

EMPAQUE BIODEGRADABLE DE HOJA DE PLATANO  
ESTUDIO DE CASO PROGRAMA COMBO SALUDABLE - UNIVERSIDAD  
INDUSTRIAL DE SANTANDER

LINA PAOLA RODRÍGUEZ CASTRO  
JUAN SEBASTIAN MAYORGA QUINTERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA

2018

EMPAQUE BIODEGRADABLE DE HOJA DE PLATANO  
ESTUDIO DE CASO PROGRAMA COMBO SALUDABLE - UNIVERSIDAD  
INDUSTRIAL DE SANTANDER

LINA PAOLA RODRÍGUEZ CASTRO  
JUAN SEBASTIAN MAYORGA QUINTERO

Trabajo para optar por el título de Diseñador Industrial

Director:

JAVIER MAURICIO MARTÍNEZ GÓMEZ  
Doctor en Sistemas de Producción y Diseño Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA

2018

*A mis padres, porque siempre han estado a mi lado para ayudarme, escucharme, levantarme y hacerme seguir adelante.*

*A ustedes dos, que siempre me brindaron su amor y apoyo incondicional, a pesar de las dificultades, nunca dejaron de creer en mí ni le pusieron límites a mis sueños.*

*Y a mis hermanos, Oscar y Julián, que en los momentos de mayor necesidad, nunca dudaron en darme una mano.*

*No tengo palabras suficientes para expresarles mi agradecimiento.*

*Lina.*

*Dedicado primero a Dios, quien ilumina mi vida, a mi mamá Ibeth, mi papá Wilson, a la Anamaris y mi abuela Marinita, que aparte de convivir conmigo, son la razón de seguir adelante, de luchar por ellos y de ser cada día mejor persona poniendo en práctica sus enseñanzas. A mi familia y mis padrinos en Bogotá, que aunque estén lejos, siempre han estado pendientes de mí y preocupados porque todo me salga bien. Muy agradecido, en especial a mi tía Alba Marina, que también me ha respaldado con mis estudios, y me sigue apoyando en mi formación profesional. A mis amigos, que me han acompañado en esta importante etapa de mi vida, fortaleciendo una amistad tan grande que ya de amigos pasan a ser familia. A mi compañera Lina, quien también impulso y puso en marcha el trabajo conmigo de esta idea que surgió tiempo atrás. Finalmente a todas las personas que en esta carrera educativa me han aportado sabiduría y conocimiento para llegar a ser un gran profesional, con grandes valores que enriquecen mi formación integral como persona.*

*Sebastián.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro director, Javier Mauricio Martínez Gómez, por creer en esta iniciativa y brindarnos su apoyo constante en este proceso. Al profesor de la escuela de Diseño Industrial, José Miguel Higuera Marín, quien con su experiencia y conocimiento ayudo a la formulación de este proyecto.

Al señor Carlos Andrés Gómez, Técnico en restauración de documentos, por enseñarnos su profesión y darnos las herramientas necesarias para materializar nuestra idea.

A las divisiones de Bienestar universitario y Publicaciones, especialmente a la ingeniera Leidy Johana Acosta Franco y a la ingeniera Jessica Andrea Jaimes Herrera, por su colaboración durante todo el proceso de realización de este proyecto.

## CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN .....	22
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
2. JUSTIFICACIÓN.....	29
3. PREGUNTA DE DISEÑO .....	30
4. OBJETIVOS.....	31
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	31
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
5. MARCO TEÓRICO .....	32
5.1 EMPAQUES EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.....	32
5.2 DISEÑO PARA LA SOSTENIBILIDAD .....	33
5.2.1 Estrategias de diseño para la sostenibilidad .....	34
5.2.2 Metodología Life Cycle Assesment (LCA).....	34
5.3 EMPAQUES DE FIBRAS NATURALES .....	36
ETAPA 1 – SITUACIÓN DE ESTUDIO.....	39
6. EMPAQUE PRINCIPAL ACTUAL.....	39
6.1 CONCEPTUALIZACIÓN.....	39
6.2 ALIMENTOS OFRECIDOS POR EL PROGRAMA COMBO SALUDABLE .....	40
6.3 CICLO DE VIDA EMPAQUE PRINCIPAL ACTUAL.....	41
6.3.1 Materia prima .....	41
6.3.2 Transporte materia prima.....	42

6.3.3 Manufactura .....	42
6.3.4 Distribución .....	47
6.3.5 Uso .....	47
6.3.6 Manejo de fin de ciclo .....	50
6.4 REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DEL EMPAQUE PRINCIPAL.....	52
6.4.1 Necesidades del empaque.....	52
6.4.2 Recopilación y jerarquización de necesidades .....	54
7. ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DE ESTUDIO .....	55
7.1 PAPEL DERIVADO DE CAÑA DE AZÚCAR – PRUEBA 1 .....	55
7.2 PAPEL DERIVADO DE CAÑA DE AZÚCAR – PRUEBA 2 .....	56
7.3 ENVASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ.....	56
ETAPA 2 – EMPAQUE PROPUESTO.....	58
8. LA HOJA DE PLATANO .....	58
8.1 CONCEPTUALIZACIÓN.....	58
8.2 DISPONIBILIDAD .....	59
8.3 DESHOJE .....	60
8.4 DESCOMPOSICIÓN.....	62
8.5 CARACTERÍSTICAS .....	62
8.5.1 Características físicas .....	62
8.5.2 Características mecánicas .....	65
9. ELABORACIÓN DE LÁMINA DE HOJA DE PLÁTANO MEDIANTE MÉTODO ARTESANAL.....	66
9.1 MATERIA PRIMA.....	67
9.1.1 Capa externa .....	67

9.1.2 Capa intermedia.....	67
9.1.3 Adhesivos .....	70
9.2 PROBETA 0.....	71
9.3 PROBETAS 1 - 13 .....	73
9.3.1 Resultados .....	74
9.3.2 Análisis de resultados .....	75
10. ELABORACIÓN DE LÁMINA DE HOJA DE PLÁTANO MEDIANTE MÉTODO SEMI INDUSTRIAL.....	76
10.1 MATERIA PRIMA.....	76
10.1.1 Capa externa .....	76
10.1.2 Capa intermedia.....	76
10.1.3 Adhesivo .....	78
10.2 PRENSA MANUAL .....	79
10.3 PROBETA 14.....	79
11. DISEÑO EMPAQUE DE HOJA DE PLÁTANO .....	81
11.1 ÁRBOL DE SOLUCIONES .....	81
11.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS .....	82
11.3 SELECCIÓN DE CONCEPTO .....	83
11.4 DESARROLLO DE CONCEPTO .....	84
11.5 MODELO FUNCIONAL.....	87
11.6 PRUEBAS DE FUNCIÓN.....	87
11.6.1 Objetivo general.....	87
11.6.2 Objetivos específicos .....	87
11.6.3 Preparación de pruebas.....	88

11.6.4 Prueba 1 - Resistencia a la deformación por humedad .....	88
11.6.5 Prueba 2 - Resistencia a la deformación por peso .....	89
11.6.6 Prueba 3 - Apilamiento.....	90
11.6.7 Prueba 4 – Olores y sabores .....	91
11.6.8 Conclusiones generales.....	91
12. CONCEPTUALIZACION DEL CICLO DE VIDA DEL EMPAQUE PROPUESTO .....	93
12.1 MATERIA PRIMA.....	93
12.2 TRANSPORTE MATERIA PRIMA .....	93
12.3 MANUFACTURA .....	93
12.4 DISTRIBUCIÓN .....	96
12.5 USO .....	96
12.6 MANEJO DE FIN DE CICLO .....	96
13. SOCIALIZACIÓN DEL EMPAQUE PROPUESTO .....	98
13.1 DIVISIÓN DE BIENESTAR UNIVERSITARIO .....	98
13.1.1 Socialización a funcionarios.....	98
13.1.2 Socialización a operarios .....	99
ETAPA 3 – DETERMINACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL EMPAQUE ACTUAL Y EL EMPAQUE PROPUESTO.....	101
14. ANÁLISIS LCA.....	101
14.1 MATERIALES Y METODOLOGÍA .....	103
14.1.1 Caracterización de los empaques.....	103
14.1.2 Alcance del estudio .....	103
14.1.3 Análisis de inventario .....	105
14.1.4 Evaluación del impacto ambiental.....	107

14.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	107
14.2.1 Materia prima .....	107
14.2.2 Transporte de materia prima .....	109
14.2.3 Manufactura .....	110
14.2.4 Evaluación del impacto ambiental.....	113
15. CONCLUSIONES .....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS.....	120

## LISTA DE TABLAS

	pag.
Tabla 1. Descripción caja Combo saludable con costo.....	39
Tabla 2. Recetas más comunes incluidas en el Combo Saludable.....	41
Tabla 3. Tiempos de impresión para Máquina litográfica Heidelberg Modelo GTO 52 en la división de Publicaciones .....	43
Tabla 4. Composición tinta NEW BESTACK SERIES. ....	44
Tabla 5. Interpretación de necesidades de Bienestar respecto al empaque principal del programa Combo Saludable. ....	53
Tabla 6. Recopilación y jerarquización de necesidades para el desarrollo de la propuesta de empaque principal para el programa Combo Saludable. ....	54
Tabla 7. Recolección de datos físicos de 100 muestras de hoja de plátano.....	64
Tabla 8. Promedio y moda para cada medida de la hoja de plátano. ....	64
Tabla 9. Probetas prueba 1 a 13.....	73
Tabla 10. Resultados de probetas 1 – 13. ....	74
Tabla 11. Árbol de soluciones para empaque propuesto.....	82
Tabla 12. Generación de conceptos para empaque propuesto. ....	82
Tabla 13. Matriz de selección aplicada. ....	83
Tabla 14. Impacto ambiental en la etapa de materia prima para el empaque principal actual. ....	108
Tabla 15. Impacto ambiental en la etapa de materia prima para el empaque propuesto.....	109
Tabla 16. Impacto ambiental en la etapa de transporte de materia prima para el empaque principal actual. ....	109
Tabla 17. Impacto ambiental en la etapa de transporte de materia prima para el empaque propuesto. ....	110

Tabla 18. Impacto ambiental en la etapa de manufactura del empaque principal actual. ....111

Tabla 19. Impacto ambiental en la etapa de manufactura del empaque propuesto. ....112

Tabla 20. Impacto ambiental potencial empaque principal actual.....113

Tabla 21. Impacto ambiental potencial empaque propuesto.....113

## LISTA DE FIGURAS

pag.

Figura 1. Combo saludable. Universidad Industrial de Santander. Foto de registro. .....	24
Figura 2. Desechos del Combo saludable. Universidad Industrial de Santander .	26
Figura 3. Desechos del Combo saludable. Universidad Industrial de Santander. .	27
Figura 4. Ciclo de vida de un producto en el modelo LCA. ....	36
Figura 5. Producto LeafRepublic.....	37
Figura 6. Ejemplo de platos fabricados a partir de hojas de árbol. ....	38
Figura 7. Medidas del empaque principal actual del programa Combo Saludable.	40
Figura 8. Almacenamiento de materia prima Polyboard .....	41
Figura 9. Proceso de impresión del empaque principal actual.....	43
Figura 10. Proceso de troquelado del empaque principal actual. ....	44
Figura 11. Proceso de destroquelado. ....	45
Figura 12. Empacadora HERNANDPACK (Túnel).....	46
Figura 13. Empacadora HERNANDPACK (Selladora).....	46
Figura 14. Distribución del empaque principal actual.....	47
Figura 15. Ensamble y almacenamiento del empaque principal actual .....	48
Figura 16. Servido del alimento .....	48
Figura 17. Almacenamiento y conteo.....	49
Figura 18. Despacho de Combo Saludable .....	49
Figura 19. Disposición de los residuos del Combo Saludable por parte de usuarios .....	50
Figura 20. Recolección de residuos del programa Combo Saludable .....	51
Figura 21. Residuos del programa Combo Saludable al finalizar jornada. ....	51
Figura 22. Prueba - 1 Papel derivado de caña de azúcar. Universidad Industrial de Santander .....	55

Figura 23. Prueba - 2 Papel derivado de caña de azúcar. Universidad Industrial de Santander .....	56
Figura 24. Prueba envase de almidón de maíz. Universidad Industrial de Santander .....	57
Figura 25. Hoja de plátano.....	59
Figura 26. Proceso de deshoje en cultivos plataneros.....	61
Figura 27. Medidas tenidas en cuenta para la caracterización física de la hoja de plátano .....	63
Figura 28. Construcción de laminado sin adhesivo.....	66
Figura 29. Construcción de laminado con adhesivo. ....	67
Figura 30. Preparación de la hoja de plátano para fabricación de fibra .....	68
Figura 31. Fibra de hoja de plátano .....	69
Figura 32. Fibra de plátano con hoja de plátano.....	69
Figura 33. Engrudo de plátano.....	71
Figura 34. Preparación de prueba 0. ....	72
Figura 35. Daño de hoja de plátano en prueba 0.....	72
Figura 36. Probetas. ....	74
Figura 37. Mezcladora semi-industrial .....	77
Figura 38. Fibra de plátano procesada en la mezcladora .....	77
Figura 39. Hoja de fibra de plátano en la reintegradora.....	78
Figura 40. Hoja de fibra de plátano.....	78
Figura 41. Prensa manual.....	79
Figura 42. Probeta 14 .....	80
Figura 43. Medidas de la base del empaque propuesto. ....	84
Figura 44. Medidas de la tapa del empaque propuesto. ....	85
Figura 45. Proceso de ensamble de la base y la tapa del empaque propuesto.....	85
Figura 46. Concepto de empaque propuesto.....	86
Figura 47. Grabado del logo de la Universidad Industrial de Santander .....	86
Figura 48. Modelo funcional del empaque propuesto .....	87
Figura 49. Preparación de empaques para pruebas de función. ....	88

Figura 50. Prueba de función 1 – Resistencia a la humedad.....	89
Figura 51. Prueba de función 2 – Resistencia a la humedad.....	90
Figura 52. Prueba de función 3 – Apilamiento .....	91
Figura 53. Socialización del proyecto con profesional del programa Combo Saludable .....	99
Figura 54. Socialización del proyecto con operarios del programa Combo Saludable .....	100
Figura 55. Ciclo de vida empaque principal actual.....	101
Figura 56. Ciclo de vida empaque propuesto. ....	102
Figura 57. Análisis de ciclo de vida del empaque principal actual. ....	104
Figura 58. Análisis de ciclo de vida de empaque propuesto. ....	104

## LISTA DE ANEXOS

	pag.
Anexo A. Ficha técnica cartón Polyboard .....	120
Anexo B. Ficha técnica Máquina litográfica Heidelberg Modelo GTO 52.....	121
Anexo C. Ficha técnica Máquina Tipográfica Chandler .....	122
Anexo D. Ficha técnica Máquina empacadora Hernanpack, túnel y selladora. ...	123
Anexo E. Encuesta realizada a operarios de la división de Bienestar Universitario. .....	124

## RESUMEN

**TÍTULO:** EMPAQUE BIODEGRADABLE DE HOJA DE PLATANO, ESTUDIO DE CASO PROGRAMA COMBO SALUDABLE - UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER\*

**AUTORES:** LINA PAOLA RODRIGUEZ CASTRO, JUAN SEBASTIAN MAYORGA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** EMPAQUE, SOSTENIBILIDAD, LCA, CICLO DE VIDA, INDICADORES AMBIENTALES, PERFIL AMBIENTAL.

### **DESCRIPCIÓN:**

El programa Combo saludable es un servicio que ofrece la Universidad Industrial de Santander y consta de un almuerzo sólido, contenido en un empaque principal, que se acompaña de una bebida, contenido en un envase, un postre o fruta y un tenedor plástico. El empaque principal y el envase están fabricados en cartón polyboard, esta materia prima tiene impactos ambientales negativos, y se suma a un pobre manejo de los desechos del programa dentro del campus, lo cual dificulta la recolección selectiva de este material. Estas problemáticas entran en conflicto con el Sistema de Gestión Ambiental de la universidad, basado en políticas ambientales sostenibles que buscan minimizar los impactos ambientales de las actividades misionales que se realizan dentro del campus.

De esta manera, se hace necesaria una intervención del empaque a través del diseño con el fin de disminuir los factores que están causando problemáticas ambientales en la ejecución del programa.

Este proyecto desarrolló una nueva alternativa de empaque para el programa Combo Saludable, planteando el uso de fibras naturales, más específico la hoja de plátano, como materia prima en su fabricación. Se realiza una validación realizando una comparación de impactos ambientales mediante el modelo LCA (Life Cycle Assessment) del empaque propuesto respecto al empaque existente.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Director Javier Mauricio Martínez Gómez, Doctor en sistemas de producción y Diseño Industrial.

## ABSTRACT

**TITLE:** BIODEGRADABLE BANANA LEAF PACKAGING, CASE STUDY “COMBO SALUDABLE” PROGRAM – INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER\*

**AUTHORS:** LINA PAOLA RODRIGUEZ CASTRO, JUAN SEBASTIAN MAYORGA<sup>††</sup>

**KEYWORDS:** PACKAGING, SUSTAINABILITY, LCA, LIFE CYCLE, ENVIRONMENTAL INDICATORS, ENVIRONMENTAL PROFILE.

### **DESCRIPTION:**

The “Combo Saludable” program is a service offered by the Industrial University of Santander and consists of a solid lunch, contained in a main package, which is accompanied by a soft drink, a dessert or fruit and a plastic fork. The main packaging is made of polyboard cardboard, this raw material has negative environmental impacts, and adds to a poor management of the program waste within the campus, which makes selective collection of this material particularly difficult. These problems enter in conflict with the Environmental Management System of the university, which is based on sustainable environmental policies that seek to minimize the environmental impacts of missionary activities that are carried out within the campus.

In this way, an intervention of the packaging through design is necessary in order to reduce the factors that are causing environmental problems in the execution of the “Combo Saludable” program.

This project developed a new packaging alternative for the “Combo Saludable” program, proposing the use of natural fibers, more specifically the banana leaf, as a raw material in its manufacture. A validation is made by comparing four key indicators of environmental impacts through the LCA (Life Cycle Assessment) model of the proposed packaging against the existing packaging.

---

\* Degree Project

<sup>††</sup> Faculty of Physical and Mechanical Engineering. Industrial Design School. Director Javier Mauricio Martínez Gómez, PhD in Production Systems and Industrial Design.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander se ha destacado a través de los años como una de las mejores instituciones de educación superior de Colombia. Esta maneja una política ambiental, enfocada al compromiso de toda la comunidad universitaria con la generación de una cultura de desarrollo sostenible que incluye la protección del medio ambiente, el uso eficiente de los recursos y la prevención de la contaminación, trabajando por la educación ambiental, la minimización de los impactos ambientales significativos, derivados del desarrollo de las actividades misionales de la universidad y de los procesos de apoyo, mejorando continuamente en el desempeño del Sistema de Gestión Ambiental (Universidad Industrial de Santander, 2017)

La universidad, a través de la división de Bienestar Universitario, ofrece el programa Combo Saludable que beneficia a estudiantes y personal administrativo desde el año 2012, con menús organizados por nutricionistas de la dependencia universitaria, produciendo diariamente un promedio de 425 almuerzos. La universidad ha invertido en la generación de espacios para llevar a cabo el programa, logrando patrocinio del mismo a cargo de distintas dependencias dentro del campus, las cuales aseguran su subsistencia.

Sin embargo, el programa Combo saludable entra en conflicto con la visión sostenible de la institución, presentando una problemática ambiental entorno al empaque utilizado y un manejo inadecuado de los desechos de este servicio. Desde un punto de vista ambiental, el empaque utilizado para este producto, constituido de contenedor y vaso, está fabricado en cartón polyboard, el cual tiene impactos ambientales negativos respecto a su producción. Así mismo, la universidad no ha establecido un apropiado manejo de los desechos del programa, lo que se traduce

en que no se produce una clasificación eficaz de estos y por lo tanto se dificulta el proceso de recolección selectiva de los mismos. De esta manera, se hace necesaria una intervención del empaque a través del diseño con el fin de disminuir los factores que están causando problemáticas ambientales en la ejecución del programa.

Existen innumerables alternativas sostenibles en la fabricación de empaques para alimentos, en los que se destacan los polímeros sintéticos, los cartones biodegradables y los papeles biodegradables. Respecto a investigaciones recientes, el uso de fibras naturales ha tomado un papel significativo en los avances realizados en torno a materiales para fabricación de empaques. Tejidos derivados de tallos, hojas y frutos han presentado un aumento considerable en diferentes aplicaciones, y cabe resaltar el uso tradicional de hojas de distintas plantas para el empaque de comidas regionales como envueltos, tamales, bocadillos etc.

Este proyecto va dirigido al desarrollo de una nueva alternativa de empaque para el programa Combo Saludable de la Universidad Industrial de Santander, planteando el uso de fibras naturales, más específico la hoja de plátano, como materia prima en su fabricación. Además, realizando una comparación de impactos ambientales mediante el modelo LCA (Life Cycle Assessment) del empaque propuesto respecto al empaque existente para determinar si se produce una mejoría en estos indicadores.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El programa Combo saludable es un servicio que ofrece la Universidad Industrial de Santander y consta de un almuerzo sólido, contenido en un empaque principal, que se acompaña de una bebida, contenido en un envase, un postre o fruta y un tenedor plástico. El empaque principal y el envase están fabricados en cartón polyboard, material que se explicará más adelante. La universidad se encarga del proceso de manufactura del empaque principal en las divisiones de Publicaciones y Bienestar universitario, y el envase y el cubierto se obtienen mediante proveedores.

*Figura 1.* Combo saludable. Universidad Industrial de Santander. Foto de registro.



El proceso de fabricación del empaque principal comienza en la división de Publicaciones de la universidad. La materia prima, polyboard, llega en láminas de 28 por 45 centímetros, las láminas pasan a un proceso de impresión y después proceden a ser troqueladas. Se retira manualmente los bordes irregulares del proceso anterior. Se agrupan los troquelados en paquetes de 50 unidades, los cuales son empacados al vacío con un recubrimiento de polímero termo encogible.

Estos paquetes se empaican con papel y se envían a la división de Bienestar universitario por tierra utilizando una carretilla de acción manual o cargados por funcionarios de la universidad, siendo 5000 unidades promedio cada 10 o 15 días. El proceso de ensamble de las cajas, implica doblar ocho pliegues y ajustar cuatro pestañas para obtener el armado final de la misma, el proceso gasta 16 horas aproximadamente, se realiza los días lunes e involucra la participación de siete personas. Una vez armadas las cajas, se empaican en bolsas plásticas por 50 unidades que son utilizadas de acuerdo a la demanda del programa. En el momento de servido, se empaica la comida y despacha a la zona de entrega del Combo saludable ubicada al lado del comedor universitario. En promedio, se sirven entre 350 y 500 Combos saludables diariamente, los almuerzos que no se vendieron en la jornada se entregan al comedor universitario, donde se distribuyen para la cena de los estudiantes. Los empaques utilizados son depositados en contenedores para residuos ordinarios, siendo recogidos entre las 5 y 6 pm por la división de Planta Física y los cuales no reciben un tratamiento adicional previo a su disposición final.

Cabe resaltar que para análisis de este proyecto, el enfoque será en los procesos de manufactura que se están realizando dentro del campus, esto significa que el envase de bebida y el cubierto plástico no serán tenidos en cuenta ya que son productos que la universidad recibe a través de proveedores.

En el análisis del servicio, se establecen tres problemáticas referentes al empaque principal: La materia prima utilizada en su fabricación, su disposición final y su aprovechamiento.

La materia prima utilizada en la fabricación del empaque principal del Combo saludable, como se mencionó previamente, es el cartón polyboard. Compuesto de capas co-extruidas de celulosa prensada y revestido por polietileno de baja densidad interna y externamente, el polyboard cuenta con una combinación de materiales que le brinda características de permeabilidad, resistencia y flexibilidad por un bajo costo, convirtiéndose en un material ampliamente utilizado para empaques en la industria alimenticia. Existen iniciativas de sostenibilidad forestal

asumidas por empresas manufactureras de este material, que apuntan a minimizar los impactos ambientales, sociales y económicos en la producción del mismo, sin embargo, el polyboard tiene impactos ambientales significantes respecto a su producción como son la pérdida de biodiversidad en plantaciones, erosión de suelos, desestabilización del agua a nivel forestal, fertilizantes usados durante el crecimiento de los árboles, químicos usados, emisiones generadas y consumo de agua (VERGHESE, 2012)

*Figura 2.* Desechos del Combo saludable. Universidad Industrial de Santander.  
Foto de registro.



A diario en la universidad, se producen en promedio 425 Combos saludables, lo que significa 53.12 Kg de desechos semanales con referencia al empaque principal. Por medio de una observación general se puede establecer el inadecuado manejo de estos residuos dentro del campus. Hace poco era notorio la falta de cultura por parte de los usuarios beneficiarios del programa en la disposición final de los desechos, pero con la nueva infraestructura destinada para este servicio ha minimizado este

problema. Sin embargo, la clasificación de estos residuos no se está realizando correctamente, siendo un material que puede ser aprovechado después de cumplir su función principal.

*Figura 3.* Desechos del Combo saludable. Universidad Industrial de Santander.  
Foto de registro.



En su etapa final, el empaque tiene 3 posibilidades de aprovechamiento. La primera, siendo la más recomendada, es su reciclaje y reutilización influenciados principalmente por los costos de transporte, clasificación y limpieza, el material pierde características físicas primordiales para la producción de empaques y es prohibido para aplicaciones de contacto con alimentos debido a la contaminación que puede sufrir el material durante los procesos (MARSH, 2007). También se presenta el empaque como una opción viable para la utilización en programas de compost, donde se ha demostrado que estos productos dejan un rastro de fragmentos plásticos no biodegradables debido a las capas con las que son recubiertos (ECOCYCLE, 2016). Por último, se puede realizar una incineración del material, sin embargo, se producen impactos negativos de esta práctica en el medio ambiente mediante contaminación, producción de gases de efecto invernadero

(GEI), gasto de energía, toxicidad y gasto de agua, así mismo, el aporte energético de este material es relativamente menor al que producen otros materiales como los polímeros plásticos.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El empaque principal que se utiliza en el servicio Combo saludable de la Universidad Industrial de Santander, presenta tres problemáticas relevantes: Una materia prima que mezcla componentes orgánicos y componentes poliméricos; La clasificación de estos residuos no se está realizando correctamente en el campus, dificultando los procesos de selección de basuras y su posterior aprovechamiento; Y una etapa final de ciclo de vida no óptima debido a ser un material que a pesar de poder ser reciclado pierde sus propiedades físicas en el proceso, lo cual lo hace inapropiado para utilización en empaques, no sirve para compostaje, ya que deja residuos plásticos, y su quema no produce una cantidad de energía significativa respecto a otros materiales como los polímeros sintéticos.

Por lo tanto, planteando un producto desde un punto de vista eco sostenible, utilizando fibras naturales, se obtiene un empaque desechable biodegradable y compostable con un perfil ambiental mejor al utilizado actualmente. El uso de la hoja de plátano para el desarrollo de este proyecto, es una alternativa importante, ya que su disponibilidad y acceso en la región de Santander es alta (Colombia, 2005). Esto unido a un adecuado manejo en su disposición final, con un acompañamiento y compromiso institucional y de la comunidad en general, significa una materia prima para procesos de compostaje dentro del campus universitario, realizando un aprovechamiento del material y reduciendo de esta manera los residuos que produce la universidad respecto a este servicio.

### **3. PREGUNTA DE DISEÑO**

A partir de lo expuesto anteriormente, se plantea la siguiente pregunta de diseño:

*¿Qué cambio se evidencia en los indicadores ambientales de ciclo de vida del empaque principal del Combo saludable, respecto a una implementación de fibras naturales, derivadas del cultivo de plátano, como su materia prima?*

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un empaque con un enfoque eco sostenible utilizando como materia prima fibras naturales derivadas del cultivo de plátano, así mismo, contando con las prestaciones fundamentales del empaque principal del programa Combo saludable de la Universidad Industrial de Santander.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el ciclo de vida del empaque principal del programa Combo saludable para establecer oportunidades de mejora y, por medio del modelo LCA, identificar los indicadores ambientales del mismo.
- Identificar las variables de comparación de prestaciones basado en los requerimientos específicos del empaque principal actual, para establecer los requerimientos de diseño del empaque proyectado.
- Determinar el potencial de la hoja de plátano como materia prima del empaque proyectado, reconociendo por medio de literatura su disponibilidad, las características físicas, mecánicas y aspectos ecológicos de la misma para definir la viabilidad de su uso.
- Diseñar un empaque para el programa Combo saludable, integrando las variables de comparación de prestaciones identificadas con el uso de la hoja de plátano como materia prima.
- Comparar los perfiles ambientales, obtenidos por medio de los análisis LCA realizados, del empaque principal del Combo saludable y el empaque propuesto.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 EMPAQUES EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

La prioridad de un empaque es la preservación y protección de todo tipo de productos. Cuando se habla de alimentos, se incluye una atención dada a la contaminación (NAVIA, 2013).

Las principales características de un empaque son (RICO, 2014):

- Inocuidad: Esterilidad
- Características Mecánicas
- Permeabilidad
- Permeabilidad al vapor de agua: Adsorción de vapor de agua en la cara del material
- Permeabilidad a los gases: Porosidad
- Permeabilidad a los aromas: Sustancias volátiles
- Permeabilidad al agua y a las grasas: Difusión a través de su estructura

Las interacciones entre el empaque y el alimento pueden clasificarse de la siguiente manera (HOTCHKISS, 1988):

- Migración. Es la transferencia de componentes desde el empaque hacia el alimento durante su almacenamiento o preparación.
- Permeación de gases y vapor de agua. Hace referencia a los procesos de transporte de gases y vapor de agua desde el interior hacia el exterior del sistema empaque/alimento, y viceversa.
- Sorción y/o permeación de vapores orgánicos. Cuando el sistema empaque/alimento se expone a olores indeseables (almacenamiento inapropiado), el empaque puede adsorberlos. Otro caso es cuando el olor deseable propio del producto empacado se pierde por la permeación del empaque.

- Transparencia de los empaques alimentarios a la luz. La luz, principalmente en longitudes de onda corta, puede catalizar reacciones adversas, como la oxidación de los alimentos. Esto puede conducir a decoloración, pérdida de nutrientes, o desarrollo de malos olores.

## **5.2 DISEÑO PARA LA SOSTENIBILIDAD**

Un enfoque sostenible permite pensar y construir el producto bajo un concepto de utilidad, economía de recursos y menor impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Teniendo control de estos indicadores podría mejorarse la eficiencia, calidad, oportunidades de mercado del producto y el desempeño ambiental del mismo. (UNEP, 2016)

Colombia es un país que aún no ha desarrollado normatividad específica sobre el impacto al medio ambiente del empaque y embalaje; Sin embargo, el Ministerio del Medio Ambiente creó el Sello Ambiental Colombiano (SAC), y reglamentó su uso mediante la resolución 1555 de 2005, expedida en conjunto con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, dando un paso más en el objetivo de promover un cambio hacia los productos ambientalmente amigables. Para el caso colombiano, de acuerdo con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el ICONTEC (2006), un producto identificado con el logo SAC, indica que el producto (PIÑEROS, 2013):

- Hace uso sostenible de los recursos que emplea (materia prima e insumos).
- Utiliza materias primas que no son nocivas para el ambiente.
- Emplea procesos de producción que involucran menos cantidades de energía o hacen uso de fuentes de energías renovables o ambas.
- Considera aspectos de reciclabilidad, reutilización o biodegradabilidad.
- Usa materiales de empaque, preferiblemente reciclable, reutilizable o biodegradable y en cantidades mínimas.

- Emplea tecnologías limpias o que generan un menor impacto relativo sobre el medio ambiente.
- Indica a los consumidores la mejor forma para su disposición final.

Un empaque sostenible está compuesto por un material biodegradable, seguro y saludable para los individuos que intervienen con él durante su ciclo de vida, fabricado con tecnologías que permite su degradación o en el mejor de los casos su respectivo reciclaje o reutilización, cumpliendo con una función social y medioambiental. (YUNGA, 2011)

**5.2.1 Estrategias de diseño para la sostenibilidad** Era necesario establecer un sistema que permitiera analizar la información obtenida de las visitas de campo al servicio de Combo saludable y referente a la propuesta de diseño del empaque. Design for Sustainability (DS4), es un esquema que permitió organizar los resultados de los análisis realizados. Utilizando este método en las distintas fases del proceso de diseño, se pudo determinar el impacto ambiental, social y económico del producto. (UNEP, 2016)

En el desarrollo de este proyecto se analizan los impactos de las siguientes etapas:

- Materia prima
- Transporte de materia prima
- Producción dentro de la institución
- Disposición final

Y se dará prioridad a las siguientes estrategias del DS4:

- Selección de material de bajo impacto
- Optimización del sistema de fin de vida.

**5.2.2 Metodología Life Cycle Assesment (LCA)** Al proponer una metodología enfocada en el diseño para la sostenibilidad, es preciso buscar estrategias de

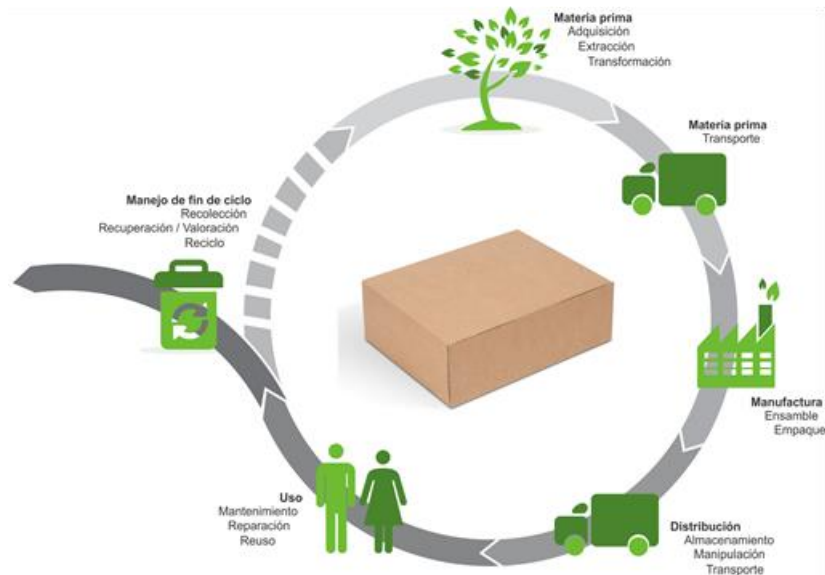
evaluación del ciclo de vida del producto, como se estableció previamente. La evaluación del ciclo de vida forma parte de las normas ISO 14000 (gestión medioambiental) que se detalla en las normas ISO 14040:2006 y 14044:2006.

El LCA se define como:

“Un proceso objetivo que evalúa las cargas medioambientales asociadas con el proceso de un producto o una actividad a través de la identificación de las energías y los materiales utilizados así como los residuos liberados al medio ambiente y que evalúa e implementa oportunidades para la introducción de mejoras medioambientales.” (SETAC, 1990)

El LCA proporciona una visión integral de los aspectos ambientales del producto o proceso, como se observa en la figura 4, y una imagen exacta de los verdaderos compromisos ambientales en la selección de estos. De esta manera se pueden obtener tres resultados: La compilación de un inventario de insumos relevantes de energía, materiales y liberaciones ambientales, una evaluación de los posibles impactos ambientales asociados con los insumos y liberaciones identificados, y una interpretación de los resultados para ayudar a tomar una decisión más informada respecto al producto (SAIC, 2006).

Figura 4. Ciclo de vida de un producto en el modelo LCA.



### 5.3 EMPAQUES DE FIBRAS NATURALES

El punto de partida para este enfoque de diseño de empaques, es que las pérdidas de alimentos pueden reducirse por medio del diseño de empaques mejorados, que no sólo parten de los requerimientos del producto alimenticio sino también tiene en cuenta el ciclo de vida completo de la combinación producto-paquete.

La mayoría de empaques son fabricados con polímeros sintéticos, pero su uso indiscriminado ha generado problemas ambientales. Actualmente, el interés global por utilizar productos amigables con el medio ambiente ha tenido un crecimiento exponencial. Los materiales bio poliméricos son los más solicitados, donde la demanda mundial por este tipo de materiales supera las 300 millones de toneladas en el año 2015 (NAVIA, 2013).

Así mismo, se adelantan investigaciones en torno a comunidades indígenas y la manera como sirven, empacan, transportan y almacenan sus alimentos. Esto llevo al estudio, desarrollo y posterior implementación de fibras naturales como medio de

empaques eco sostenibles, utilizando hojas de diferentes especies vegetales para la fabricación de platos, cubiertos y contenedores completamente biodegradables y compostables. Uno de los ejemplos más reconocidos de esta nueva visión de empaque, es la empresa LeafRepublic, ubicada en Alemania, esta empresa utilizó este principio para comercializar distintos contenedores que se constituyen de 3 capas, las capas externas son fibras naturales y la capa intermedia es un compuesto que se asemeja a papel y que es 100% biodegradable, como se aprecia en la figura 5.

*Figura 5.* Producto LeafRepublic. Tomado de: <https://www.leaf-republic.com>.



Así mismo, un grupo de investigadores de la Universidad de Naresuan, Tailandia, desarrollaron platos desechables confeccionados con hojas de árbol. Para sus pruebas, usaron hojas de Teca (*Tectona Grandis*) y El Banano (*Ficus Benghalensis*). La creación de estos platos no usa ningún material artificial para su conformación, usa el mismo almidón de la planta para agregarle motivos estéticos como brillo y rigidez. Estos platos poseen propiedades similares a las de plásticos, lo que les permite llevar comida en diferentes estados, ver figura 6. El molde es hecho a presión para que la hoja tome su forma, esto contribuye a que el plato

pueda ser desechado posteriormente en cualquier lugar ya que no posee contaminante antes y durante su creación, lo que le permite degradarse en menos tiempo.

*Figura 6.* Ejemplo de platos fabricados a partir de hojas de árbol. Tomado de:  
<https://ecoinventos.com>



## ETAPA 1 – SITUACIÓN DE ESTUDIO

### 6. EMPAQUE PRINCIPAL ACTUAL

#### 6.1 CONCEPTUALIZACIÓN

El programa Combo saludable ofrecido por la Universidad Industrial de Santander, consta de un almuerzo sólido contenido en un empaque principal, que se acompaña de una bebida, contenido en un envase, un postre o fruta y un tenedor plástico.

El empaque principal y el envase están fabricados en cartón polyboard. La universidad se encarga del proceso de manufactura del empaque principal en las divisiones de Publicaciones y Bienestar universitario, y el envase y el cubierto se obtienen mediante proveedores.

El empaque principal actual, consiste en una caja fabricada con carton polyboard y recubrimiento de polietileno de baja densidad por sus dos caras, como se explica en la tabla 1. Es una construcción plegable conformada por una base y una tapa unidas en un lateral, que utiliza pestañas para su ensamble.

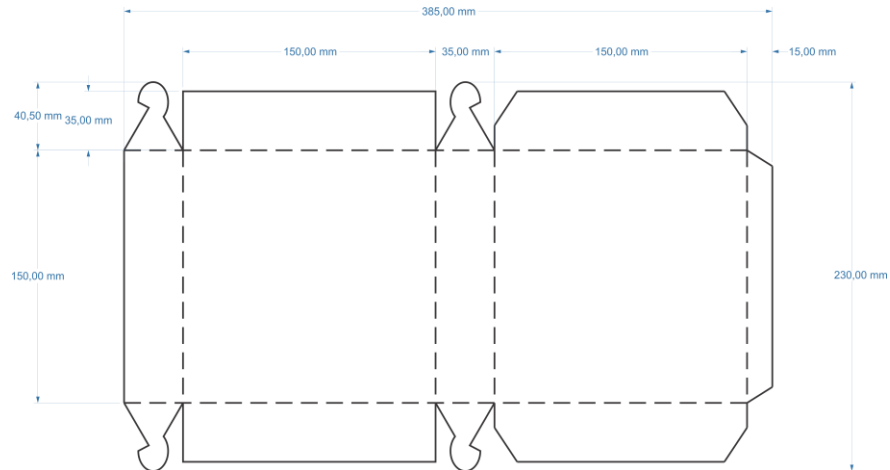
*Tabla 1.* Descripción caja Combo saludable con costo

Descripción	Valor unitario
Caja combo - CAJA BLACA COMBO SALUDABLE, trae plancha, sin diseñar, tamaño: 28x45 cm. Abierto, impreso a 1x0 tintas en cartulina polyboard de 317 gr, troquelado, impresión offset.	\$ 393
Fuente: Division de Bienestar universitario. Universidad Industrial de Santander.	

La materia prima, polyboard, llega en láminas de 28 por 45 centímetros, las láminas pasan a un proceso de impresión y después proceden a ser troqueladas, según las medidas de la figura 7. Estos paquetes se empacan en papel y se envían a la

división de Bienestar universitario. El proceso de ensamble de las cajas, implica doblar ocho pliegues y ajustar cuatro pestañas para obtener el armado final de la misma.

*Figura 7.* Medidas del empaque principal actual del programa Combo Saludable.



## 6.2 ALIMENTOS OFRECIDOS POR EL PROGRAMA COMBO SALUDABLE

Antes de poder analizar el empaque que maneja el programa, es necesario realizar un resumen general de los alimentos que se ofrecen en el mismo, ver la tabla 2. Esto debido a que la humedad de estos alimentos afecta directamente la resistencia del empaque y ha sido el motivo principal por el cual los intentos de cambiar el mismo por alternativas eco-amigables han fracasado, como se explicara más adelante.

Tabla 2. Recetas más comunes incluidas en el Combo Saludable.

Grupo de alimentos	Carnes	Pollo	Cereales	Leguminosas	Raíces y tuberculos	Vegetales
Preparaciones	Molida Bistec Con champiñones Al horno Mechada	Salsa bechamel Salsa de champiñones Chop suey Apanado	Arroz	Arvejas Garbanzos Frijoles Lentejas	Papa cocida Papa francesa Plátano caramelizado Puré de papa Yuca en croquetas	Salteadas Guiso
Estado o textura	Blandos y húmedos	Firmes húmedos o blandos húmedos	Secos y firmes	Blandos y húmedos	Firmes, blandos, crujientes o secos	Firmes, blandos y húmedos

Fuente: División de Bienestar universitario. Universidad Industrial de Santander.

### 6.3 CICLO DE VIDA EMPAQUE PRINCIPAL ACTUAL

**6.3.1 Materia prima** La materia prima utilizada es el polyboard (Ver ficha técnica en Anexo A), está compuesto de capas co-extruidas de celulosa prensada y revestido por polietileno de baja densidad interna y externamente.

Figura 8. Almacenamiento de materia prima Polyboard. Foto de registro.



Sus características son:

- Tamaño: Laminas de 28 x 25 cm (Tamaño específico para la Universidad Industrial de Santander)
- Base del cartón: Cartulina SBS C1S equivalente en peso a 195 lbs/3000 pie<sup>2</sup>. (Cartulina sulfatada con recubrimiento esmaltado en una cara)
- Recubrimiento: 1/2 mil (0.0005"/0.5 pt) de Polietileno matte extruido por la cara no esmaltada del cartón, equivalente en peso a 7,2 lbs/3000 pie<sup>2</sup>. 1/2 mil (0.0005"/0.5 pt) de Polietileno brillante extruido por la cara esmaltada del cartón, equivalente en peso a 7,2 lbs/3000 pie<sup>2</sup>
- Peso: 317 gr
- Calibre: 1,8 mm

Su proveedor es la COOPERATIVA DE IMPRESORES Y PAPELEROS DEL ORIENTE (No son fabricantes, solo distribuidores. El material es traído desde la ciudad de Bogotá.) Su representante legal es PATRICIA LUCIA OJEDA ESPARZA. Dirección: CARRERA 12 #42-37. Bucaramanga, Colombia. el polyboard es almacenado en la división de publicaciones como se observa en la figura 8.

**6.3.2 Transporte materia prima** El transporte se realiza desde la empresa COOPERATIVA DE IMPRESORES Y PAPELEROS DEL ORIENTE hasta las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander.

**6.3.3 Manufactura** El proceso de fabricación del empaque principal comienza en la división de Publicaciones de la universidad.

**Impresión.** Es el primer paso del proceso de producción del empaque. El operario ajusta la maquina impresora respecto al tono de color adecuado y la posición de la impresión en la lámina polyboard. Terminado esto, pone el bloque de láminas para

empezar a imprimir en secuencia lámina por lámina, como se observa en la figura 9. La máquina litográfica utilizada es de marca Heidelberg Modelo GTO 52 (Ver ficha técnica en Anexo B), tiene un formato de papel máximo de 36 x 52 cm y su consumo eléctrico es de 2 kw por hora. La tabla 3 especifica los tiempos de impresión en este proceso.

*Figura 9.* Proceso de impresión del empaque principal actual. Foto de registro.



*Tabla 3.* Tiempos de impresión para Máquina litográfica Heidelberg Modelo GTO 52 en la división de Publicaciones. Los tiempos pueden aumentar de acuerdo a la producción y a los errores que se presenten durante el proceso de impresión.

Cantidad de impresiones	1 Tinta	
	Tiro	Tiro y retiro
100 a 300	54 min	1 h 30 min
301 a 500	54 min	1 h 30 min
501 a 1000	1 h 12 min	1 h 48 min
1001 a 2000	2 h 30 min	3 h 30 min

Fuente: Division de Publicaciones. Universidad Industrial de Santander.

Así mismo esta máquina utiliza tinta NEW BESTACK SERIES, ver tabla 4, siendo una mezcla de pigmentos en un vehículo oleo resinoso. Su fabricante es T&K TOKA Co., Ltd. No.20-4, Izumi-chou, Itabashi-ku, Tokio.

*Tabla 4.* Composición tinta NEW BESTACK SERIES.

<b>Composición</b>	<b>Wt %</b>	<b>CAS #</b>
Resinas y polímeros	25-35	Varios
Aceite de Linaza	20-30	8001-26-1
Hidrocarburo de Petróleo	15-25	8042-47-5
Pigmentos	15-20	Varios
Aditivos	3-may	Varios

Fuente: División de Publicaciones. Universidad Industrial de Santander.

**Troquelado.** Después del proceso de impresión, las láminas de polyboard proceden a ser troqueladas, como se observa en la figura 10. La máquina tipográfica utilizada es de marca Chandler (Ver ficha técnica en Anexo C), su consumo eléctrico es de 1 kw por hora y el tiempo de troquelado es de 0,08 min/unidad.

*Figura 10.* Proceso de troquelado del empaque principal actual. Foto de registro.



**Destroquelado.** Manualmente se desprende los sobrantes de cada lámina ya troquelada, ver figura 11. A su vez, se revisa una por una que esté bien impresa y cortada, en caso contrario, se clasifica en otra columna para tratar de corregirla, sino finalmente se desecha. Los residuos producidos durante este proceso, son entregados a la compañía de reciclaje COOPRESER LTDA.

*Figura 11.* Proceso de destroquelado. Foto de registro.



**Empaque al vacío.** Se agrupan los troquelados en paquetes de 50 unidades, los cuales son empacados al vacío con un recubrimiento de polímero termo encogible. Se utiliza una empacadora marca HERNANDPACK - Túnel TE-35x22 y selladora SLL 45x40 (Ver ficha técnica en Anexo D), como se observa en las figuras 12 y 13, con un consumo eléctrico de 5Kw para el túnel y 800 W para la selladora. El tiempo de empacado es de 0,72 min/paquete

*Figura 12.* Empacadora HERNANDPACK (Túnel). Foto de registro.



*Figura 13.* Empacadora HERNANDPACK (Selladora). Foto de registro.



El polímero termo encogible utilizado es de 15 micras con un ancho de 16", rollo de 1332 metros.

**Empaque para distribución.** Los paquetes del proceso anterior, son recubiertos con papel kraft.

**6.3.4 Distribución** Los empaques fabricados en la división de Publicaciones, se envían a la división de Bienestar universitario por tierra utilizando una carretilla de acción manual o siendo cargadas por distintos funcionarios, ver figura 14.

*Figura 14.* Distribución del empaque principal actual. Foto de registro.



### **6.3.5 Uso**

**Ensamblado.** Se abre la bolsa donde esta empacada las láminas y se ensambla manualmente cada caja. El personal involucrado son 2 personas, es una operación de tipo manual y tiene una duración de 1 a 2 horas.

**Almacenamiento.** Se ubican las cajas armadas y abiertas, una sobre otra, como se observa en la figura 15

*Figura 15. Ensamble y almacenamiento del empaque principal actual. Foto de registro.*



**Servido.** Se pasa la comida de unos recipientes plásticos, en porciones controladas a la caja ya armada. Se sirve en el siguiente orden: Arroz, proteína, acompañamiento. Involucra entre 5 y 7 personas y tiene una duración de 1 hora.

*Figura 16. Servido del alimento. Foto de registro.*



**Almacenamiento y conteo.** En canastillas ubican 42 cajas llenas con el fin de tener conteo de la cantidad de cajas que se disponen para la jornada (Entre 350 y 500 almuerzos)

*Figura 17.* Almacenamiento y conteo. Foto de registro.



**Despacho de almuerzos.** Una vez realizado el conteo se procede a entregar los almuerzos empacados a los miembros de la comunidad universitaria.

*Figura 18.* Despacho de Combo Saludable. Foto de registro.



Una vez consumido el alimento, el usuario dispone los residuos en canecas ubicadas en los diferentes espacios de la universidad.

*Figura 19.* Disposición de los residuos del Combo Saludable por parte de usuarios.  
Foto de registro.



**6.3.6 Manejo de fin de ciclo** La división de planta física es la encargada del manejo de fin de ciclo de los desechos del programa Combo saludable. Una persona es encargada de recoger los residuos de las canecas y colocarlos en bolsas plásticas. Estas bolsas se agrupan en un contenedor, que es vaciado a finalizar la tarde en un camión de desechos dispuesto por la universidad, ver figuras 20 y 21. No se realiza ninguna clasificación del residuo, ni en la disposición final por parte de los usuarios, ni en la recolección realizada por la división de planta física.

*Figura 20.* Recolección de residuos del programa Combo Saludable. Foto de registro.



*Figura 21.* Residuos del programa Combo Saludable al finalizar jornada. Foto de registro.



Estos residuos se disponen para ser recogidos por la Empresa de Aseo de Bucaramanga S.A y se llevan a un vertedero de basuras.

#### **6.4 REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DEL EMPAQUE PRINCIPAL**

A través de una encuesta realizada a funcionarios encargados del programa en la división de Bienestar, se establecieron los requerimientos específicos necesarios para el empaque del Combo saludable alusivos a:

- Diseño formal – estético
- Precio
- Peso
- Volumen
- Características físicas
- Transporte

**6.4.1 Necesidades del empaque** Se establece las cualidades más relevantes que deben tener el empaque propuesto y los aspectos que, aunque tenidos en cuenta, no son primordiales en el mismo. Se ayuda a establecer los parámetros con los cuales el empaque propuesto cumple las expectativas y requerimientos mínimos de parte de las dependencias que administran el programa Combo Saludable.

**Tabla 5.** Interpretación de necesidades de Bienestar respecto al empaque principal del programa Combo Saludable.

Pregunta	Enunciado de Bienestar	Necesidad interpretada
¿Qué forma es la que ustedes buscan en el empaque?	Siempre se ha manejado un empaque cuadrado o rectangular	El empaque maneja un diseño geométrico
¿El empaque maneja información publicitaria?	Si se realiza publicidad impresa en el empaque, sin embargo, no es una prioridad para nosotros	No es prioridad impresión de anuncios publicitarios en el empaque
¿Cuál es el rango de precio del empaque?	El precio actual del empaque por unidad es de \$393. Respecto a un rango de precio, la idea es que se mantenga en un valor aproximado al actual.	El empaque tiene un valor que se encuentra alrededor de \$400
¿Cuál es el peso establecido para la comida que se sirve en el programa?	El empaque solo tiene un peso de 26gr, el máximo peso permitido para servir es de 500gr	El empaque no debe superar los 500 gr en uso
		El empaque debe ser resistente a la deformación por peso
¿Cuáles son los alimentos que usted considera presentan inconvenientes en la hora de servido?	Los alimentos húmedos como leguminosos, pastas y carnes tienden a deformar el empaque	El empaque debe ser resistente a la deformación por humedad de alimentos.
¿Cuáles son las condiciones de almacenamiento del combo?	Mínimo se sirven 400 cajas llenas. Se apilan en canastillas de 53x35x33 cm. En algunos casos se apilan las cajas de mínimo 3 unidades.	El empaque debe ser modular, de tal manera que pueda ser organizado en las canastillas que maneja el programa.
		Las cajas deben tener características físicas necesarias para soportar un apilamiento.
¿Cuál es el tiempo estimado que dura la comida dentro del empaque?	Se sirven los almuerzos desde las 10 am, la venta empieza a las 11:30 hasta las 2 pm.	El empaque debe contener la comida por un mínimo de 2 horas
Aparte de servir los almuerzos en el espacio destinado de los mismos, ¿Qué otras trayectorias tiene el combo saludable?	Se llevan entre 10 y 20 cajas llenas, destinadas a la facultad de salud, transportadas en transporte público.	El empaque debe ser modular, de tal manera que pueda ser organizado en las canastillas que maneja el programa.

**6.4.2 Recopilación y jerarquización de necesidades** Se organiza y enlista las necesidades recopiladas por orden de relevancia.

*Tabla 6.* Recopilación y jerarquización de necesidades para el desarrollo de la propuesta de empaque principal para el programa Combo Saludable.

Orden	Necesidad
1	El empaque es resistente a la deformación por humedad
2	El empaque es resistente a la deformación por peso
3	Las cajas deben tener características físicas necesarias para soportar un apilamiento
4	El empaque es modular, de tal manera que pueda ser organizado en las canastillas que maneja el programa.
5	El empaque maneja un diseño geométrico
6	El empaque contiene la comida por un mínimo de 2 horas
7	El empaque alberga 500 gr de comida
8	El empaque tiene un valor que se encentra alrededor de \$400

## 7. ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN DE ESTUDIO

En este apartado se presentan las diferentes soluciones que la Universidad Industrial de Santander, conscientes del problema presentado, ha planteado para el reemplazo del empaque actual del programa Combo saludable, estableciendo por qué cada propuesta no se llevó a cabo.

### 7.1 PAPEL DERIVADO DE CAÑA DE AZÚCAR – PRUEBA 1

REFERENCIA PAPEL: Earg Pact Natural 200 gr

MEDIDAS: 70 x 100 mm

AÑO DE REALIZACION DE LA PRUEBA: 2014

ANÁLISIS PRUEBA: La prueba duro solo 5 minutos. Se concluyó que el papel no es apto para uso en la servida de alimentos del programa Combo Saludable. Tendría que plastificarse; y bajo esa condición no es aceptado por el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIR). Ver figura 22.

*Figura 22.* Prueba - 1 Papel derivado de caña de azúcar. Universidad Industrial de Santander. Foto de registro.



## 7.2 PAPEL DERIVADO DE CAÑA DE AZÚCAR – PRUEBA 2

REFERENCIA PAPEL: Earg Pact Natural 260 gr

MEDIDAS: 70 x 100 mm

AÑO DE REALIZACION DE LA PRUEBA: 2014

ANÁLISIS PRUEBA: La prueba duro solo 8 minutos. Se concluyó que el papel no es apto para uso en la servida de alimentos del programa Combo Saludable. Tendría que plastificarse; y bajo esa condición no es aceptado por el PGIR. Ver figura 23.

*Figura 23.* Prueba - 2 Papel derivado de caña de azúcar. Universidad Industrial de Santander. Foto de registro.



## 7.3 ENVASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ

REFERENCIA ENVASE: Contenedor biodegradable (Portacomidas 3 divisiones)

MATERIAL DEL ENVASE: Fécula de Maíz

MEDIDAS: 20 x 21.5 x 7 cm

AÑO DE REALIZACION DE LA PRUEBA: 2016

ANÁLISIS PRUEBA: Se realizó la prueba con los portacomidas de la marca TERSPACK, al momento de empacar los alimentos para la entrega del Combo saludable, se observaron algunas hendiduras en los envases, especialmente donde se depositaron los alimentos calientes. Ver figura 24.

*Figura 24.* Prueba envase de almidón de maíz. Universidad Industrial de Santander. Foto de registro.



Al momento de empacar los alimentos y acomodar los envases, estos tendían a deformarse e inclinarse, lo cual no es permisible para el programa Combo Saludable, debido que algunos empaques deben ser trasladados largas distancias.

Algunos de los empaques presentaban una abertura significativa por los lados debido a un cierre incompleto del recipiente, lo cual llevaba a que los alimentos se enfriaran más rápido y que a cualquier movimiento pueda derramarse el contenido.

OBSERVACION: El costo estimado por el proveedor de los envases es de aproximados \$700 lo cual supera casi en la mitad al costo de las cajas actuales con las que se está llevando el proceso, lo cual no era rentable para el programa.

## **ETAPA 2 – EMPAQUE PROPUESTO**

### **8. LA HOJA DE PLATANO**

#### **8.1 CONCEPTUALIZACIÓN**

El plátano pertenece a la familia de las Musáceas, son nativas del sudeste asiático, y comprende dos especies: Musa Cavendish (Bananos) y Musa paradisíaca (plátanos). (COLIMA, 2005)

Cuando se cosecha el racimo de la planta, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa (BELALCÁZAR, 1991), quedando de un 70 a 80% por utilizar, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales, puesto que en la mayoría de los casos son incinerados o vertidos a los cuerpos receptores sin tratamiento previo, contribuyendo a la degradación del ecosistema; aunque, algunos productores aprovechan los residuos en la plantación en forma de abono verde y alimentación animal (VIDAL F.I., 2001)

Entre estos residuos se encuentra la hoja de plátano. Esta ha sido utilizada de manera tradicional como envoltorio de alimentos o como envase. Las razones de esta preferencia incluyen el bajo costo y la facilidad para obtener hojas de plátano, su gran anchura y su propiedad de no transferir pigmentos o color a los alimentos envueltos. En Colombia el uso más común de estas hojas es como envoltorio del tamal, plato tradicional de la región.

Figura 25. Hoja de plátano. Tomado de: <http://www.acmerma.com>



## 8.2 DISPONIBILIDAD

El cultivo de plátano en Colombia es de gran importancia socioeconómica, por la generación de empleos directos e indirectos y por ser uno de los componentes básicos de la canasta familiar, lo cual se refleja en el alto consumo per cápita.

Por cuestiones ambientales, los cultivos de Plátano están ubicados en zonas de climas templado y cálido (trópico húmedo). Las grandes plantaciones o compañías, generalmente se dedican a la exportación intensiva, y están ubicadas, en gran parte, en la zona de Urabá Antioqueño y, en menores proporciones, en el eje Cafetero, en especial, en el departamento del Quindío. (ASOHOFRUCOL, 2005).

En Colombia existen actualmente más de 400,000 hectáreas cultivadas con plátano, de las cuales 280,600 ha se encuentran en la zona central cafetera, cuyo volumen de producción es del orden de 1.7 millones de toneladas al año, con un rendimiento promedio de 6.1 ton/ha. Quindío surte el 35% del mercado nacional y es de hecho hoy el mayor abastecedor de plátano para el consumo interno. Otros de los grandes productores son los Llanos, Urabá y zonas aledañas, Risaralda y Caldas (HURTADO, 2016).

El plátano se cultiva en el 45 por ciento de los municipios de Santander, en un área total de 13.316 hectáreas. Así mismo, el Carmen de Chucuri, es el principal

productor de plátano de Santander concentrando el 48% de la producción departamental. En la ciudad de Bucaramanga se encuentran 3 empresas plataneras, sin embargo, se comercializa plátano de Urabá (Antioquia), de Arauca y hasta del Ecuador. (BUCARAMANGA, 2014).

### **8.3 DESHOJE**

Respecto a la emisión de hojas, la planta puede emitir hasta 38/2 hojas a un ritmo de una hoja cada siete días en la zona del Caribe húmedo y 9.12 días por hoja, en zona Cafetera. El plátano y el banano presentan arquitectura cilíndrica; la disposición de sus hojas (filotaxia) varía con la edad, oscilando desde 1/3 en plantas jóvenes, pasando por 2/5 y 3/7, hasta llegar 4/9 en plantas adultas (BELALCÁZAR, 1991b)

Alrededor del sistema de cultivo de plátano, hay diferentes actividades que se realizan a fin de lograr obtener un racimo de buenas condiciones de la planta. Dentro de estas actividades se encuentra el deshoje, ver figura 26, este proceso consiste en la eliminación de hojas que ya han cumplido su ciclo de vida (secas), dobladas o caídas por la acción de algún factor externo (vientos y/o daños mecánicos), hojas que presenten más de 50% del área afectada (tejido necrótico) y aquellas conocidas como “bajeras” que interceptan la luz y no permiten que llegue a la base de las plantas. Esta labor puede llevarse a cabo semanal o quincenalmente de acuerdo al estado del tiempo de la zona en cuanto a precipitaciones y vientos y según la presión de problemas fitosanitarios. Por otra parte, esta práctica permite la penetración de los rayos solares, los cuales favorecen el desarrollo óptimo de los colinos, básico para la organización y reducción del tiempo entre los ciclos productivos y la circulación del viento dentro de la plantación reduciendo la humedad relativa del cultivo con lo cual disminuye la incidencia y severidad del ataque de enfermedades y algunas plagas.

*Figura 26.* Proceso de deshoje en cultivos plataneros. Tomado de:  
<http://www.biodiversidadla.org>



Los estudios realizados al respecto han demostrado que una planta necesita un mínimo de ocho hojas durante todo su ciclo de vida para producir un racimo de buenas condiciones, y que la planta puede soportar pérdidas hasta de 50% de su follaje en cualquier época de su desarrollo vegetativo, sin que por ello se afecten el desarrollo y calidad de la producción (BELALCÁZAR, 1990a.). Para fines comerciales una planta requiere un mínimo de ocho hojas para producir un buen racimo y bajo condiciones favorables puede conservar 16 hojas (el doble de las hojas requeridas). Desde un punto de vista técnico y práctico, la eliminación de hojas secas no sólo debe estar dirigido a éstas sino, también, se podría extender a todas aquellas hojas verdes funcionales y de esta manera realizar un aprovechamiento de esta biomasa para otras aplicaciones.

## **8.4 DESCOMPOSICIÓN**

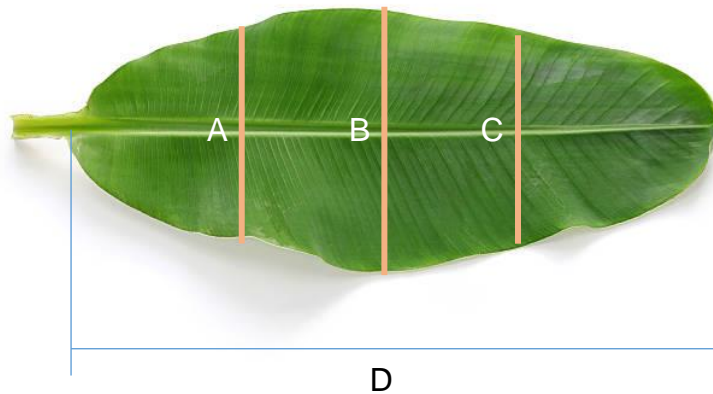
Según estudios realizados, el porcentaje de materia orgánica presente en las hojas de plátano, es mayor a otros componentes presentes en la hoja, lo cual significa un alto potencial de degradación para este material. En pruebas de laboratorio, mediante procesos de fermentación anaeróbica a 33 °C, después de 11 días se produce una reducción significativa de la materia orgánica presente en la hoja a comparación de otros componentes como la humedad y la ceniza (NASIR, 2016).

Así mismo, en el estudio del arte realizado, las diferentes empresas mencionan un periodo de descomposición de sus productos, basados en hojas de plátano, entre 28 días a 2 meses.

## **8.5 CARACTERÍSTICAS**

**8.5.1 Características físicas** A través de un análisis de muestras de hoja de plátano de los proveedores seleccionados del sector, se busca definir las características físicas relacionadas con medidas de ancho y largo de la hoja y espesor de la misma. Esto con fin de establecer los valores promedios de tamaño de una hoja de plátano, y poder ajustar el diseño a la mejor optimización de la misma.

*Figura 27.* Medidas tenidas en cuenta para la caracterización física de la hoja de plátano.



Se toman 5 medidas clave:

- A: Medida de ancho de la hoja en el punto  $D/4$  a partir del tallo.
- B: Medida de ancho máximo de la hoja. Normalmente ubicada a  $D/2$  pero su ubicación puede variar.
- C: Medida de ancho de la hoja en el punto  $D/3$  a partir del tallo.
- D: Largo total de la hoja.
- Espesor: Grosor de la hoja.

Tabla 7. Recolección de datos físicos de 100 muestras de hoja de plátano.

MUESTRA	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Espesor (mm)	MUESTRA	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Espesor (mm)
1	50	54	48	130	0,4	51	52	52	50	138	0,3
2	48	51	49	124	0,3	52	50	53	50	125	0,3
3	59	60	56	138	0,4	53	42	51	49	142	0,2
4	55	58	55	132	0,6	54	57	65	61	151	0,6
5	51	57	47	129	0,2	55	51	53	48	130	0,3
6	47	49	46	123	0,2	56	50	56	51	137	0,3
7	60	67	58	140	0,3	57	54	62	54	140	0,4
8	53	58	51	130	0,4	58	45	50	47	128	0,2
9	50	55	49	136	0,5	59	52	55	53	137	0,3
10	46	49	44	126	0,3	60	53	59	56	137	0,3
11	50	55	47	130	0,4	61	47	56	51	132	0,4
12	56	62	55	132	0,5	62	48	55	48	129	0,2
13	51	53	49	130	0,5	63	50	56	52	142	0,4
14	46	49	46	127	0,4	64	52	62	52	150	0,5
15	61	65	59	138	0,2	65	54	68	58	147	0,4
16	45	47	42	122	0,3	66	50	61	53	136	0,3
17	51	54	49	137	0,3	67	50	64	55	142	0,4
18	47	51	46	130	0,4	68	52	59	49	136	0,4
19	55	60	53	132	0,4	69	49	61	50	139	0,4
20	55	58	55	133	0,5	70	51	65	54	140	0,5
21	50	56	49	130	0,4	71	49	58	47	132	0,3
22	50	53	48	135	0,4	72	52	64	53	136	0,4
23	52	57	54	138	0,4	73	50	62	55	138	0,3
24	58	63	56	139	0,4	74	47	56	48	126	0,2
25	50	56	50	129	0,5	75	47	58	50	126	0,2
26	60	69	58	141	0,6	76	54	69	53	145	0,5
27	56	62	53	137	0,4	77	53	62	53	140	0,5
28	56	62	55	136	0,5	78	52	68	55	143	0,5
29	54	63	50	132	0,4	79	49	61	49	139	0,5
30	52	59	48	129	0,3	80	48	61	52	137	0,5
31	58	65	53	141	0,4	81	50	67	52	134	0,4
32	51	53	49	131	0,4	82	51	59	52	131	0,4
33	52	60	48	134	0,5	83	46	60	46	137	0,4
34	55	58	46	137	0,5	84	46	59	50	134	0,4
35	60	71	59	150	0,6	85	55	69	54	139	0,5
36	44	47	40	126	0,2	86	54	69	55	138	0,4
37	49	53	48	136	0,4	87	45	56	46	138	0,4
38	47	50	43	133	0,4	88	50	68	52	139	0,4
39	54	61	47	136	0,5	89	51	62	51	138	0,3
40	59	70	53	145	0,5	90	53	69	54	141	0,4
41	50	54	46	129	0,3	91	49	59	47	135	0,4
42	50	63	49	140	0,4	92	49	60	49	140	0,5
43	52	63	54	137	0,5	93	50	61	52	140	0,5
44	49	59	43	142	0,5	94	49	63	48	139	0,4
45	50	57	46	130	0,4	95	47	60	45	141	0,4
46	57	69	50	135	0,4	96	52	67	52	143	0,4
47	55	65	55	136	0,4	97	51	69	53	142	0,4
48	50	62	46	137	0,4	98	45	58	43	129	0,2
49	50	63	48	137	0,4	99	48	62	48	134	0,4
50	52	60	45	134	0,4	100	50	65	52	136	0,4

Tabla 8. Promedio y moda para cada medida de la hoja de plátano.

	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	Espesor (mm)
PROMEDIO	51,19	64,64	50,5	135,59	0,393
MODA	50	62	48	137	0,4

**8.5.2 Características mecánicas** Así mismo, se define a través de la bibliografía las características mecánicas que hacen de la hoja de plátano una materia prima óptima para uso en empaques.

En general, las hojas de plátano consisten de una epidermis adaxial, hipodermis, una capa empalizada, una capa esponjosa, una formación celular, la epidermis abaxial y grupos laticíferos. Estos grupos laticíferos están conformados por células laticíferas que son las que confieren propiedades elásticas al material. Así mismo, el número de fibras presentes en la hoja es de aproximadamente 274 células fibrosas por grupo laticífero, con un diámetro de  $5,97\mu\text{m}$ , además de una resistencia a la tensión entre  $0,35 - 0,48 \text{ N/cm}^2$  (HARIJATI, 2013).

Así mismo, la parte exterior de la hoja de plátano está cubierta por una sustancia lípida, también llamada cera epicuticular, su componente básico es la cutina, un biopolíester insoluble. Esta cera es una mezcla sólida de ácidos grasos y alcoholes grasos de largas cadenas, ácidos grasos libres, dialcoholes grasos (dioles), aldehídos y n-alcanos. Esta superficie cerosa actúa como una barrera mecánica que protege los tejidos de la planta contra radiación UV, ataques de hongos y bacterias y la pérdida de agua en épocas de sequía. Esta cera es la que le da las propiedades impermeables a la hoja de plátano (CHARUMANEE, 2010).

## 9. ELABORACIÓN DE LÁMINA DE HOJA DE PLÁTANO MEDIANTE MÉTODO ARTESANAL

Según el análisis del mercado, se estableció un procedimiento para la producción de la lámina, que conforma el empaque. El proceso de laminado consiste en producir compuestos de múltiples capas de tal manera que se mejoren las características mecánicas, físicas y estéticas del material. Una lámina es usualmente ensamblada mediante calor, presión, soldadura o adhesivos.

Se plantea entonces, la construcción de la lámina en 3 capas: hoja de plátano, fibra o papel, hoja de plátano, como se ilustra en la figura 28 y 29. Así mismo, se utiliza el método de prensado y se plantea el uso de adhesivos, de esta manera se buscaba determinar cuál es la mejor vía de acción para la producción de una lámina consistente.

*Figura 28.* Construcción de laminado sin adhesivo.



Figura 29. Construcción de laminado con adhesivo.



## 9.1 MATERIA PRIMA

**9.1.1 Capa externa** Se utilizó la hoja de plátano cortada de la planta. Estas hojas fueron limpiadas con un trapo humedecido en agua. Se colocaron en un proceso de secado y se cortaron a la medida requerida.

### 9.1.2 Capa intermedia

**Papel biodegradable.** El papel biodegradable se utilizó para darle estructura a las hojas de plátano. Para la construcción de modelos se utilizaron dos tipos de papel biodegradable: Papel de fibra de caña de azúcar de 74 gr y papel de piña de 74 gr.

**Fibra de hoja de plátano.** Normalmente se utiliza papel biodegradable como capa intermedia para mejorar la estructura del empaque. Sin embargo, para realizar una optimización máxima de la hoja de plátano, se fabricó una fibra natural derivada de la misma.

El primer paso consistió en recolectar el retal de las hojas de plátano destinadas como capas externas del empaque. Se recortaron para lograr un tamaño de 2,5 cm por 2,5 cm aproximadamente y se colocaron a cocinar en agua por una hora y media, como se muestra en la figura 30.

*Figura 30.* Preparación de la hoja de plátano para fabricación de fibra. Foto de registro



Después de la cocción, se retiraron las hojas y se enjuagaron con agua limpia. Se procedió a licuar las hojas cocinadas con un poco de agua y de esta manera se obtiene la fibra, ver figura 31.

*Figura 31.* Fibra de hoja de plátano. Foto de registro.



Se procedió a colocar la fibra en un recipiente y se agregó agua. Se utilizaron 0,5 litros de agua por 100 gr de fibra obtenida. Se agita la mezcla en el recipiente hasta obtener una distribución uniforme de la fibra. A continuación, se utilizó un marco con malla plástica y se vertió sobre el la mezcla, procurando realizar una distribución homogénea de la fibra sobre este. Se presionó la fibra sobre la malla y se colocó sobre una malla plástica limpia. Esta fibra se dispuso a secado a ambiente por dos días. El agua sobrante del proceso se utilizó para fabricar más fibras. Así se obtuvieron las primeras probetas para realizar laminado, ver figura 32.

*Figura 32.* Fibra de plátano con hoja de plátano. Foto de registro.



**Fibra de hoja de plátano con cmc.** El carboximetilcelulosa (CMC) es un compuesto orgánico derivado de la celulosa que es soluble en agua. Se utiliza principalmente debido a su alta viscosidad, es biodegradable y tiene un rango amplio de aplicaciones por un precio bajo. Es utilizado con fibras para lograr texturas consistentes, control de humedad, y mejorar en general la calidad y estabilidad del material en el que es aplicado. (TONGDEESOONTORN, 2011)

Se utilizó una concentración de 5 gr de CMC por 100 gr de fibra. El CMC se preparó mezclando la cantidad con 10 ml de agua tibia. Una vez disuelto el CMC se mezcló con el agua que se vierte en el recipiente con la fibra de hoja de plátano. Se agito la mezcla, hasta obtener una consistencia uniforme. Se utilizó un marco con malla plástica y se vertió sobre el la mezcla, procurando realizar una distribución homogénea de la fibra sobre este. Se presionó la fibra sobre la malla y se colocó sobre una malla plástica limpia. Esta fibra se dispuso a secado a ambiente por dos días. El agua con CMC sobrante del proceso fue reutilizada para fabricar más fibras.

**9.1.3 Adhesivos** En el estudio del arte se establece también el uso de adhesivos por parte de diferentes investigaciones, para lograr mejor adherencia y durabilidad de la lámina, por esto se tomó la decisión de utilizar adhesivos para unir las capas de hoja de plátano con la fibra u hoja de papel.

**Engrudo de plátano.** El engrudo es un material adhesivo que se emplea para pegar papel de manera artesanal. Al tener componentes caseros, es biodegradable y fácil de fabricar. Se obtuvo engrudo a partir de harina de plátano, con las siguientes proporciones para fabricar 100 gr de engrudo: 50 ml de agua, 25 gr de harina de plátano, 20gr de azúcar, 2,5 ml de vinagre, 2,5 gr de bicarbonato de sodio. Se calentó el agua con la harina de plátano, batiendo constantemente la mezcla. Cuando se presentó hervor, se agregó el azúcar, el vinagre y el bicarbonato. Se cocinó por 5 minutos y se obtuvo el engrudo, como se muestra en la figura 33.

*Figura 33.* Engrudo de plátano. Foto de registro.



**Adhesivo CMC.** El CMC también es usado como adhesivo, sobre todo en aplicaciones culinarias, ayudando como un agente de suspensión, engrosador y formador de película.

Se realizó una mezcla que comprende 40 gr de CMC por 100 ml de agua. Se diluyó el CMC en el agua tibia, se dejó reposar la mezcla por 4 horas aproximadamente. Después de este tiempo, el adhesivo estaba listo para su uso.

## **9.2 PROBETA 0**

A modo de descartar los procedimientos encontrados en el estudio de arte. Se realizó una prueba que consiste en prensar las capas de hoja de plátano, papel biodegradable, hoja de plátano, sin ningún tipo de adhesivo o calor.

Para esta primera prueba se utiliza papel biodegradable de fibra de caña de 74 gr.

*Figura 34.* Preparación de prueba 0. Foto de registro.



Se aplicaron 5 toneladas de presión a la construcción y no se produjo ningún tipo de compactación o unión entre las 3 capas. Al aplicar más presión, la hoja de plátano se deshizo y se produjo una adhesión mínima entre las capas, ver figuras 34 y 35.

*Figura 35.* Daño de hoja de plátano en prueba 0. Foto de registro.



Se descartó de esta manera la construcción que utiliza un papel biodegradable sin adhesivo o calor para su compactación.

### 9.3 PROBETAS 1 - 13

A continuación se presentan las probetas realizadas para determinar cuál es la mejor construcción para el empaque en cuestión de adhesión, utilizando los materiales expuestos anteriormente.

El procedimiento consistió en la unión de la hoja de plátano a la fibra por medio de un adhesivo. Algunas probetas fueron secadas en un horno de gas por dos minutos, al cabo de los cuales se voltearon y hornearon por un minuto más, buscando que la hoja se seque. Después se llevaron las probetas a una prensa hidráulica. Una vez realizado el proceso de prensado, se retiró la probeta y se analizó el nivel de sujeción de las capas.

A pesar de que en la probeta 0 se estableció que se debe utilizar adhesivos en la construcción, se decidió realizar pruebas con probetas sin adhesivos, para confirmar los resultados obtenidos en esta prueba.

Se realizaron en total 13 según la tabla 9.

*Tabla 9. Probetas prueba 1 a 13.*

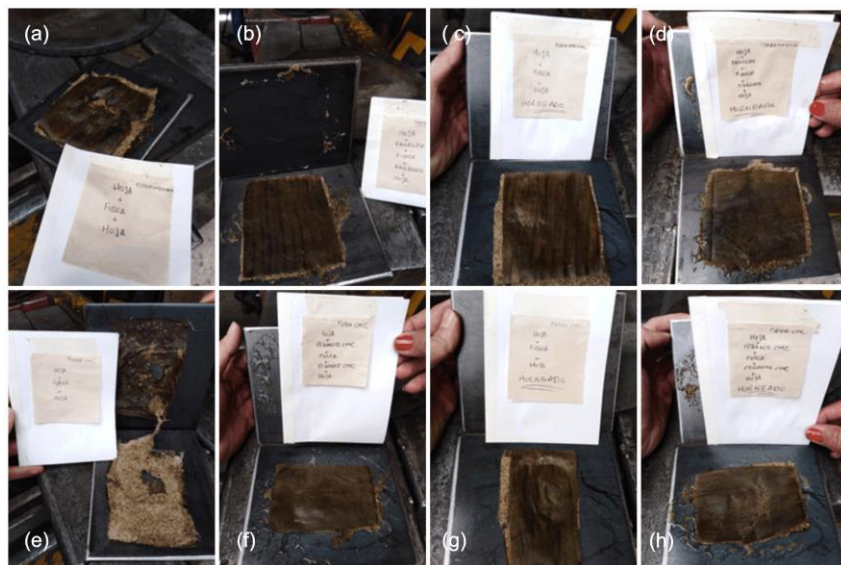
PROBETA	FIBRA			ADHESIVO		HORNEADO	
	FIBRA	FIBRA	PAPEL	ENGRUDO	CMC	SI	NO
	NORMAL	CMC	PIÑA				
1	X						X
2	X			X			X
3	X					X	
4	X			X		X	
5		X					X
6		X			X		X
7		X				X	
8		X			X	X	
9			X			X	
10			X	X			X
11			X	X		X	
12			X		X		X
13			X		X	X	

**9.3.1 Resultados** Se analizaron las probetas en términos de adhesión entre capas, donde se buscó identificar de todas las probetas, cual presentaba mejor adherencia respecto a las otras.

*Tabla 10.* Resultados de probetas 1 – 13.

PROBETA	Presenta adherencia		Poca adherencia	Mediana adherencia	Fuerte adherencia
	NO	SI			
1	X				
2		X	X		
3	X				
4		X		X	
5	X				
6		X		X	
7		X			X
8		X			X
9	X				
10	X				
11		X	X		
12	X				
13		X		X	

*Figura 36.* Probetas. (a) Probeta 1, (b) Probeta 2, (c) Probeta 3, (d) Probeta 4, (e) Probeta 5, (f) Probeta 6, (g) Probeta 7, (h) Probeta 8.



**9.3.2 Análisis de resultados** De acuerdo a los resultados obtenidos, la probeta 8 dio resultados satisfactorios. De igual manera, el CMC es el adhesivo que presentó un mejor comportamiento en las diferentes probetas.

Respecto a la fibra de hoja de plátano, se observó que el comportamiento de la misma es mejor cuando esta combinada con CMC.

Se determinó que la hoja de plátano se comporta mejor cuando no está en totalidad seca. Es decir, el proceso de secado de la hoja puede realizarse a ambiente.

De esta manera, la construcción de lámina más óptima es la que constituye hoja de plátano, adhesivo CMC, fibra de hoja de plátano con CMC, adhesivo CMC y hoja de plátano.

## **10. ELABORACIÓN DE LÁMINA DE HOJA DE PLÁTANO MEDIANTE MÉTODO SEMI INDUSTRIAL**

Una vez descartados procesos encontrados en el estudio del arte y suposiciones respecto a papeles y adhesivos propuestos, se procedió a realizar una lámina de acuerdo a la construcción más óptima encontrada en el método artesanal.

### **10.1 MATERIA PRIMA**

**10.1.1 Capa externa** Se utilizó la hoja de plátano cortada de la planta. Estas hojas fueron limpiadas con un trapo humedecido en agua. Se colocaron en un proceso de secado a ambiente y se cortaron a la medida requerida.

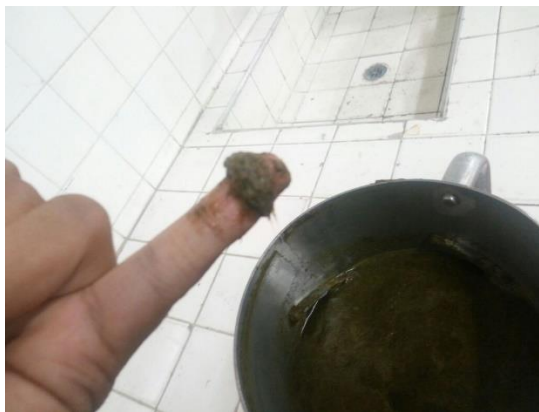
**10.1.2 Capa intermedia** Se fabricó fibra natural derivada de la hoja de plátano. El primer paso consistió en recolectar el retal de las hojas de plátano destinadas como capas externas del empaque. Se recortaron a un tamaño de 2,5 cm por 2,5 cm aproximadamente y se colocaron a cocinar en agua por 30 minutos a manera de suavizar la hoja y desinfectarla.

Después de la cocción, se retiraron las hojas. Se utilizó una mezcladora de 5 litros, ver figura 37, para procesar las hojas cocidas. Se mezcló 0,5 litros de agua por cada 100 gr de hojas cocidas. Este proceso duró aproximadamente 10 minutos. Se obtuvo la fibra de la figura 38.

*Figura 37.* Mezcladora semi-industrial. Foto de registro.



*Figura 38.* Fibra de plátano procesada en la mezcladora. Foto de registro.



A continuación, se procedió a colocar la fibra en una maquina reintegradora. Se vertió agua mezclada con CMC en una proporción de 10 gr de CMC por un litro de agua y se homogenizo la fibra con esta mezcla. La máquina realiza una succión de la mezcla sobre un marco para darle dimensión y consistencia a la hoja final, ver figuras 39 y 40. Una vez finalizado el proceso, se retiró la hoja de la reintegradora y se presionó sobre una malla plástica donde se dejó para secado a temperatura

ambiente por dos días. El agua resultante del proceso puede ser reutilizada para la fabricación de más hojas.

*Figura 39.* Hoja de fibra de plátano en la reintegradora. Foto de registro.



*Figura 40.* Hoja de fibra de plátano. Foto de registro.



**10.1.3 Adhesivo** Se realizó una mezcla que comprende 40 gr de CMC, 20 gr de vinagre blanco y 20 gr de glicerina por 100 ml de agua. Se mezclaron los

componentes en agua tibia, se dejó reposar la mezcla por 4 horas aproximadamente. Después de este tiempo, el adhesivo estaba listo para su uso.

## 10.2 PRENSA MANUAL

A modo de mejorar los aspectos medio ambientales del proceso de diseño y buscando simular un proceso de producción real, se decidió no utilizar una prensa hidráulica.

El diseño de la prensa manual consistió en una base con un marco donde funciona un sistema de presión con tornillo. A su vez, una placa removible con refuerzo en forma de cruz donde el tornillo empuja la placa hacia a la base, ver figura 41.

*Figura 41.* Prensa manual. Foto de registro.



## 10.3 PROBETA 14

Se realizó una prueba que consiste en prensar las capas de hoja de plátano, la hoja de fibra de plátano y hoja de plátano, utilizando el adhesivo CMC.

Se secaron las hojas de plátano a ambiente. Se realizó la construcción de la lámina y se llevó a la prensa manual, donde se mantuvo prensada por 2 minutos. Se retiró la probeta y se analizó el nivel de sujeción de las capas.

Se obtuvieron resultados positivos, se presentó una adherencia fuerte entre la fibra y las hojas. Si se quiere hacer una separación de las capas, se desgarrar primero la fibra antes de producirse un despegamiento.

*Figura 42.* Probeta 14. Foto de registro.



## **11. DISEÑO EMPAQUE DE HOJA DE PLÁTANO**

Una vez obtenida una lámina consistente, se procedió con el diseño del empaque teniendo en cuenta los requerimientos especificados por el área de Bienestar y las características de la lámina obtenida.

El empaque actual cuenta con tres funciones principales que son aislar el alimento y ofrecer estructura. Maneja un sistema de una sola pieza que constituye en una base y una tapa unidas por medio de un lateral. Se decidió continuar con una estructura similar a la del empaque existente, manteniendo un diseño cúbico. Esto debido a que las medidas pueden acomodarse más fácilmente para corresponder con el volumen de alimentos que la división de Bienestar viene trabajando, así mismo, se ajusta a las canastas donde los combos son almacenados para su correspondiente despacho.

Se utilizó el método de Brainstorming, para indagar sobre nuevos conceptos, donde la participación fue entre los dos autores del proyecto.

### **11.1 ÁRBOL DE SOLUCIONES**

Se tomó la decisión de que el empaque sea conformado por una base y una tapa individual, de tal manera optimizando el área de la hoja de plátano para el corte de piezas.

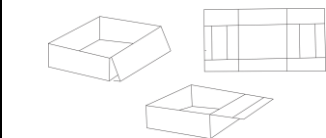
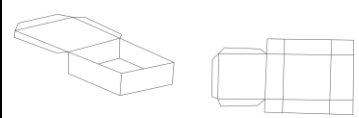
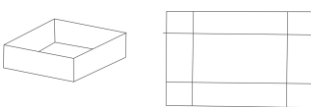
Tabla 11. Árbol de soluciones para empaque propuesto.

Aislar el alimento	Ofrecer estructura
Tapa base	Caja tradicional
Tapa integrada	Laterales regruesados por dobleces
Pestañas incrustadas	Laterales regruesados por pestañas
Pestañas externas	
Union de piezas	
Ensamble	

## 11.2 GENERACIÓN DE CONCEPTOS

Se plantearon 3 conceptos, teniendo en cuenta lo establecido previamente, representados por ilustraciones digitales, junto a una breve reseña de cada uno.

Tabla 12. Generación de conceptos para empaque propuesto.

Nombre de concepto	Ilustración	Descripción
Concepto A		Este empaque está conformado por base/tapa del mismo diseño. Utiliza una extensión de dos laterales de tal manera que estos puedan ser doblados y después por medio de una pestaña asegurados. El empaque tiene dos laterales sencillos y dos laterales dobles.
Concepto B		Este concepto está conformado por un despiece completo. La base se une por medio de pestañas entre las extensiones de laterales. Se obtienen dos laterales reforzados. La tapa tiene pestañas que se insertan dentro de la base una vez se vaya a cerrar el empaque.
Concepto C		Este empaque está conformado por base y tapa del mismo diseño. La unión entre base y tapa se produce mediante pestañas que se ensamblan entre las dos piezas al momento de cerrar el empaque.

### 11.3 SELECCIÓN DE CONCEPTO

Para facilitar la reflexión sobre los conceptos propuestos, se empleó una matriz de selección múltiple, según tabla 13, logrando identificar el concepto más apropiado para el proyecto. Los criterios de selección fueron planteados a partir de las necesidades identificadas del empaque, el ciclo de vida entorno al uso (Almacenamiento, armado, servido) y las características de la lámina desarrollada, mediante una comparación de los conceptos con el empaque actual.

El concepto escogido, fue el concepto A.

*Tabla 13.* Matriz de selección aplicada.

Criterios de selección	Conceptos		
	A	B	C
Estructura	+	-	-
Diferenciación del actual	+	-	+
Facilidad de ensamblaje	0	+	0
Apilamiento	+	-	-
Modularidad	+	+	+
Facilidad de manipulación	+	+	+
Almacenaje sin armar	0	0	0
almacenaje armado (Previo a servida de alimentos)	+	0	+
Suma +	6	3	4
Suma 0	2	2	2
Suma -	0	3	2
Evaluación neta	6	0	2
Lugar	1	3	2
¿Continuar?	Si	No	No

## 11.4 DESARROLLO DE CONCEPTO

El empaque propuesto consiste en Base/Tapa de misma construcción, ver figuras 43 y 44, donde se refuerzan los laterales al realizar un doblez de la lámina. De esta manera se tienen dos laterales sencillos y dos laterales dobles. Al momento de colocar la tapa sobre la base, se coloca de tal manera que los laterales dobles de la tapa coincidan con los laterales sencillos de la base, dando refuerzo al empaque en su perímetro.

*Figura 43.* Medidas de la base del empaque propuesto.

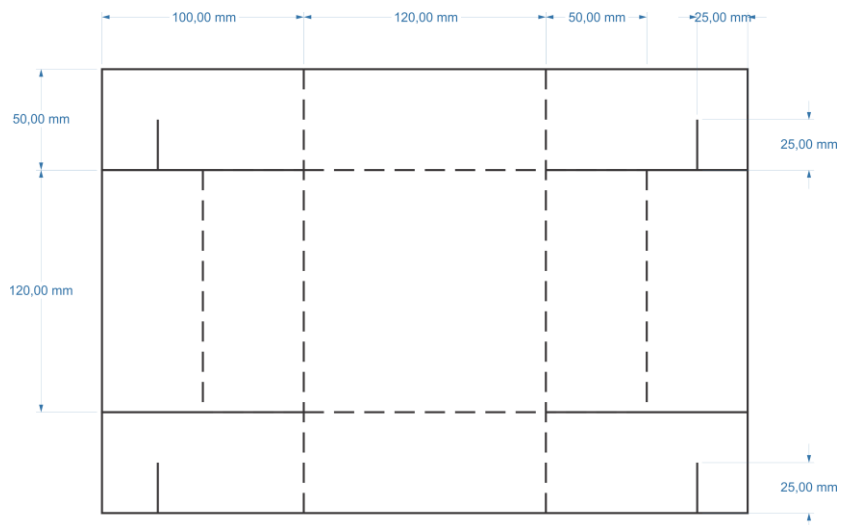


Figura 44. Medidas de la tapa del empaque propuesto.

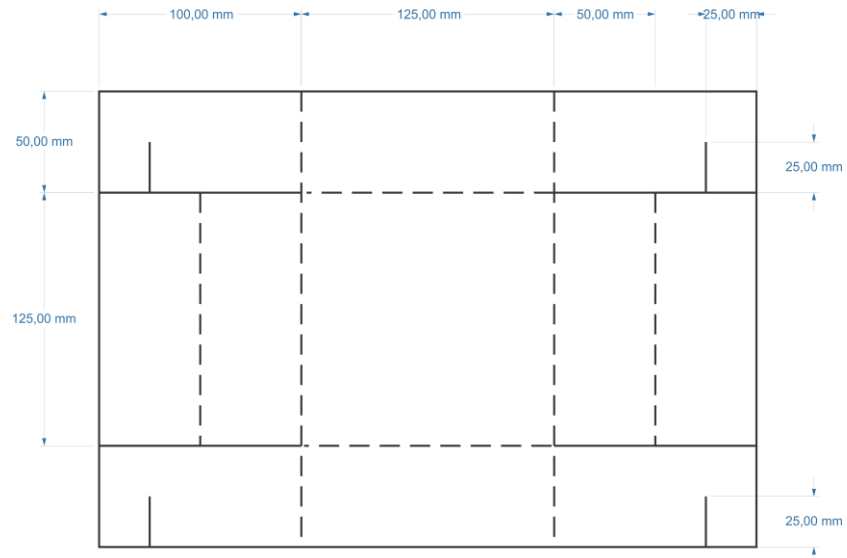
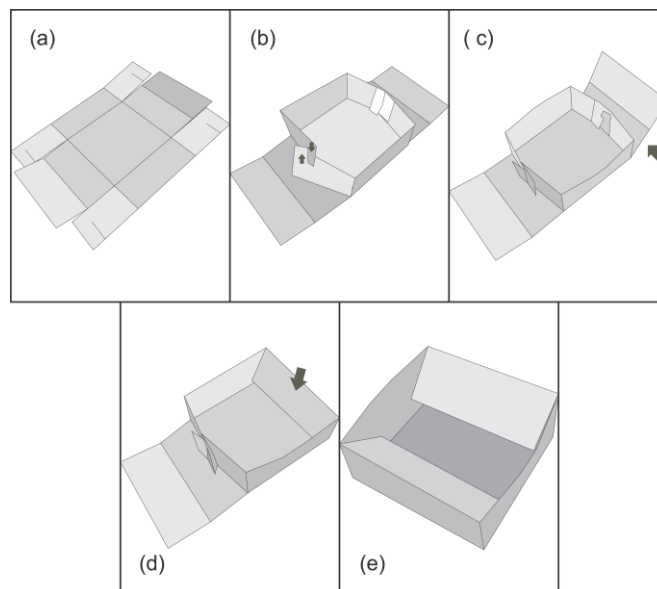
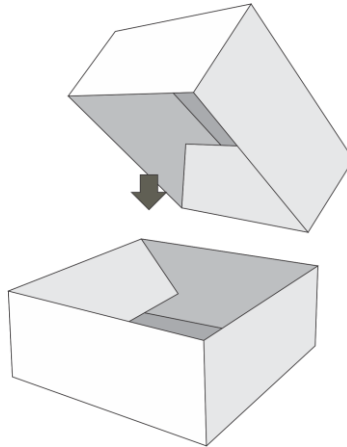


Figura 45. Proceso de ensamble de la base y la tapa del empaque propuesto. (a) Se parte del troquel base. (b) Se unen las pestañas laterales. (c) Se doblan los laterales sobre las pestañas del paso anterior. (d) Se termina de doblar el lateral hasta que queda por dentro del contenedor. (e) Se obtiene la base o tapa.



*Figura 46.* Concepto de empaque propuesto.



Así mismo, se implementó el logo de la Universidad Industrial de Santander a modo de grabado, esto sería realizado durante el proceso de troquelado, dejando un relieve sobre el empaque y de esta manera dándole pertenencia al empaque hacia la institución.

*Figura 47.* Grabado del logo de la Universidad Industrial de Santander sobre el empaque propuesto.



## 11.5 MODELO FUNCIONAL

El modelo funcional del empaque utilizó la lámina desarrollada (lamina de hoja de plátano) siguiendo el proceso de manufactura correspondiente a la probeta 14. Se simuló el troquelado por medio de dobleces manuales. Este modelo funcional, ver figura 48, fue el utilizado para las pruebas de función más adelante descritas.

*Figura 48.* Modelo funcional del empaque propuesto. Foto de registro.



## 11.6 PRUEBAS DE FUNCIÓN

**11.6.1 Objetivo general** Evaluar el comportamiento del empaque propuesto.

### 11.6.2 Objetivos específicos

- Observar el comportamiento de la lámina desarrollada.
- Identificar fallas en el diseño del empaque propuesto.

**11.6.3 Preparación de pruebas** Para estas pruebas se utilizaron modelos funcionales y se planteó una comida conformada por una carne (Bistec), un cereal (arroz) y una leguminosa (Garbanzo). La leguminosa viene siendo el alimento húmedo.

*Figura 49.* Preparación de empaques para pruebas de función. Foto de registro.



**11.6.4 Prueba 1 - Resistencia a la deformación por humedad** Como se explicó en el capítulo 6, los alimentos que se sirven en el programa Combo Saludable son húmedos y afectan la resistencia del empaque, siendo una necesidad primordial lograr que el empaque resista por un periodo de tiempo estas condiciones.

La prueba consistió en servir en el empaque los alimentos en la siguiente proporción: 1/3 de cereal, 1/3 de leguminosa 1/3 de carne a una temperatura de 50 °C. En total el peso de la comida es de 500 gr. Se dejaron estos alimentos empacados por un periodo de dos horas.

### **Resultados**

Durante la prueba se observó un comportamiento óptimo del empaque. No se produce filtrado de líquidos por los dobleces del empaque ni por las uniones, no se produjo deformación o debilitamiento de la estructura del mismo. Se observó que la superficie que está en contacto con los alimentos no absorbe la humedad de los

mismos, confirmando lo encontrado en la investigación bibliográfica referente a las características de la hoja de plátano y su impermeabilidad.

*Figura 50.* Prueba de función 1 – Resistencia a la humedad. Foto de registro.



**11.6.5 Prueba 2 - Resistencia a la deformación por peso** Se definió que el peso máximo que debe soportar el empaque es de 500 gr.

La prueba consistió en servir en el empaque los alimentos en la siguiente proporción: 1/3 de cereal, 1/3 de leguminosa 1/3 de carne a una temperatura de 50 °C. En total el peso de la comida es de 500 gr. Se procedió a una manipulación exagerada del empaque por un periodo de 30 minutos.

### **Resultados**

Durante la prueba se observó un comportamiento satisfactorio del empaque. Sin embargo, por la manipulación exagerada, se presentó deterioro del empaque utilizado.

*Figura 51.* Prueba de función 2 – Resistencia a la humedad. Foto de registro.



**11.6.6 Prueba 3 – Apilamiento** Una de las fallas observadas durante el análisis de los antecedentes de la situación de estudio, consistía en que los empaques no se podían apilar, ya que el peso los deformaba y esto aumentaba las probabilidades de un desplome de las cajas.

La prueba consistió en servir en el empaque los alimentos en la siguiente proporción: 1/3 de cereal, 1/3 de leguminosa 1/3 de carne a una temperatura de 50 °C. En total el peso de la comida es de 500 gr, Se apilaron los empaques con comida a un máximo de 3 cajas, se observó el comportamiento por un periodo de tiempo de 30 minutos.

### **Resultados**

Durante la prueba se observó que después de 20 minutos se empieza a presentar una deformación en el empaque que se encuentra en la base, sin embargo, no se presenta una inclinación de los empaques o apertura por la presión ejercida entre ellos.

*Figura 52.* Prueba de función 3 – Apilamiento. Foto de registro.



**11.6.7 Prueba 4 – Olores y sabores** Al utilizar como materia prima una hoja aromática como la de plátano, es necesario comprobar que el material del empaque no transfiera olores o sabores no característicos del alimento.

La prueba consistió en servir en el empaque los alimentos en la siguiente proporción: 1/3 de cereal, 1/3 de leguminosa 1/3 de carne a una temperatura de 50 °C. Se dejó por un periodo de tiempo de 1 hora. Se realizó una prueba de olor y sabor de los alimentos.

### **Resultados**

La comida presenta un leve olor pero este se disipa una vez abierto el contenedor. No presenta sabores que podrían asociarse a la hoja de plátano.

**11.6.8 Conclusiones generales** En general se observó un comportamiento satisfactorio del empaque. Respecto a la lámina desarrollada, se confirma lo encontrado en investigación bibliográfica respecto a las características de la hoja de

plátano y su impermeabilidad. Así mismo, los dobleces realizados sobre la lámina no presentaron quiebres o filtraciones.

Respecto al diseño propuesto, se mantiene una estructura confiable del empaque, que en cuanto a manipulación exagerada y apilamiento, resiste y cumple a cabal con las necesidades identificadas. Cabe resaltar que en situación real, los empaques no tienen una manipulación exagerada, pero por cuestiones de transporte o del mismo consumo por parte de los usuarios, es necesario descartar un posible fallo en el diseño.

Por último, es apto el uso de la hoja de plátano para la fabricación del empaque propuesto, sin que presente alteraciones a la comida que se sirve en este.

Se puede concluir que el empaque puede soportar las condiciones del programa Combo Saludable durante su uso.

## 12. CONCEPTUALIZACION DEL CICLO DE VIDA DEL EMPAQUE PROPUESTO

### 12.1 MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada es la hoja de plátano. Esta forma las capas externas del empaque en su forma natural y la capa interna del empaque al ser transformada en hoja de fibra. Esta puede tener un tamaño variable y en total se necesitan 3 hojas para fabricar un empaque, esto corresponde a una demanda de 6753 hojas semanales aproximadamente. Respecto a proveedores de la materia prima, se encontraron 8 fincas en los alrededores de la ciudad de Bucaramanga, en promedio a 16 km del casco urbano, que tienen una capacidad de producción de 800 a 1000 hojas semanales.

### 12.2 TRANSPORTE MATERIA PRIMA

El transporte se realiza por medio de un vehículo en rutas programadas por las diferentes haciendas de los proveedores, y lleva la materia prima directamente a las instalaciones de la Universidad Industrial de Santander.

### 12.3 MANUFACTURA

**Cocción.** El primer paso en el proceso de manufactura es la cocción de las hojas. Esto se realiza con el fin de suavizar las fibras y al mismo tiempo un proceso de desinfección.

Se propone el uso de una caldera de tamaño adecuado para la demanda, y el uso de una estufa a gas de un solo quemador de alta capacidad. Una estufa de las

características necesarias tiene un consumo aproximado de gas de 0,19 m<sup>3</sup>/h. El tiempo de cocción es de 30 minutos a partir del punto de ebullición para 10 kilos de hojas. Se dividen en dos las hojas cocidas: Hojas destinadas para fabricación de fibra y hojas destinadas para capa externa del empaque. Las hojas destinadas para la capa externa, se colocan a secar a ambiente por 3 días.

**Corte de hojas.** Se recortan manualmente en cuadros de tamaño aproximado de una pulgada por una pulgada las hojas de plátano destinadas para la fabricación de la fibra.

**Mezclado.** Los recuadros de pulgada por pulgada recortados en el proceso anterior, se colocan en una mezcladora. Para la mezcladora escogida, se colocan 4 kilos de hojas con 1 litro de agua. Esta agua puede ser reutilizada en el proceso de reintegración. El consumo eléctrico de la mezcladora es de 1 kw/h. El tiempo de mezclado es de 10 minutos para 4 kilos de hojas.

**Fabricación de fibra (reintegradora).** La fibra obtenida de la mezcladora se vierte en la reintegradora con una mezcla de CMC previamente hecha. Una vez finalizado el proceso, se retira la hoja de la reintegradora y se presiona sobre una malla plástica donde se deja para secado a temperatura ambiente por dos días. El formato máximo de hoja de la maquina es de un pliego (70 x 100 cm). Esto equivale a 8 hojas de fibra de 25 cm por 32 cm. El agua resultante del proceso puede ser reutilizada para la fabricación de más hojas. El consumo eléctrico del compresor es de 0,5 kw, de la motobomba de 1,5 kw. Cada lámina demora 1 minuto en fabricarse.

**Armado de láminas.** Se arman las láminas de hoja de plátano, realizando una construcción de la siguiente manera: Hoja de plátano seca, adhesivo CMC, fibra de hoja de plátano seca, adhesivo CMC, hoja de plátano seca. Se colocan las hojas de tal manera que cubran toda la fibra fabricada, y que en el proceso de corte se optimice de la mejor manera el material.

**Pre - prensado.** Hay dos posibilidades de realizar este procedimiento, mediante una prensa hidráulica o mediante una prensa manual. Teniendo en consideración

que la presión necesaria para lograr una compactación de la lámina no es elevada, 100 lbf aproximadamente, se propone el uso de una prensa manual, esta también permite el prensado de varias laminas al mismo tiempo, lo cual optimiza los tiempos de producción del empaque. Se aplica una presión por 1 minuto.

**Corte de láminas.** Utilizando una guillotina industrial, se cortan las láminas pre prensadas en cuadros de 25 cm por 32 cm. Esta máquina tiene un consumo eléctrico de 3 kw/h. El tiempo de corte es de 10 segundos para cada lámina. Los residuos de este proceso pueden mezclarse con los residuos de fin de ciclo del empaque, explicado más adelante.

**Prensado.** Se presan las láminas cortadas por un periodo de tiempo de 20 minutos.

**Troquelado.** Las láminas prensadas proceden a ser troqueladas. Se utiliza la máquina del proceso actual.

**Destroquelado.** Manualmente se desprende los sobrantes de cada lámina ya troquelada, obteniendo la forma final de desarrollo de la caja. Los residuos de este proceso pueden mezclarse con los residuos de fin de ciclo del empaque, explicado más adelante.

**Empaque al vacío.** Se agrupan los troquelados, los cuales son empacados al vacío con un recubrimiento de polímero termo encogible. Se utilizan las maquinas del proceso actual.

**Empaque para distribución.** Los paquetes del proceso anterior, son recubiertos con papel kraft.

## 12.4 DISTRIBUCIÓN

Los empaques fabricados en la división de Publicaciones, se envían a la división de Bienestar universitario por tierra utilizando una carretilla de acción manual o siendo cargadas por distintos funcionarios.

## 12.5 USO

**Ensamblado.** Se ensamblan manualmente tapa y base.

**Almacenamiento.** Se ubican las bases armadas, una sobre otra, así mismo, las tapas. Se ubican en las mesas metálicas (stand).

**Servido.** Se pasa la comida de unos recipientes plásticos, en porciones controladas (cucharadas) a las bases ya armadas. Una vez servida la comida se coloca la tapa al envase.

**Almacenamiento y conteo.** En canastillas se ubican los combos con el fin de tener conteo de la cantidad de cajas que disponen para la jornada.

**Despacho de almuerzos.** Una vez realizado el conteo se procede a entregar los almuerzos empacados a los miembros de la comunidad universitaria. Una vez consumido el alimento, el usuario dispone los residuos en canecas especiales destinadas para este empaque ubicadas en los diferentes espacios de la universidad.

## 12.6 MANEJO DE FIN DE CICLO

La división de planta física sería la encargada del manejo de fin de ciclo de los desechos del empaque. Según investigación bibliográfica, consignada en el capítulo

8, este empaque puede ser clasificado como biodegradable y puede utilizarse para procesos de compostaje dentro de la universidad. Se pueden disponer canecas especiales para el desecho de este empaque de tal manera que la división de planta física pueda realizar una recolección y posterior aprovechamiento de este residuo. Así, el fin de ciclo del empaque termina dentro de la universidad, y no acarrea impactos ambientales en relación a disposición final por parte de terceros.

## 13. SOCIALIZACIÓN DEL EMPAQUE PROPUESTO

Finalizado ya el proceso proyectual, se hace necesario realizar una socialización donde se pueda reconocer la reacción de las personas involucradas en el proceso del Combo Saludable de la universidad, operarios y funcionarios, respecto al empaque propuesto.

### 13.1 DIVISIÓN DE BIENESTAR UNIVERSITARIO

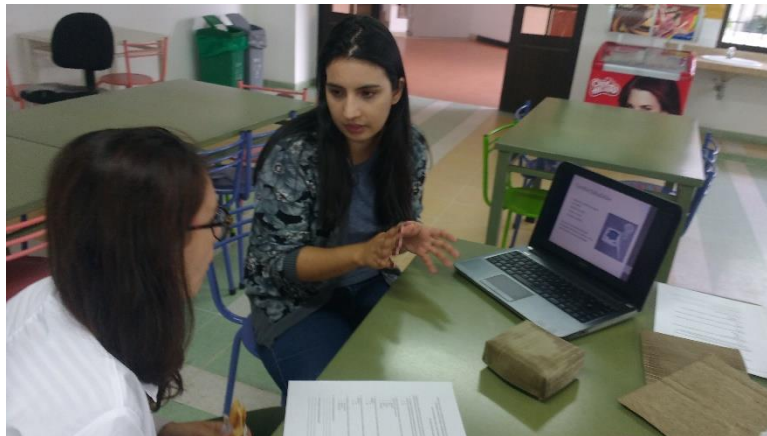
Contando con el ciclo de vida del empaque previamente establecido y el proceso de armado del mismo, se realizó una exposición del empaque a operarios y funcionarios involucrados en el programa.

**13.1.1 Socialización a funcionarios** Se realizó una socialización con la funcionaria encargada del programa Combo Saludable, como se muestra en la figura 53. En esta socialización se expuso de una manera resumida el proyecto y se solicitó su opinión respecto a la viabilidad de implementación del empaque en el programa, costos y mejoras.

Las observaciones generales giraban en torno a la necesidad de bienestar de generar un impacto social importante a través del programa de combo saludable sin generar impactos negativos ambientalmente, siendo ellos consientes de la problemática ambiental que presenta el uso del polyboard. Con esto en mente, el empaque propuesto cumple con esa expectativa de minimizar los impactos ambientales generados del programa, a la vez que está acorde a las necesidades específicas que ellos necesitan del empaque del producto. Un aspecto positivo es que se mantuvo el tema de armado en el diseño del empaque, lo cual significa participación de los operarios del programa en una hipotética implementación.

La grabación de la socialización, puede ser escuchada en el anexo F.

*Figura 53.* Socialización del proyecto con profesional del programa Combo Saludable. Foto de registro



**13.1.2 Socialización a operarios** Se buscó promover la participación de los usuarios reales, quienes están familiarizados con el proceso del empaque principal actual y pueden realizar una comparación de los dos empaques y brindar una perspectiva propia acerca del empaque propuesto. El objetivo general era evaluar la percepción del empaque propuesto por parte de los operarios del programa Combo Saludable, ver figura 54.

La socialización consistió en una exposición del empaque propuesto. Esta exposición consistía en un resumen general del planteamiento del problema, la justificación del proyecto y la presentación del empaque propuesto. Se explica el sistema de armado del empaque, costo, uso y disposición final. Se presentó principal atención a las respuestas inmediatas brindadas por los participantes. Una vez finalizada la exposición se procedió con una sesión de preguntas. Por último se brindó a los participantes una encuesta relacionada con lo expuesto (Ver anexo E)

Los resultados de la socialización también fueron positivos. Los operarios del programa, son conscientes del impacto ambiental que se está generando por el uso de polyboard en el programa, y consideran que es necesaria una implementación de una materia prima más amigable con el medio ambiente. Así mismo, no encontraron dificultad en los procesos planteados para el empaque propuesto, específicamente el armado y el servido del alimento. Por último, consideran que el empaque propuesto cumple con las condiciones del programa para ser utilizado, siendo un empaque atractivo.

*Figura 54.* Socialización del proyecto con operarios del programa Combo Saludable. Foto de registro.



### ETAPA 3 – DETERMINACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ASOCIADOS AL EMPAQUE ACTUAL Y EL EMPAQUE PROPUESTO

#### 14. ANÁLISIS LCA

Una vez definidos los ciclos de vida de cada empaque, es posible determinar los impactos ambientales de los dos productos, ver figuras 55 y 56, y por ende reunir información suficiente que permita establecer cuál de las dos opciones analizadas presenta un perfil ambiental mejor a través de un análisis de ciclo de vida o *Life Cycle Assessment* (LCA según siglas en inglés).

Figura 55. Ciclo de vida empaque principal actual.



Figura 56. Ciclo de vida empaque propuesto.



Se evaluaron 4 impactos ambientales, a saber, calentamiento global, eutrofización acuática, acidificación terrestre y consumo energético, con un enfoque de la “cuna a la puerta” (RECIPE, 2008). Investigación bibliográfica y recolección de datos de proceso en sitio, se llevaron a cabo para obtener los datos primarios, los secundarios fueron tomados de bases de datos existentes referentes a impactos ambientales. El consumo de recursos y emisiones fueron asignados a una unidad funcional de un empaque, en específico el peso de cada empaque. El análisis se enfoca a las tres etapas donde se presenta impacto ambiental: Materia prima, transporte de materia prima y manufactura. Respecto a las etapas de distribución y uso cabe notar respecto a los ciclos de vida determinados, que no se produce impactos ambientales referentes al empaque. Para la última etapa del ciclo de vida correspondiente a manejo de fin de ciclo, no se realiza un análisis de indicadores, debido a que no es posible determinar el fin de ciclo del empaque de cartón polyboard.

## **14.1 MATERIALES Y METODOLOGÍA**

Este análisis cuenta con cuatro fases principales planteadas en la norma ISO 14040 (2006): Definición de objetivos y alcances, análisis de inventario (ICV) para determinar los datos de entrada y salida de los sistemas, evaluación del impacto (EICV) para valorar los resultados del inventario y comparación de ciclos de vida para analizar los resultados.

**14.1.1 Caracterización de los empaques** El estudio está enfocado a los dos empaques expuestos: el empaque principal actual del programa Combo Saludable y el empaque propuesto. Se categorizaron en función del peso por unidad, donde el los dos empaques manejan un peso de 38 gr.

**14.1.2 Alcance del estudio** Se contempló el ciclo de vida, desde la obtención de materiales para la fabricación de la materia prima, hasta el proceso de manufactura de cada empaque haciendo énfasis en las etapas donde se producen impactos ambientales, como se puede ver en las figuras 57 y 58.

Figura 57. Análisis de ciclo de vida del empaque principal actual.

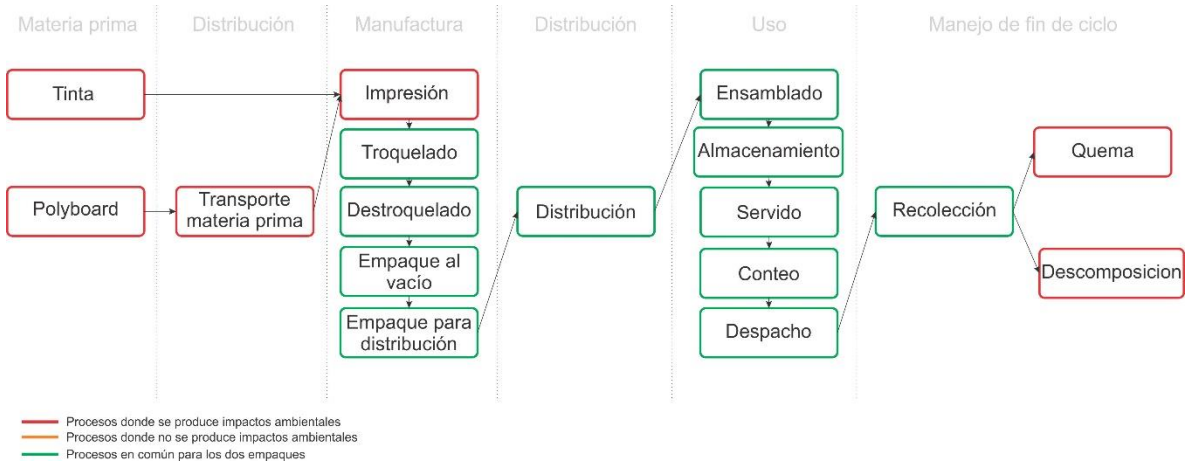
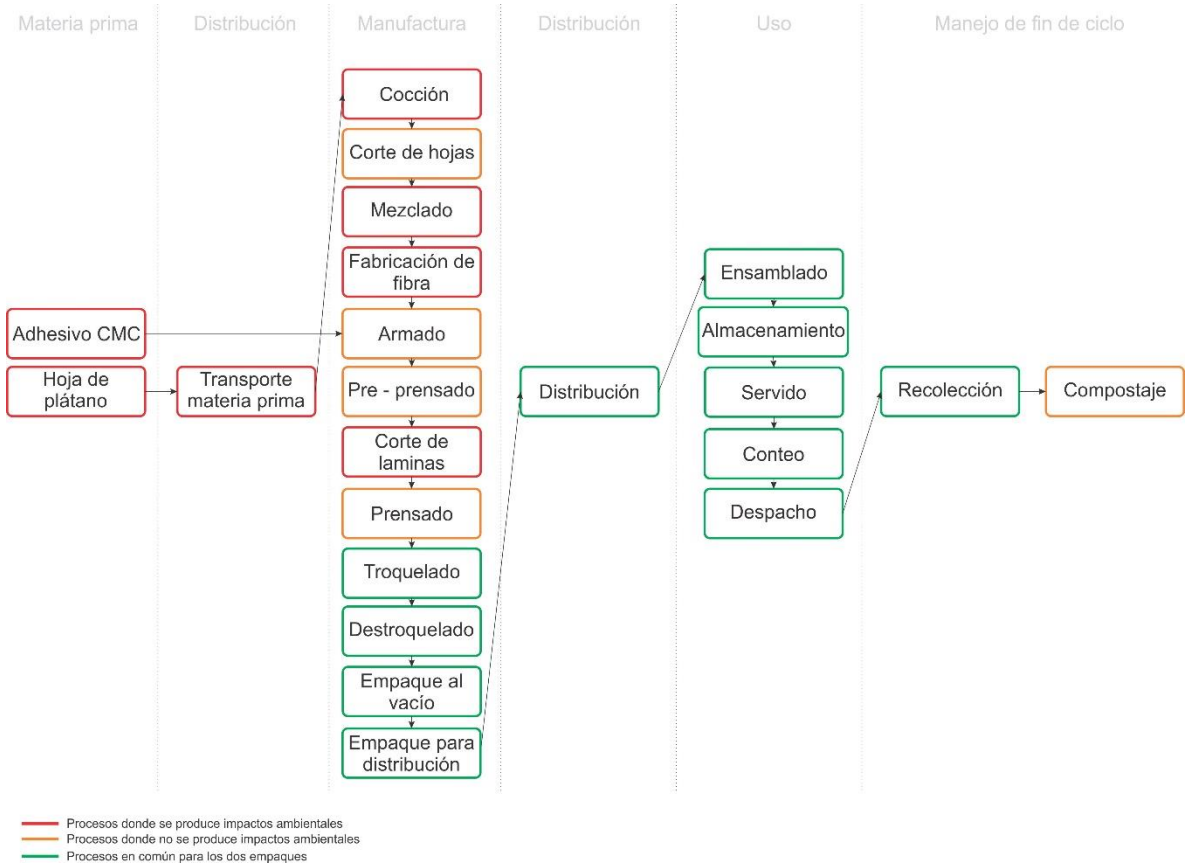


Figura 58. Análisis de ciclo de vida de empaque propuesto.



### **14.1.3 Análisis de inventario**

**14.1.3.1 Recolección de datos** En la parte de materia prima se limitaron los datos de entrada y salida a partir de la obtención de pulpa (para el caso del polyboard) y el establecimiento del cultivo de plátano, hasta la obtención de una lámina de polyboard y el deshoje de plátano. Cabe resaltar que no se dan detalles específicos de los procesos de manufactura de la materia prima, ya que los datos de esta etapa son encontrados mediante investigación bibliográfica.

Para la etapa de transporte de materia prima, se asume un mismo modelo de vehículo para los dos empaques y se analiza solamente la distancia recorrida en kilómetros y el impacto ambiental en torno a la cantidad de combustible utilizado.

La etapa de manufactura, comprende los procesos identificados en el ciclo de vida del empaque de polyboard y los conceptualizados en el ciclo de vida del empaque propuesto a partir de hoja de plátano. Estos datos fueron brindados por la división de Publicaciones.

**14.1.3.2 Procesamiento de la información** Los datos obtenidos mediante investigación bibliográfica, fueron relacionados para cada insumo y producto en función del peso de cada empaque. Se utilizó en software UMBERTO LCA, que permite calcular y visualizar los flujos de materia y energía a lo largo de un ciclo de vida para establecer impactos en las etapas de transporte y manufactura, obteniendo resultados de carácter ambiental.

**14.1.3.3 Características del inventario ambiental** Se detallan las características y suposiciones que se tuvieron en cuenta para la elaboración de cada etapa del inventario:

## **CMC**

El CMC es un compuesto clave en la elaboración de papel y cartón, materia prima del empaque principal actual. Así mismo, es un compuesto utilizado para la producción de la fibra y el adhesivo del empaque propuesto. Por esta razón, se omite el análisis de este compuesto dentro del inventario, ya que es común para los dos ciclos de vida.

### **Empaque principal actual**

- **Materia Prima:** Se toman en cuenta los datos encontrados en bibliografía, que hacen referencia a entradas de recursos utilizados, salidas referentes a emisiones a aire, emisiones a agua y generación de desechos sólidos y el gasto energético total del proceso de manufactura.
- **Transporte de materia prima:** Se definió en el ciclo de vida, que la materia prima viene desde la ciudad de Bogotá. Por lo tanto se tiene en cuenta la distancia recorrida en kilómetros para definir el consumo de combustible.
- **Manufactura:** Se tiene en cuenta el consumo de recursos de energía en relación al tiempo empleado durante cada proceso para la unidad de empaque.

### **Empaque propuesto**

- **Materia prima:** Se tiene en cuenta los insumos necesarios para establecimiento del cultivo como fertilizante y desinfectante. No se tienen en cuenta los procesos que hacen referencia a la recolección del racimo de la planta. El proceso de deshoje se realiza manual.
- **Transporte de materia prima:** Como es un ciclo de vida conceptual, se establece el mismo modelo de vehículo que el estudiado en el empaque actual.
- **Manufactura:** Se tiene en cuenta el consumo de recursos de energía, agua y gas en relación al tiempo empleado durante cada proceso para la unidad de empaque.

## **Procesos de manufactura comunes**

Los dos ciclos de vida manejan procesos comunes referentes a corte (Realizado durante el proceso de producción de materia prima para el polyboard), troquelado y empacado al vacío. Por lo tanto estos procesos no se tendrán en cuenta para el análisis de impacto ambiental.

**14.1.4 Evaluación del impacto ambiental** Se seleccionan cuatro categorías de impacto ambientales, calentamiento global, eutrofización acuática, acidificación terrestre y consumo energético.

## **14.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**14.2.1 Materia prima** Se presenta una diferencia en los impactos ambientales generados por las materias primas. Estos resultados indican que para un mismo contexto de cantidad de producción, probablemente los aspectos tecnológicos y de uso de recursos son los factores de mayor relevancia entre las dos materias primas, especialmente en el consumo energético. Como se puede observar en la tabla 14, el mayor impacto se está produciendo en el consumo energético y la acidificación terrestre. En la tabla 15, la hoja de plátano tiene principal impacto sobre el aporte de nutrientes inorgánicos a los ecosistemas acuáticos.

Tabla 14. Impacto ambiental en la etapa de materia prima para el empaque principal actual.

<b>Análisis materia prima Empaque principal actual</b>		
<b>Recursos utilizados</b>		
<b>Sustancia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Hidroxido de aluminio	1,73	g
Carbón	0,99	g
Petróleo crudo	0,04	kg
Tinta	0,26	g
Uso de tierra	6,23	cm <sup>2</sup> por año
Lignita	18,21	g
Caliza	0,77	g
Aceite lubricante	0,14	g
Gas natural	1,50	g
Almidon	0,28	g
Agua	1,02	kg
Madera	0,04	kg
<b>Emision a aire</b>		
CO	0,27	g
CO <sub>2</sub>	0,12	kg
CO <sub>2</sub> (No fosil)	0,07	kg
H <sub>2</sub> S	0,95	mg
CH <sub>4</sub>	5,13	g
NH <sub>3</sub>	0,33	g
No <sub>x</sub>	0,71	g
So <sub>x</sub>	0,36	g
VOC <sub>s</sub>	4,69	mg
<b>Emision a agua</b>		
AOX	1,44	mg
BOD	3,07	g
Cloruro	0,26	g
COD	12,85	g
Grasas y aceites	12,82	mg
Nitrato	0,03	g
Fosforo	12,85	mg
Sulfatos	0,04	g
Solidos suspendidos	7,72	g
TOC	0,03	g
<b>Generación de desechos solidos</b>		
Empaques plasticos	1,20	g
Desperdicios de proceso	13,42	g
Metal y residuos de metal	3,46	g
<b>Consumo energético</b>		
Proceso de manufactura	373,28	KJ
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,17	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	1,47	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,54	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	373,28	KJ
Fuente: MOURAD (2013), SCHULTZ (2015)		

Tabla 15. Impacto ambiental en la etapa de materia prima para el empaque propuesto.

<b>Análisis materia prima empaque propuesto</b>		
<b>Establecimiento / Propagación</b>		
<b>Sustancia</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Semillas	6,00	Und.
Fertilizante de nitrógeno	0,0005	Kg
Fertilizante de fósforo	0,00	kg
Herbicida	0,00017	Kg
Cal	0,00015	Kg
Gasolina	0,00004	Kg
<b>Producción</b>		
Fertilizante de nitrógeno	0,0018	kg
Fertilizante de fósforo	0,002	kg
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,02	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	0,13	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,29	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	0,00	KJ
Fuente: Valenzuela (2016)		

**14.2.2 Transporte de materia prima** Los indicadores están relacionados directamente con la distancia recorrida. Como se evidencia en las tablas 16 y 17, se presenta mejoría por el uso de proveedores regionales para materia prima.

Tabla 16. Impacto ambiental en la etapa de transporte de materia prima para el empaque principal actual.

<b>Transporte materia prima empaque principal actual</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Distancia recorrida	429,3	km
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,21	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	0,0021	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,08	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	Indeterminado	KJ
Fuente: NERHAGEN (2015)		

Tabla 17. Impacto ambiental en la etapa de transporte de materia prima para el empaque propuesto.

<b>Transporte materia prima empaque propuesto</b>		
	Cantidad	Unidad
Distancia recorrida	23,2	km
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,01	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	0,0001	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,0042	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	Indeterminado	KJ
Fuente: NERHAGEN (2015)		

**14.2.3 Manufactura** A pesar de que el proceso de manufactura del empaque principal actual tiene menos subprocessos, el impacto sigue siendo mayor que el del empaque propuesto, ver tablas 18 y 19. Se aprecia el impacto negativo que tiene el proceso de impresión, no solo por consumo energético sino por uso de tintas a base de petróleo.

Tabla 18. Impacto ambiental en la etapa de manufactura del empaque principal actual.

<b>Manufactura empaque principal actual</b>		
<b>Tinta</b>		
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,10	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	0,01	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,0002	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	21,00	KJ
<b>Impresión</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético máquina	7200	KJ
Tiempo de impresión	0,002	Horas
Consumo energético	14,4	KJ
<b>Troquelado</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético máquina	3600	KJ
Tiempo de troquelado	0,0013	Horas
Consumo energético	4,68	KJ
<b>Empaque al vacío</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético túnel	18000	KJ
Consumo energético sellador	2880	KJ
Tiempo de empaque	0,0012	Horas
Consumo energético	25,06	KJ
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,10	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	0,01	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,0002	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	65,14	KJ
Fuente: División de Publicaciones, Universidad Industrial de Santander		

Tabla 19. Impacto ambiental en la etapa de manufactura del empaque propuesto.

<b>Transformación empaque propuesto</b>		
	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Cocción</b>		
Consumo de gas	0,19	m <sup>3</sup> /h
Tiempo de cocción	0,005	Horas
Consumo de gas	0,00095	m <sup>3</sup>
<b>Mezclado</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético mezcladora	10	KJ/h
Tiempo de mezclado	0,1	Horas
Agua	0,025	L
Consumo energético	1	KJ/h
<b>Fabricación fibra (Reintegradora)</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético compresor	6	KJ/h
Consumo energético bomba	20	KJ/h
Tiempo de mezclado	0,016	Horas
Consumo energético	0,43	KJ/h
<b>Cortado</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético maquina	7200	KJ
Tiempo de cortado	0,0013	Horas
Consumo energético	9,36	KJ
<b>Troquelado</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético maquina	3600	KJ
Tiempo de troquelado	0,0013	Horas
Consumo energético	4,68	KJ
<b>Empaque al vacio</b>		
	Cantidad	Unidad
Consumo energético tunel	18000	KJ/h
Consumo energético selladora	2880	KJ/h
Tiempo de empaque	0,0012	Horas
Consumo energético	25,06	KJ/h
<b>Impacto ambiental potencial</b>		
Calentamiento global	0,0002	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificacion terrestre	0,0	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofizacion acuatica	0,0001	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energetico	40,31	KJ
Fuente: Division de Publicaciones, Universidad Industrial de Santander		

**14.2.4 Evaluación del impacto ambiental** A continuación en las tablas 20 y 21, se presenta la suma de los impactos ambientales de cada etapa para los dos empaques evaluados.

*Tabla 20.* Impacto ambiental potencial empaque principal actual.

<b>Impacto ambiental potencial empaque principal actual</b>		
Calentamiento global	0,49	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	1,48	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,62	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	438,42	KJ

*Tabla 21.* Impacto ambiental potencial empaque propuesto.

<b>Impacto ambiental potencial empaque propuesto</b>		
Calentamiento global	0,03	Kg CO <sub>2</sub> -eq
Acidificación terrestre	0,13	g SO <sub>2</sub> -eq
Eutrofización acuática	0,29	g PO <sub>4</sub> -eq
Consumo energético	40,31	KJ

Un buen manejo del ciclo de vida de un producto se refleja directamente en los impactos ambientales producidos por este. Es evidente que el uso intensivo de recursos está directamente relacionado con el impacto ambiental producido.

Teniendo un enfoque de la cuna a la puerta, donde solo se está analizando la materia prima, el transporte y la manufactura, se obtienen resultados alarmantes para el empaque principal actual que se está utilizando en el programa Combo Saludable, siendo este el de mayor impacto ambiental para todas las categorías evaluadas, esto recae en el uso de tecnologías, materias primas adicionales, distancia de transporte, y procesos que no se contemplan en el ciclo de vida del empaque propuesto.

Para el empaque propuesto, se produce mayor impacto ambiental en el indicador de eutrofización acuático, esto puede ser debido principalmente al uso de fertilizantes durante la etapa de materia prima en sus dos sub etapas: Establecimiento y producción. Así mismo, cabe resaltar que la hoja de plátano es considerada un desecho del cultivo de plátano, es decir, la industria platanera no se concentra en la producción de hojas de plátano, sino estas vienen siendo un subproducto.

## 15. CONCLUSIONES

El empaque principal actual del programa Combo Saludable, tiene oportunidades de mejora a través de la implementación de materias primas más amigables con el medio ambiente. La hoja de plátano, gracias a sus características físicas y mecánicas, es una buena opción para fabricar laminados que pueden reemplazar el uso de polyboard en el empaque.

A pesar de que se plantea una opción de diseño para el empaque propuesto, se puede seguir evaluando la materia prima utilizada, a fin de plantear otros conceptos que exploten de mejor manera este material, cumpliendo con los requerimientos de empaque y transporte del programa.

Se evidencia que la implementación de una materia prima y la optimización de los procesos de manufactura, presenta mejorías significativas en los impactos ambientales derivados del ciclo de vida del empaque principal actual del programa Combo Saludable.

La responsabilidad ambiental hoy en día es uno de los aspectos más relevantes a la hora de plantear nuevos productos, materiales o procesos. Es evidente la variedad de opciones en el mercado para sustituir materiales convencionales en la fabricación de empaques, que no se implementan por que no se tiene conocimiento aproximado de los cambios que estos podrían significar en un sistema.

La evidencia presentada anteriormente demuestra que es una necesidad implementar en el programa Combo Saludable, una materia prima con mejores características ambientales que la usada actualmente, siendo la planteada en este proyecto una opción viable para ese fin.

## BIBLIOGRAFÍA

BELALCÁZAR, Sylvio. Efecto de la época de destronque y del número de hojas y plantas por unidad productiva sobre la producción. En: Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable del plátano en la zona cafetera central de Colombia. Creced Quindío. Regional Nueve ICA. Centro Satélite plátano y banano. 1990. p. 86- 92.

----- El Cultivo de Plátano en el Trópico. Manual de Asistencia Técnica No 50. Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia. Comite departamental de cafeteros de Quindio. Colombia. 1991a. 376 p.

----- La planta y el fruto. En: BELALCÁZAR, Sylvio. Ed. El cultivo de plátano en el trópico. ICA INIBAP – CIID, COMITECAFE. 1991b. p. 45 – 89.

BUCARAMANGA, Camara de Comercio. Actualidad económica. Sector agrícola Santander 2013. 2014. 1 p.

AGENDA TECNICA AGRICOLA DE COLIMA. Paquete tecnológico para el cultivo del plátano, INIFAP. Centro de Investigación Regional del Pacifico Centro/Campo Experimental Tecoman. Progreso No 5. Mexico. 2017. p. 220-244.

ESPINEL, Carlos; MARTINEZ, Hector y PEÑA Yadira. La cadena del platano en Colombia. Una mirada de su estructura y dinamica. 1991 – 2005. En: Documento de trabajo No. 61. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural Observatorio Agrocadenas Colombia. 2005. 40 p.

CHARUMANEE, Suporn. Characterization and chemical composition of epicuticular wax from banana leaves grown in Northern Thailnad. (Caracterización

y composición química de la cera epicuticular de hojas de plátano crecientes del norte de Tailandia). Songklanakarín J. Sci. Technol. 2017. p.509-516.

RICO, David. Seminario Empaques y embalajes para exportación. Cámara de comercio Bogotá. 2014. p.1-12.

NAVIA, Diana. Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, Revista Facultad de ciencias Agrarias. Universidad del Cauca. 2013. vol. 11, no. 2, p. 7-10.

ECOCYCLE. Should plastic-coated paper products be allowed in materials collected for composting? (¿Deben ser permitidos productos de papel recubiertos en plástico en materiales recolectados para compostaje?). Woods End Laboratories, Inc. 2016. p. 1-37.

HARIJATI, Nunung; AZRIANINGSIH Rodliyati y AFFANTI Eva. The study of anatomy and fiber banana leaf as a potensial wrapping. (El estudio de la anatomía de la fibra de plátano como potencial empaque). En: American Journal of Plant Sciences. Indonesia. 2013. vol. 4, no. 7, p. 1461 – 1465.

HOTCHKISS, Joseph. An overview of food and food packaging interactions. (Una mirada a la comida y la interacción con su empaque). En: American Chemical Society, Cornell University. ACS Symposium Series. 1988. vol. 365, cap 1, p. 1-10.

HURTADO, Hernán. Descripción de la agro cadena del plátano en Colombia. Trabajo de grado Administrador de empresas agropecuarias. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2016. p. 18 -20.

MARSH, Kenneth y BUGUSU, Betty. Food packaging-Roles, materials, and environmental issues. (Rol de empaquers de alimentos, materiales y asuntos ambientales) En: Journal of Food Science, a publication of the institute of food technologists. 2007. vol. 72, no. 3, p. 17-19.

NASIR, Muhammad. Proximate composition of banana leaves and estimation of fungal degradation products of the leaves at mesopholc temperature. (Composición proximal de hojas de banano y estimación de los productos de degradación fúngica de las hojas a temperatura mesófila.) En: World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development. Universidad Federal, Dutse, Nigeria. 2016. vol. 2, no. 5, p. 31-35.

PIÑEROS, Rafael; RUBIO, Juan David y ORTIZ, Gustavo. Estado de las prácticas ambientales de las empresas del sector del empaque y embalaje en Colombia en el año 2012. Retos para la construcción de un futuro sostenible. En: Universidad & Empresa. Universidad del Rosario. Bogota D.C. 2013. vol. 15, no. 24, p. 53-68.

SAIC. Scientific Applications International Corporation. Life Cycle Assessment: Principles and practice. (Análisis de ciclo de vida: Principios y practica) National Risk Management Research Laboratory. Office of Research and Development. U.S Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio, Estados Unidos. 2006.

SETAC. Society of environmental toxicology and chemistry. Environmental Toxicology and Chemistry journal. 1990.

TONGDEESOONTORN, Wirongrong, et al. Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. (Efecto de la concentración de carboximetilcelulosa sobre las propiedades físicas de películas basadas en almidón de yuca biodegradable.) En: Chemistry Central Journal. 2011. vol. 1, no. 5, p. 6-8.

UNEP. Design for Sustainability, a practical approach for developing economics. United Nations Environment Programme, division of technology, industry and economics. Delft University of Technology. Facultad de Ingeniería en Diseño Industrial. Programa de Diseño para la Sustentabilidad. Alemania. 2014. p. 15-80.

Universidad Industrial de Santander. Política ambiental. Sistema de gestión ambiental universitario. 2017.

VERGHESE, Karli; LEWIS, Helen y FITZPATRICK, Leanne. Packaging for sustainability (Empaque para la sostenibilidad). Springer Science & Business Media. 2012. 384 p.

VIDAL, Fernando, et al. Efecto de la suplementación con seudotallo de plátano sobre la salud y el peso al sacrificio de cerdos comerciales. Revista Producción Animal, Universidad de Camagüey. 2001. vol. 1, no 13, p. 2-4.

YUNGA, Marco. Empaques y técnicas de la conservación de todo tipo de alimentos. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Cuenca. Universidad católica de Cuenca. Unidad Académica de Ingeniería Química, Industrial, de Alimentos, Biomolecular, Biocombustibles y Biofarmacia. 2011. p. 59-67.

## ANEXOS



### Anexo A. Ficha técnica cartón Polyboard

#### FICHA TECNICA

PRODUCTO : CARTULINA POLYBOARD  
CALIBRE : 18 mm  
GRAMOS : 317 GRS.


DESCRIPCION	SIN RECUBRIMIENTO	CON RECUBRIMIENTO
• Peso Basico (lbs / 3000 pie <sup>2</sup> )	195	209.4
• Grosor borde (mm)	0.457	0.467
• Humedad (%)	5.8%	
• Uniformidad en la cara de impresión (unidades Sheffield)	295	
• Absorción del borde (gr/100 pulg)	0.45	
• Brillo (% GE)		79
• Cara 1. Peso del recubrimiento de Resma ( lbs / 3000 pie <sup>2</sup> )		7.2 sobre cara de impresión
• Cara 2. Peso del recubrimiento de Resina ( lbs 3000 pie <sup>2</sup> )		7.2 sobre cara respaldo a la de impresión, 11.7 Matte.

Anexo B. Ficha técnica Máquina litográfica Heidelberg Modelo GTO 52

	<b>HOJA DE VIDA DEL EQUIPO</b>	Código: DI-GI-03	
		Versión: 03-09-24	
		Página 1 de 2	



DATOS GENERALES	
<i>N° INVENTARIO</i>	58870
<i>NOMBRE DEL EQUIPO</i>	MÁQUINA LITOGRÁFICA HEIDELBERG GTO-52
<i>NOMBRE PROVEEDOR</i>	Por donación de la Gobernación Departamental
<i>DIRECCIÓN</i>	N.A.
<i>TELÉFONOS</i>	N.A.
<i>FECHA ADQUISICIÓN</i>	
<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>	
<i>Dimensiones (Largo X Ancho X Alto)</i>	1,36 X 1,36 X 1,56 metros
<i>Peso</i>	1400 Kg
<i>Potencia absorbida</i>	2 Kw
<i>Fusibles</i>	a 190...350V: 25 A a 360...600V: 16 A
<i>Emisión de ruido</i>	Nivel de presión sonora en superficies medición según DIN 45635/Hoja27: 75 dB (A)
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE IMPRESIÓN</b>	
<i>Formatos</i>	Pliego Máximo: 360 x 520 mm Formato máximo de impresión: 340 X 505 mm Pliego mínimo: 105 X 180 mm Con accesorios especial para formatos mínimos: 85 x 145 mm Margen de pinzas: 8 hasta 10 mm Material : hasta 0,4mm
<i>Planchas</i>	Largo x Ancho: 400 x 510 mm Espesor: hasta 0,15 mm Con rebaje especial: hasta 0,4 mm Rebaje cilindro portaplanchas: 0,03 mm Rebaje especial: 0,23 mm / 0,7mm Distancia borde delantero hasta entrada de impresión: 35 mm Distancia con sistema de registro: 34 mm
<i>Velocidad de impresión</i>	Máxima: 8000 pliegos/hora Mínima : 3000 pliegos/hora
<i>Mantillas</i>	Largo x Ancho: 445 x 520 mm Espesor: 1,9 mm Rebaje cilindro portamantilla: 3 mm Pliegos suplemento : 360 X 510 mm
<i>Grupo entintador</i>	Rodillos dadores por cuerpo impresor: 4 Diámetro: 45 / 47 / 49 / 51 mm Número de rodillos: 15
<i>Alturas de pila</i>	Marcador: 400 mm Salida: 400 mm
<b>SERIALES PARTES</b>	
<i>No aplica</i>	
<b>OBSERVACIONES</b>	

Anexo C. Ficha técnica Máquina Tipográfica Chandler

	<b>HOJA DE VIDA DEL EQUIPO</b>	Código: DI-GI-03	
		Versión: 03-09-24	
		Página 1 de 1	

I - DATOS GENERALES	
Nº INVENTARIO	59106
NOMBRE DEL EQUIPO	Máquina Tipográfica Chandler
NOMBRE PROVEEDOR	Heidelberg
DIRECCION	---
TELEFONOS	---
FECHA ADQUISICION	----
ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA	
<i>Detalles</i>	Accionada a pedal y posee un motor de IHP.
<b>OBSERVACIONES</b>	Tamaño: 1/4

Anexo D. Ficha técnica Máquina empacadora Hernanpack, túnel y selladora.

	<b>HOJA DE VIDA DEL EQUIPO</b>	Código: DI-GI-03	
		Versión: 03-09-24	
		Página 1 de 1	

DATOS GENERALES	
Nº INVENTARIO	59028-59029
NOMBRE DEL EQUIPO	Máquina EMPACADORA (HERNANPACK): Túnel y Selladora
NOMBRE PROVEEDOR	E/H Empaques Hernández
DIRECCION	Urbanización Macaregua Bloque B Local 14 – Bucaramanga
TELEFONOS	(7)6444226 / (7)6440323
FECHA ADQUISICIÓN	Junio 1 de 2004
<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>	
Referencia	TE-3522 (Túnel) y SL - 45X40 (Selladora)
<b>TUNEL TE-35X22</b>	
<b>DIMENSIONES</b>	
Largo	86cm
Ancho	89cm
Alto	140cm
Peso neto	50kg
<b>CARACTERISTICAS</b>	
Ancho máximo de paquete	30cm
Longitud máxima de paquete	80cm
Altura máxima de paquete	20cm
Peso máximo de paquete	10kg
Velocidad de transportador	0 hasta 9 m/min
Tensión de alimentación	220V trifilar
Consumo energético	5 Kw
<b>SELLADORA SLL 45X40</b>	
<b>DIMENSIONES</b>	
Largo	100cm
Ancho	80cm
Alto	100cm
Peso neto	50kg
Ancho máximo de paquete	4cm
Longitud máxima de paquete	4.5cm
Altura máxima de paquete	20cm
Alimentación manual	
Tensión: 110V	
Consumo: 800 W	
<b>SERIALES PARTES</b>	
No aplica	
<b>OBSERVACIONES</b>	Rollo a pedir: Material termoencogible 10" y 14" calibre 60 Para la empacadora: Cinta: Teflón Alambre: Ferroníquel Calibre 18 Fusibles de 1-3-5-6-10 (3 de cada uno) Electroresistencias Cra. 17 No. 41-30 6802421

Anexo E. Encuesta realizada a operarios de la división de Bienestar Universitario.

PROYECTO DE GRADO – EMPAQUE BIODEGRADABLE DE HOJA DE PLATANO. ESTUDIO DE CASO  
PROGRAMA COMBO SALUDABLE. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

Lina Paola Rodríguez Castro, Juan Sebastián Mayorga Quintero

Escuela de Diseño Industrial

Le agradecemos su participación en esta encuesta. A continuación le solicitamos contestar las siguientes preguntas, teniendo en cuenta lo expuesto por los autores de este proyecto.

1. Con respecto a las implicaciones ambientales que tiene el material POLYBOARD ¿Considera usted necesaria una implementación de una materia prima más amigable con el medio ambiente?
  - a. Si
  - b. No
  
2. Referente al proceso de armado, donde 1 es Muy Fácil y 5 Muy difícil, califique el nivel de dificultad de armado del empaque expuesto.
  1. Muy fácil
  2. Fácil
  3. Normal
  4. Difícil
  5. Muy difícil
  
3. ¿Considera usted que la forma y tamaño del empaque se ajusta a la porción de servido del Combo Saludable?
  - a. Si
  - b. No
  
4. ¿Considera que el empaque cumple con las condiciones necesarias de almacenamiento del Combo Saludable?
  - a. Si
  - b. No
  
5. Referente a la estética, donde 1 es Poco atractivo y 3 Muy atractivo, califique el empaque.
  1. Poco atractivo
  2. Atractivo
  3. Muy atractivo

6. ¿Qué le gusta del empaque propuesto?

---

---

---

7. ¿Qué le disgusta del empaque propuesto?

---

---

---