Detalle

A partir de las últimas pruebas de verificación y validación, se realizó el diseño final de la familia B: inspirada en el ave alcatraz, debido a que esta obtuvo mejores resultados que la familia A. En el siguiente apartado, se muestran los renders con el diseño a detalle y para mayor

profundización se adjuntaron los planos técnicos en la lista de apéndices como *Apéndice P: Planimetría* y la creación de la marca como *Apéndice O: Branding*.

Figura 22. *Familia de envases Kai Sabi*

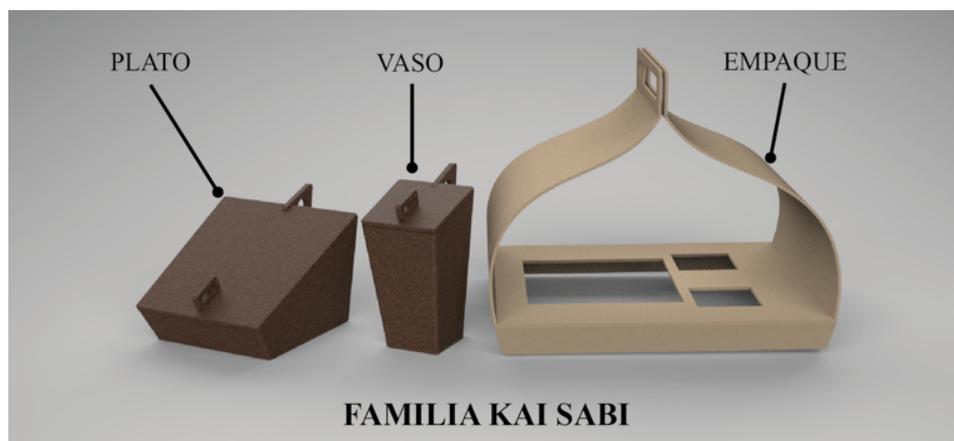


Figura 23. *Diseño a detalle: Vaso*

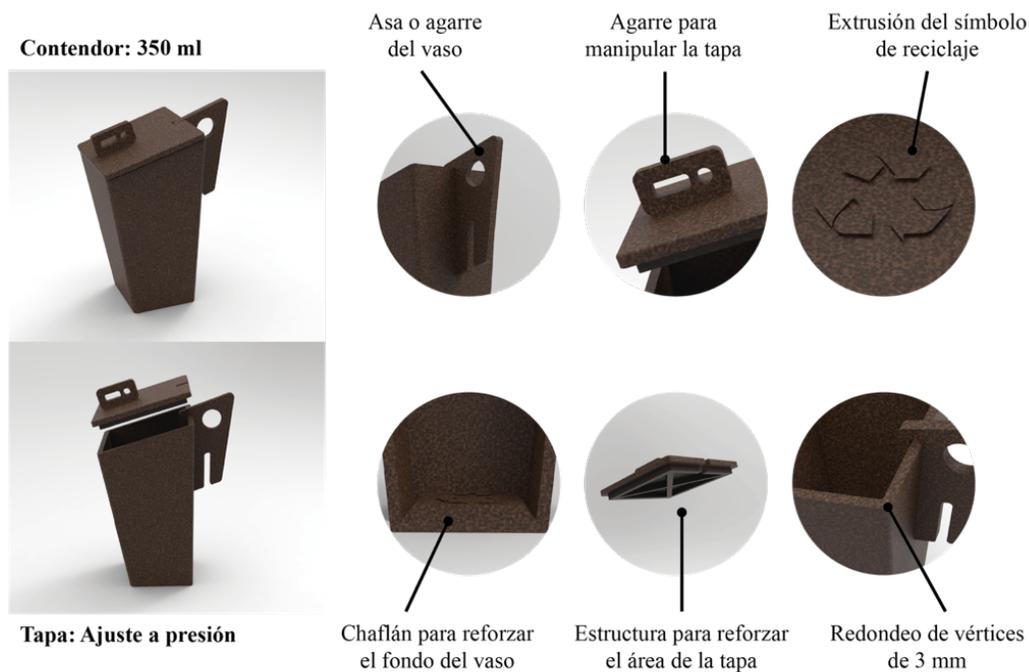


Figura 24. *Diseño a detalle: Plato*

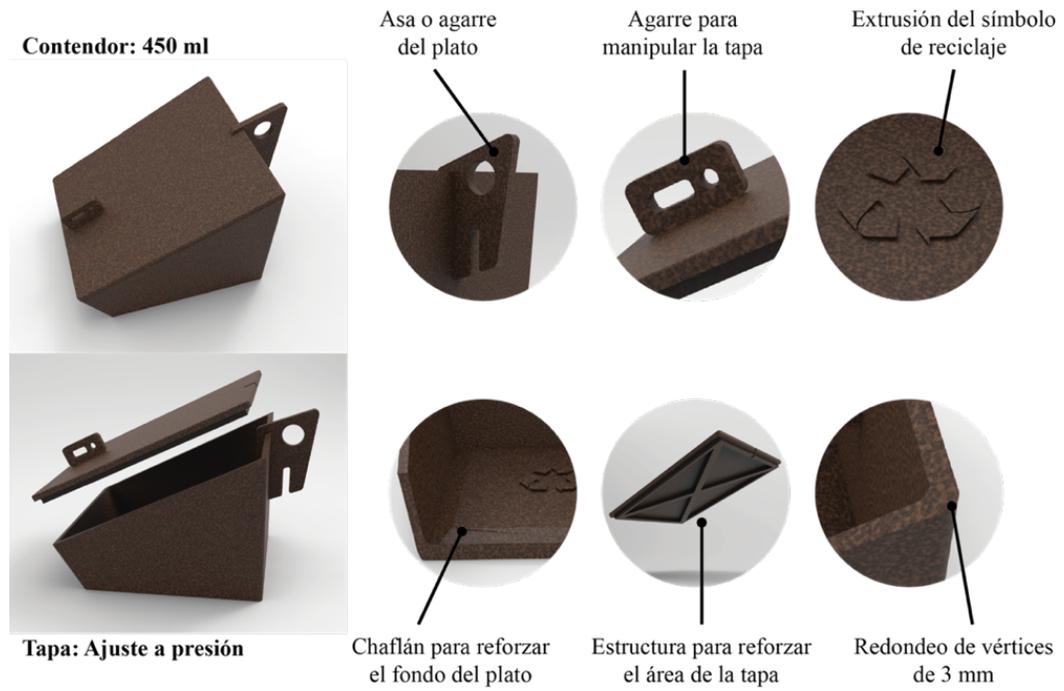
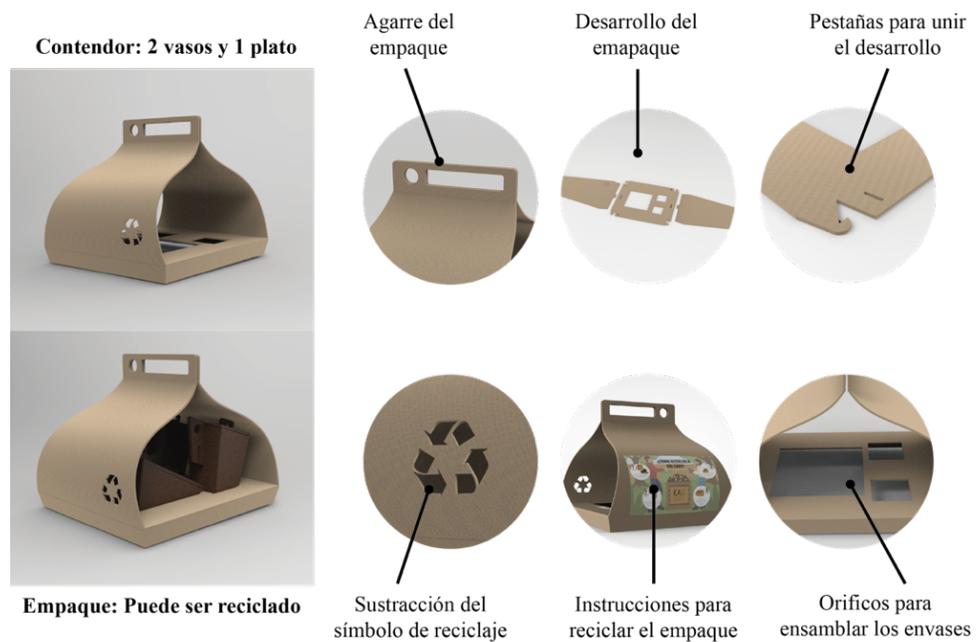


Figura 25. *Diseño a detalle: Empaque*



9.3 Kai Sabi en Contexto de Uso

Figura 26. *Envases en contexto de uso*



Figura 27. *Marca Kai Sabi*

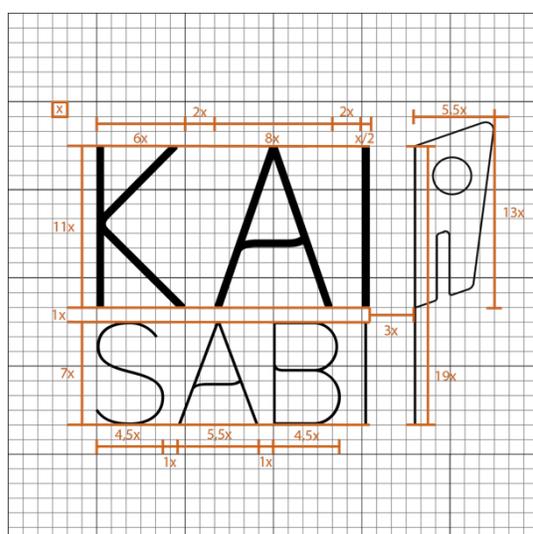


Figura 28. *Marca en contexto de uso*

9.4 Impacto ambiental de Kai Sabi

Este proyecto propone la familia Kai Sabi como una solución que reduzca la cantidad de residuos plásticos generados por los envases de uso único, por ello, a continuación se presentan las matrices respectivas acerca del impacto ambiental para los envases plásticos distribuidos en el mercado y para la propuesta fabricada a partir de un material biodegradable. Este análisis se realizó usando la metodología de Conesa, una matriz que permite asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un proyecto determinado en cada una de sus etapas (HIDROAR S.A., s.f.).

La ecuación para el Cálculo de la Importancia (I) de un impacto ambiental se determina de la siguiente manera: $I = \pm [3i + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$, dónde:

\pm = Naturaleza del impacto (Positiva o negativa)

I = Importancia del impacto

i = Intensidad o grado probable de destrucción

RV = Reversibilidad

EX = Extensión de influencia del impacto

EF = Efecto (tipo directo o indirecto)

En la matriz de evaluación de impactos ambientales para el proceso de producción de los envases Kai Sabi, se puede identificar que los mayores impactos se presentan en las actividades de fabricación de los moldes, obtención de los prototipos, embalaje y distribución; pero a comparación de la matriz para envases plásticos, se evidencia una diferencia significativa en el impacto negativo generado. Por otra parte, al analizar el impacto por componente ambiental, el único impacto significativo es el de generación de residuos, pero al ser productos elaborados por residuos biodegradables, el impacto negativo se hace menor, y en contraste con el proceso anterior, se generan impactos positivos sociales y culturales por contribuir con la sensibilización de la población y la generación de conciencia ambiental.

10. Conclusiones

Tras realizar las pruebas de validación con la muestra objetivo, en términos generales, se obtuvieron resultados satisfactorios en la interacción de los usuarios con la familia Kai Sabi.

El primer aspecto a evaluar fue la apariencia formal-estética, la cual en una escala de 1 a 5 tuvo un promedio de 4,46; para mejorar este puntaje se modificó el asa de los envases y se simplificó el empaque.

En cuanto la evaluación de facilidad y comodidad de agarre, los resultados obtenidos cumplieron con el parámetro de aceptación; sin embargo en el rediseño se modificó el tamaño y la forma del asa para favorecer esta interacción.

En la evaluación de transmisión de temperatura, la mayoría de los usuarios respondieron “Nada”, respecto a la percepción de calor en las manos al manipular los envases; esta respuesta fue favorable porque indica que aunque los envases almacenen alimentos calientes, la persona no percibirá esta temperatura.

Los principales problemas de interfaz encontrados al realizar la prueba de usabilidad fueron el ajuste de las tapas y el peso del plato y del vaso, para ello en el rediseño se modificó el tamaño del encaje de la tapa respecto al envase y se disminuyó el espesor de las paredes de los envases; opuesto a lo mencionado anteriormente, en el caso del empaque el calibre de la hoja se tuvo que aumentar para darle al usuario una mayor seguridad al transportar el empaque.

Por otra parte, mediante las pruebas de verificación se pudieron evaluar otros aspectos necesarios para el cumplimiento de los requerimientos del producto; por ejemplo, se pudo evidenciar que el diseño formal de los envases garantizaban estabilidad y optimización de espacio al estar en desuso, el material elaborado con materia prima orgánica tenía una descomposición efectiva, una resistencia adecuada para el contexto de uso y cumplía con los parámetros de control microbiológico y de migración, sin embargo, en este último se evidenció la necesidad de reevaluar el caso de bebidas a altas temperaturas.

En la prueba de sistema de sellado los resultados no fueron los esperados, ya que debido a la rigidez del material y las medidas que tenían los prototipos de alta fidelidad, dificultaban el encaje de la tapa por presión; por ello en el diseño de detalle se hicieron unas modificaciones en las tapas para mejorar este aspecto y para reforzar su resistencia.

Para finalizar con estas pruebas, al tener el prototipo de alta fidelidad, se hizo una revisión de costos de la familia diseñada para revisar si su producción en serie era más asequible comparada con los costos los envases biodegradables estudiados en el benchmarking y además, se realizó un análisis ambiental haciendo uso de la Matriz de Conesa, con el fin de identificar los diferentes impactos ambientales potenciales de este proyecto comparados con los de los envases de uso único; los resultados de costos evidenciaron valores superiores respecto a la producción de los envases biodegradables existentes y los del impacto ambiental demostraron que la familia Kai Sabi

genera menos efectos adversos para el ambiente que los envases plásticos, representando así una solución para disminuir la cantidad de residuos sólidos generados por los productos de uso único.

11. Recomendaciones

Se considera importante estudiar los componentes y propiedades químicas del material del vaso y del plato para mejorar su flexibilidad y disminuir la migración total de partículas cuando el envase esté en contacto con bebidas, grasas y lácteos a altas temperaturas; también se recomienda investigar otros métodos para teñir el material del empaque, es decir, que la pulpa ya tenga el color final mientras está en el tanque evitando así el proceso de teñido después del secado de la hoja, de esta manera se ahorra tiempo en la mano de obra.

Por otra parte, para mejorar la fabricación y calidad de los envases finales, es importante cambiar el proceso de manufactura artesanal por uno más industrial, reemplazando los moldes de MDF o PLA por unos de acero para que resistan de mejor manera a la temperatura del material en estado líquido; además implementando el moldeo por inyección.

Para finalizar, se recomienda proponer un sistema de sellado que sea más compatible con las características del material.

Referencias

Agencia de Residuos de Cataluña, Gremio de Recuperación de Cataluña, & Asociación Española de Recuperadores de Papel y Cartón. (2012). *Guía de buenas prácticas para el reciclaje de papel y cartón en Cataluña*. http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/prevencio/guiapapercartro_web_es.pdf

Ajover-Darnel. (s. f.). Pastelería y Repostería. Darnel Colombia. <http://co.darnelgroup.com/sectores/pasteleria-y-reposteria/>

Alonso Nore, L. X., & Poveda Sanchez, J. S. (2008, diciembre). ESTUDIO COMPARATIVO EN TÉCNICAS DE RECuento RAPIDO EN EL MERCADO Y PLACAS PETRIFILM 3M PARA EL ANALISIS DE ALIMENTOS. Pontificia Universidad Javeriana.

Amador, D. C. T. (2018, 10 agosto). Colombia: Así se encuentra el negocio de cafés en el país. América Retail. <https://www.america-retail.com/colombia/colombia-asi-se-encuentra-el-negocio-de-cafes-en-el-pais/>

Amador, D. C. T. (2019, 23 agosto). Colombia: Así va el negocio de las tiendas de café en el país. América Retail. <https://www.america-retail.com/colombia/colombia-asi-va-el-negocio-de-las-tiendas-de-cafe-en-el-pais/>

Araujo, J., Avendaño, J., Bálsamo, S., Cañizales, J., García, A., Lema, C., León, R., Mascarell, S., Molina, Z., Montes, A., Montoya, M., Morales, F., Nava, N., Noguera, Y., Ostos, M., Peña, H., Quintero, A., Rosales, D., Ruiz, N., & Zambrano, J. (2015). Aprovechamiento tecnológico de la cera de abeja para la obtención de productos sintéticos orgánicos, no tóxicos para el ser humano. <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/marquezronald/?p=8052>

Arteaga Crespo, Y., Carballo Abreu, L., Tiomno Tiomnova, O., Casal Vigueiras, A., Tacoronte Morales, J. E., & Cruz Suárez, R. (2007). Resina de pino: química verde y potencialidades biológicas. *Revista Cubana de Química*. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543706028.pdf>

Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012, octubre). TEMA 6. MOLDEO POR COMPRESIÓN. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16981/1/TEMA6_compresion.pdf

Bermúdez Ballén, M. A. (2019, junio). Cadena productiva del café en Colombia. Universitaria Agustiniiana. <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/851>

Cabañas de la Rosa, C. C., Méndez Vargas, N. T., Provisor Martínez, S. M., & Torres Ledesma, M. A. (2010). *LA CASCARILLA DE CAFÉ COMO MATERIA PRIMA PARA ELABORAR PAPEL*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. https://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria18/CT_L_IE%20La_cascarilla_de_cafe_como_mater.pdf

Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón - ANDI. (2017). *Informe de Sostenibilidad 2017*. <http://www.andi.com.co/Uploads/INFORME%20PULPA%20PAPEL%20Y%20CARTO%20C%81N%20VERSIO%CC%81N%202019.pdf>

Cárdenas Mateus, L. A. (2019, 26 septiembre). Bucaramanga pasará a reciclar del 2 al 6% con nueva planta. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/bucaramanga-pasara-a-reciclar-del-2-al-6-con-nueva-planta-416620>

Cartones y papeles de Risaralda. (s. f.). *Ciclo de vida del papel*. Recuperado 3 de agosto de 2020, de <http://www.cyprisaralda.com/noticia/ciclo-de-vida-del-papel>

Chiluiza Benítez, C. I., Hernández Lara, J. P. (2009, octubre). *Elaboración de papel artesanal de caña guadua (Guadua Angustifolia K.)*. QUITO/ EPN/ 2009. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1901>

Chong Bejarano, K. A. (2012). Desgrasantes y cocción cerámica. https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/671973/BAEX_9_8.pdf?sequence=1

Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública [MASP], Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes, & Greenpeace Colombia. (2019, noviembre). Situación actual de

los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente. http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf

Corbella Aranda, X., & Bestué Valenzuela, J. (2010, octubre). Diseño y determinación de propiedades de un hormigón romano. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/12002>

Cunningham1, A. P. (2009, octubre). Estado actual de la resinación en el mundo. https://www.academia.edu/4010228/Estado_actual_de_la_resinaci%C3%B3n_en_el_mundo

Diario Occidente. (2019, 1 julio). En Colombia se recicla solo el 7% del plástico. *Diario Occidente*. <https://occidente.co/colombia/en-colombia-se-recicla-solo-el-7-del-plastico/>

Dirección General de Salud Ambiental. (2007, junio). GUÍA TÉCNICA PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE SUPERFICIES EN CONTACTO CON ALIMENTOS Y BEBIDAS. http://www.sanipes.gob.pe/normativas/8_RM_461_2007_SUPERFICIES.pdf

Elorza, M. I. (s. f.). Compostaje y lombricultura: La visión ecológica de la basura. Portal Municipal de Santiago. Recuperado 2021, de http://www.munistgo.info/medio_ambiente/biblioteca_digital/Compostaje_y_Lombricultura.pdf

Federación Nacional de Cafeteros. (2020, 21 enero). *Producción de café de Colombia cerró el 2019 en 14,8 millones de sacos*. <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia-cerro-el-2019-en-148-millones-de-sacos/#:%7E:text=Bogot%C3%A1%2C%20enero%202014%20de%202020,que%20el%20cierr e%20de%202018.&text=En%20diciembre%20de%202019%20la,1%2C7%20millones%20de%20sacos>.

Flores Valdez, D. S. (2009). Elaboración de materiales biodegradables base sacarosa. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/370>

Fundación Ellen MacArthur. (2015). *Hacia una economía circular: Motivos económicos para una transición acelerada*.

https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf

Gallo Corredor, J. A., & Sarria Villa, R. A. (2012, diciembre). Obtención de Colofonia y Trementina a partir de Resina de Pino de la especie Patula y posterior evaluación de los parámetros de calidad. Universidad del Cauca. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2013/2013-13.pdf>

García Muñoz, A. F., & Riaño Luna, C. E. (1999). *Extracción de celulosa a partir de la borra de café*. Cenicafé. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050%2803%29205-214.pdf>

García, D. C., & Duarte Bohórquez, C. (2018). *La cafetería*. <http://35.227.45.16/bitstream/handle/20.500.12277/4896/00005120.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González Rodríguez, M. F. (2017, diciembre). Análisis de fractura en ensayos de compresión para materiales compuestos utilizando pruebas ópticas no destructivas. <https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/360/1/17276.pdf>

Greenpeace Colombia. (2018, octubre). *Colombia, mejor sin plásticos*. http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf

Greenpeace México. (s. f.). *El papel y su impacto ambiental*. https://archivo.estepais.com/inicio/historicos/94/14_Medio%20ambiente_El%20papel_greenpeace.pdf

Guerra, G. (2019, 3 mayo). Empaque Del Café Tostado: Tipos de bolsas para elegir. Perfect Daily Grind español. <https://perfectdailygrind.com/es/2019/05/03/empaque-del-cafe-tostado-tipos-de-bolsas-para-elegir/>

HIDROAR S.A. (s.f.). Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales. <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>

Linear Chemicals. (s.f.). Rosa Bengala Determinación de anticuerpos anti-Brucela. http://www.linear.es/ficheros/archivos/322_2210005cas.pdf

MAIS & ASI. (s.f.). *Programa de gobierno de Sergio Isnardo* [Comunicado de prensa]. <https://www.bucaramanga.gov.co/la-ruta/wp-content/uploads/2019/08/2.-PROGRAMA-DE-GOBIERNO-SERGIO-ISNARDO.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013, 18 agosto). Norma NTC 6019: ETIQUETAS AMBIENTALES TIPO I. SELLO AMBIENTAL COLOMBIANO. CRITERIOS AMBIENTALES PARA PULPA, PAPEL Y CARTÓN Y PRODUCTOS DERIVADOS. https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6019_-_Etiquetas_Ambientales.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2012, marzo). RESOLUCION 683 DE 2012. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>

Naranjo Uribe, A., Peña Rodríguez, G., & Dulce Moreno, H. J. (2018). Morfología y comportamiento térmico de un material compuesto a base de residuos de la industria cerámica tradicional y resinas copoliméricas de ester acrílico. Universidad Francisco de Paula Santander. http://cici.unillanos.edu.co/media2018/memorias/CICI_2018_paper_93.pdf

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020, 23 junio). No importa cuántas veces limpiemos las costas, el plástico siempre. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2019/06/1457361>

Palacio Fonseca, E. E., & Universidad de la Salle. (2006, noviembre). Propuesta de reglamento técnico para concertar los requisitos generales de empaques para alimentos de mayor riesgo en salud pública. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=ing_alimentos

Paniagua González, M. A. (2016, agosto). Verificación del método Simplate® Total Plate Count Color Indicator (TPC CI), comparado con el método estándar de recuento en placa por vertido, para el recuento total de microorganismos aeróbicos mesófilos en productos terminados y materias primas en una industria de alimentos deshidratados. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/QB1155.pdf>

Pavón Vargas, C. P. (2019, julio). Material para impresión 3D basado en resinas naturales de colofonia. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.

Peña Ortiz, N. C. (2019). *Evolución de los determinantes de la innovación en el sector de plásticos en Colombia 2009-2016*. <https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/36310/Documento%20Final%20Carolina%20Pe%c3%b1a%2005052019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pérez, L. F. (2018, agosto 17). *La basura plástica es también culpable del cambio climático*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/natural/tu-huella/20180812/451274061285/plastico-cambio-climatico-contaminacion-basura.html>

Posada, S. G. (2019, 28 julio). Subproductos del café : valor agregado para el negocio. quecafe.info. <https://quecafe.info/usos-alternativos-subproductos-cafe/>

Puente Villegas, S. M., Moreno González, V., Labarga Varona, D., Martínez Vega, E., & Acebes Arranz, J. L. (2018). El hombre y la resina de pino: desde su uso pasado hasta la actualidad con especial atención en España. *Ambiociencias*, 21. <https://doi.org/10.18002/ambioc.v0i0.5556>

¿QUÉ SABEMOS DE LOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO? (s. f.). ECOSISTEMAS ROSALES. Recuperado 20 de mayo de 2021, de <https://ecosistemasrosales.home.blog/2019/07/09/que-sabemos-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-2/>

Rodríguez, A., Arteaga, Y., & Carballo, L. (2008). Resina de pino: renovable y de gran versatilidad. Universidad de Pinar del Río. <https://www.monografias.com/trabajos57/resina-de-pino/resina-de-pino2.shtml#xbibl>

Rodríguez, V. N., & Zambrano F., D. A. (2013, mayo). *Los subproductos del café: Fuente de energía renovable*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/351>

Sarmiento, L. G. (s.f.). Migración en empaques y envases para alimentos. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/196/190>

Serna Jiménez, J. A., Torres Valenzuela, L. S., Martínez Cortínez, K., & Hernández Sandoval, M. C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v31n1/0120-100X-rion-31-01-37.pdf>

Silva Garnica, D., Arcos Dorado, A. L., & Gomez Diaz, J. A. (2006). Guía ambiental apícola. <http://hdl.handle.net/11438/8803>

Suarez Agudelo, J. M. (2012). *Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de betania antioquia: usos y aplicaciones*. http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/627/1/APROVECHAMIENTO_RESIDUOS_SOLIDOS_BENEFICIO_CAFE.pdf

Teschke, K., & Demers, P. (2001). Capítulo 72 [Libro electrónico]. En *Industria del papel y de la pasta de pulpa* (p. 72.2-72.19). <https://www.virtualpro.co/biblioteca/industria-del-papel-y-de-la-pasta-del-papel>.

Todo en polímeros. (2017, 4 junio). Termoformado. WordPress.com. <https://todoenpolimeros.com/2018/03/12/termoformado/>

Todo en polímeros. (2018, 26 noviembre). Procesos de Moldeo. WordPress.com. <https://todoenpolimeros.com/procesos-de-moldeo/>

Unilever (UBF, Frigo, Lever). (2002). Packaging. La decisión en 5. Icon Comunicación Visual, 2002. https://gasparbecerra.files.wordpress.com/2008/11/decision_5.pdf

UNL- Facultad de Arquitectura y Urbanismo, & Sunzunegui, D. (2019). Ecodiseño y economía circular [Diapositivas]. Estudio Línea. <http://www.estudiolinea.com.ar/PACKAGING2/Ecodiseno/index.html>

Vermican Soluciones de Compostaje SL. (2017). Manual de protocolo de compostaje doméstico y comunitario. Gobierno de Cantabria.

Zalbidea Muñoz, M. A. (s.f). Las resinas naturales y su léxico. Universidad Politécnica de Valencia.

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68311/Zalbidea%20-%20Las%20resinas%20naturales%20y%20su%20l%C3%A9xico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zanuttini, M., Antúnez, C., Clemente, A., Torres, A. L., Ferreira, P., & Mochiutti, P. (2008). *Propiedades del papel*. Red Iberoamericana de Docência e Investigación en Celulose y Papel. <http://hdl.handle.net/10316/37903>

Zapata, D. A., Pujol, R. O., & Coda, F. E. (2010). Polímeros biodegradables: Una alternativa de futuro a la sostenibilidad del medio ambiente. <https://www.tecnicaindustrial.es/wp-content/uploads/Numeros/82/889/a889.pdf>