

Nota de Aceptación:

Proyecto de Diseño Aprobado, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana Cali para optar el título de Ingeniero Industrial.



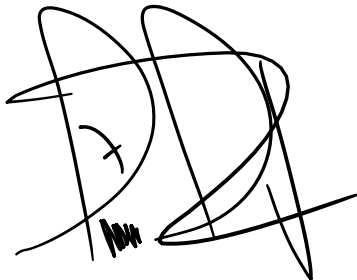
HERNÁN CAMILO ROCHA NIÑO
Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias



JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO
Director Carrera Ingeniería Industrial



HECTOR FABIO BONILLA LONDOÑO
Director Proyecto de Diseño



LUIS ALONSO VELASCO ROLDAN
Jurado 1


CS Scanned with CamScanner

LUIS HERNANDO GARZÓN
Jurado 2



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Santiago de Cali, Junio 21 de 2021

Ing. Jorge Enrique Álvarez Patiño

Director del programa de Ingeniería Industrial
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Pontificia Universidad Javeriana Cali
Ciudad

Reciba usted un cordial saludo.

Después de haber hecho seguimiento al proyecto de diseño con código 2020204 bajo mi dirección denominado “*Rediseño del proceso de transformación de materia prima en una empresa de empaques ecológicos.*”, desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Industrial Luisa María Arias Duque, Felipe Gómez Berón, Juan Pablo Orozco Mejía y Viviana Andrea Pantoja Giraldo, con códigos 1119012, 8925914, 8931053 y 8934865, respectivamente. Considero que este cumple a cabalidad con los objetivos propuestos. De igual manera, he leído el documento final a cabalidad el cual avalo para que sea entregado y evaluado.

Cordialmente,

Ing. Héctor Fabio Bonilla Londoño M.Sc
Director del Proyecto
CC 1.144.036.809 de Cali



Santiago de Cali, 16 de junio del 2021

Señor

JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO

Director del programa de Ingeniería Industrial

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Santiago de Cali

Reciba usted un cordial saludo,

Por medio de la presente certifico que el proyecto de diseño con código 2020204, denominado "*Rediseño del proceso de transformación de materia prima en una empresa de empaques ecológicos*" fue presentado por los estudiantes Luisa María Arias Duque, Felipe Gómez Berón, Juan Pablo Orozco Mejía y Viviana Andrea Pantoja Giraldo, identificados con cédulas de ciudadanía 1.144.093.554, 1.144.099.102, 1.007.433.150 y 1.113.697.395, respectivamente. Además, doy mi constancia de que las propuestas presentadas en el proyecto desarrollado, con base a los conocimientos desde la ingeniería industrial, aportan significativamente al crecimiento de la empresa, y cumplen los requerimientos establecidos.

Cordialmente,

Andrés Benavides López

Gerente General

CC. 11.349.989



Rediseño del proceso de transformación de materia prima en una empresa de empaques ecológicos

Luisa María Arias Duque^{a,c}, Felipe Gómez Berón^{a,c}, Juan Pablo Orozco Mejía^{a,c}, Viviana Andrea Pantoja Giraldo^{a,c},

Hector Fabio Bonilla Londoño^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, Director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen

Debido al cambio climático y el impacto de la huella ambiental, cada vez está más presente el consumo sostenible frente a las industrias convencionales, dando paso a las empresas verdes emergentes. En el presente proyecto, se realizó una propuesta para reevaluar el proceso de elaboración de materia prima en una empresa de empaques ecológicos, pues debido a la pandemia por el COVID-19, centralizó sus operaciones en una nueva planta. Por ello, a través del diseño de un secador para contrarrestar el cuello de botella y una propuesta de distribución de planta, se mejoró el rendimiento y la productividad, haciendo un mejor uso del espacio y se redujo el tiempo de ciclo. Esto se validó mediante simulación.

En primer lugar, a través del contexto y justificación, se definió el caso de negocio, el tipo de material utilizado, las partes interesadas y sus requerimientos. Después, se planteó el plan de recolección de datos, donde por medio de visitas industriales, se caracterizó la situación actual de LA EMPRESA para medir los indicadores de desempeño establecidos y buscar oportunidades de mejora. Luego, se identificó el proceso de secado como el cuello de botella del sistema productivo y mediante una exploración de alternativas, se propone un secador para reducir la dependencia de factores climáticos en aras de aumentar la capacidad productiva.

Posteriormente, se diseñó un sistema de secado aprovechando el calor residual generado por una máquina, reduciendo la fracción de tiempo correspondiente. Además, se planteó una distribución de planta, teniendo en cuenta factores como limitación de espacio, flujo de materiales, contaminación entre materiales, entre otros. Los resultados obtenidos fue una mejor utilización del espacio, una reducción del tiempo de ciclo en, un aumento en la productividad y en el rendimiento operativo.

Palabras claves: Residuos agroindustriales, empaques ecológicos, productividad, distribución de planta, capacidad productiva.

Abstract

Due to climate change and environmental footprint, sustainable consumption is becoming more present against conventional industries, giving way to new green businesses. In this project a proposal to reevaluate raw material transformation process was made at a factory that manufactures ecological packages, which due to COVID-19 pandemic, centralized its operations at a new factory. Therefore, through a dryer prototype designed to mitigate the bottleneck, and a factory layout proposal, productive yield and productivity were improved, making a better use of space and the cycle time was reduced. These aspects were validated using simulation.

First, justification and context were made according to the business case, utilization of materials, the stakeholders and their requirements. Then, through the recollection data plan, THE FACTORY's current situation was characterized, with the aim of measuring key performance indicators and search for improvement opportunities. Moreover, the production process bottleneck was identified and, through an exploration of alternatives, a dryer was selected to mitigate the dependency on weather factors, as a means to improve the production yield.

Furthermore, taking advantage of a machine's residual heat, a drying system was designed to reduce its correspondent fraction of time. On the other hand, a new layout was proposed, considering factors such as space limitation, material flow, cross-contamination between materials, among others. Results show a better use of space, a reduction in the cycle time, and better productivity and production yield.

Key words: Agro-industrial waste, ecological packages, productivity, layout planning, production yield.

Tabla de contenido

I.	PROJECT CHARTER	3
II.	DEFINIR	5
A.	Contexto y Justificación	5
B.	Grupos de interés	7
C.	Requerimientos	8
III.	MEDIR	10
A.	Plan de recolección de datos	10
B.	Medición del sistema actual	10
IV.	ANALIZAR	18
A.	Análisis de Causas	18
B.	Revisión de literatura	21
C.	Exploración de ideas y selección de alternativa	23
D.	Objetivos.....	25
E.	Plan de Trabajo (PdT)	26
V.	MEJORAR.....	27
A.	Desarrollo del diseño de la solución.....	27
B.	Validación y diseño propuesto	30
VI.	CONTROLAR	33
A.	Medición de los impactos.....	33
B.	Estandarización de la solución – POE’s (plan de control).....	34
C.	Conclusiones.....	36
D.	Recomendaciones	37
VII.	GLOSARIO	38
VIII.	REFERENCIAS.....	40
IX.	ANEXOS	41

Índice de Tablas

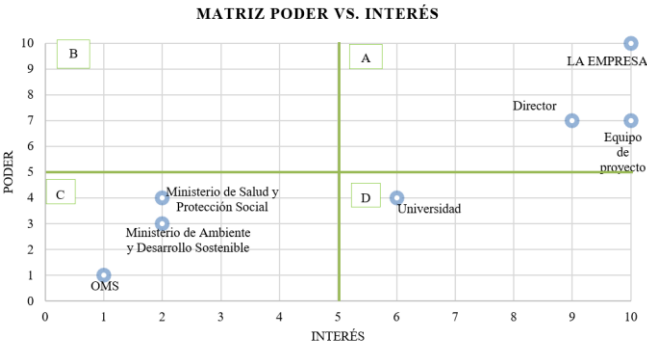
TABLA I	7
TABLA II	8
TABLA III.....	10
TABLA IV	18
TABLA V	21
TABLA VI	24
TABLA VII.....	25
TABLA VIII.....	26
TABLA IX	31
TABLA X.....	32
TABLA XI	33
TABLA XII.....	34

TABLA XIII.....	37
TABLA XIV	41

Índice de Figuras

Fig. 1. Gráfico circular de residuos convencionales dispuestos por la industria, por tipo de residuo. Modificado de [8].	6
Fig. 2. Gráfico de barras de costos totales de residuos, por región. Modificado de [8].	6
Fig. 3. Gráfico de matriz poder/interés para grupos de interés.	8
Fig. 4. Modelo de la distribución de planta actual.	11
Fig. 5. Diagrama SIPOC del proceso de transformación de materia prima.	11
Fig. 6. Diagrama analítico de flujo del proceso de transformación de materia prima.	13
Fig. 7. Serie de tiempo del ciclo de transformación de materia prima.	14
Fig. 8. Diagrama de bloques del proceso de transformación de materia prima.	15
Fig. 9. Diagrama de flujo de secado.	16
Fig. 10. Diagrama de flujo de pasteurización.	17
Fig. 11. Diagrama de Pareto de las operaciones principales del proceso de transformación de materia prima.	19
Fig. 12. Diagrama de Ishikawa.	20
Fig. 13. Tipos de secadores según sus características. Modificado de [16].	23
Fig. 14. Diseño propuesto de aprovechamiento de calor residual de la marmita.	27
Fig. 15. Detalles de la propuesta de diseño.	28
Fig. 16. Distribución de planta propuesta.	29
Fig. 17. Fracción de tiempo antes vs después.	32

I. PROJECT CHARTER

Descripción (<i>Business case</i>)	Planteamiento del problema (<i>Problem statement</i>)		
<p>LA EMPRESA es una manufacturera privada del sector de embalajes ubicada en la ciudad de Cali, la cual elabora empaques ecológicos y/o germinables.</p> <p>Según los datos recolectados durante el primer semestre del año 2021, esta cuenta con una productividad de 0,97 kg/h y la capacidad se ve condicionada por la operación de secado, la cual es de 1,55 kg/h. Por último, esta representa el 88,43% del tiempo del proceso de transformación de materia prima.</p>	<p>Las actividades realizadas en proceso productivo no están parametrizadas y se realizan a criterio del operario. Por otra parte, se suspendió la mayoría de los procesos tercerizados debido a la emergencia sanitaria, centralizando las operaciones en la planta principal, contribuyendo a tiempos de ciclo de 15 días.</p> <p>Las operaciones están aglomeradas en una sola área de trabajo y hay una alta cantidad de inventario en proceso. Adicionalmente, LA EMPRESA se mudó a una nueva planta, en donde se han distribuido los componentes y zonas de arrume por todo el espacio sin seguir un orden.</p>		
Impacto de los actores (<i>Stakeholder's business needs</i>)	Restricciones	Especificaciones	Marco legal
	<ul style="list-style-type: none"> - Restricciones de viabilidad económica y de espacio. - La diferencia en los horarios de los integrantes no permite realizar reuniones fácilmente. - Falta de conocimiento en los temas requeridos. - Baja disponibilidad de tiempo por deberes en los demás cursos y otras actividades. - Revisar 	<ul style="list-style-type: none"> - Soluciones sostenibles y de poco consumo energético. - La mayoría de los procesos de producción se deben realizar localmente. - Trabajo en equipo y cumplimiento en horarios estipulados para realizar el proyecto. - Para el correcto diseño de la propuesta se requiere información concreta de LA EMPRESA. - Acompañamiento, asesoría, diagnóstico y validación sobre la propuesta de 	<ul style="list-style-type: none"> - Acuerdos de confidencialidad con LA EMPRESA. - Cumplir con los plazos de entrega y la normativa de la universidad. - Resolución 0000834 - 2013 - Resolución 683 - 2012 - Acatar indicaciones y protocolos con relación a la pandemia. - NTC 5517 - Resolución 1407 - 2018 - Ley 373 de 1997 - Decreto 1575 2017

	nuevamente el material si es necesario en horarios extras. Manejo de personas, espacio y equipos debido a la situación sanitaria del SARS Covid-19.	redistribución de planta. Proyecto de diseño enfocado en el diseño del sistema de producción y una propuesta de rediseño de planta. Adoptar medidas necesarias para la protección de la salud y vida de las personas. Acatar las políticas que favorecen el mejoramiento de la calidad ambiental en el ámbito productivo del sector. Consumo de uso eficiente y ahorro de agua. No deben existir vertimientos contaminantes en el proceso. Considerar el protocolo de bioseguridad.	Resolución 0631 2015 ISO 14001 del 2015 Cumplir con los protocolos de bioseguridad.
--	--	---	---

Indicadores de Desempeño (KPI's)

Variable	Actualidad	Meta
Tiempo de secado	0,8823	0,7823
Capacidad productiva	1,55 kg/h	1,705 kg/h
Productividad	20,70 %	23,80%
Tiempo de proceso	217,1263 h	195,41 h
Utilización del espacio total	22,51%	
Utilización de zona administrativa	13,82%	
Utilización de zona operativa seca	28,06%	
Utilización de zona operativa húmeda	40,75%	

Tener control sobre la utilización de los espacios, considerando los necesarios para una mejor circulación del materia y personal.

Objetivo general (Goal statement)

Diseñar una propuesta de mejoramiento en el proceso de transformación de materia prima en una empresa de empaques ecológicos con el fin de aumentar la capacidad de producción.

Objetivos específicos (Project scope)

1. Caracterizar el proceso de transformación de materia prima en LA EMPRESA mediante herramientas de ingeniería industrial.
2. Medir las variables críticas asociadas al proceso de transformación de materia prima para identificar el cuello de botella.
3. Diseñar un método que corrija el cuello de botella del proceso de transformación de la materia prima.
4. Redistribuir la configuración de la nueva planta teniendo en cuenta las variables críticas del sistema de producción.
5. Validar el diseño del proceso mediante el uso de herramientas computacionales, indicadores de gestión y estadísticas.

Plan de Trabajo (Project Plan)

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Área IISE
Entrevistar a los operarios y dueños de LA EMPRESA.	13/12/2020	19/12/2020	1.Work Design and Measurement
Describir el proceso actual de transformación de materia prima.	19/12/2020	21/12/2020	11. Information Engineering
Medir las operaciones principales del proceso para reemplazar datos estimados.	21/12/2020	11/01/2021	1.Work Design and Measurement
Analizar los datos de tiempos de operaciones principales, tiempo de ciclo y variables influyentes en la operación de secado.	11/01/2021	18/01/2021	5.Quality & Reliability Engineering
Analizar las causas que impiden el aumento de la capacidad y productividad.	18/01/2021	25/01/2021	
Identificar las posibles alternativas de solución.	25/01/2021	27/01/2021	2.Operations Research and

Equipo de trabajo (Team members)

Nombre	Rol
Luisa María Arias Duque	Harmonizer - Initiator
Felipe Gómez Berón	Gatekeeper
Juan Pablo Orozco Mejía	Encourager
Viviana Andrea Pantoja Giraldo	Observer - Evaluator
Héctor Fabio Bonilla Londoño	Director

Elegir la mejor alternativa para el diseño.	27/01/2021	01/02/2021	Analysis
Diseñar prueba piloto de la alternativa	01/02/2021	17/02/2021	12.2 Systems design & Engineering
Planear junto con los interesados escenarios de pruebas del modelo.	17/02/2021	24/02/2021	9.Engineering Management
Simular los escenarios de prueba.	24/02/2021	15/03/2021	2.Operations Research and Analysis
Medir el espacio de la planta y de las máquinas.	15/03/2021	19/03/2021	4.Facilities Engineering and Energy Management.
Diseñar el plano actual de LA EMPRESA.	19/03/2021	25/03/2021	
Determinar y analizar el espacio requerido en relación con el espacio disponible.	25/03/2021	29/03/2021	
Determinar la relación entre las áreas de las actividades.	29/03/2021	12/04/2021	
Diseñar el prototipo de distribución de planta.	12/04/2021	19/04/2021	
Simular la propuesta.	19/04/2021	28/04/2021	2.Operations Research and Analysis
Comparar modelo actual con modelo propuesto.	28/04/2021	05/05/2021	5.Quality & Reliability Engineering
Diseñar el manual de la propuesta planteada.	05/05/2021	25/05/2021	12.1Product design and development

II. DEFINIR

A. Contexto y Justificación

En las industrias manufactureras, además de producir bienes para la sociedad, también se generan residuos no aprovechables dentro de la cadena de producción [1]. Sin embargo, respecto a la *agroindustria*, se fomenta el desarrollo económico, social y ambiental, manteniendo el equilibrio entre la actividad productiva y la protección del medio ambiente a lo largo de la cadena de valor [2]. Por otra parte, gracias a la concientización sobre el deterioro y explotación de los recursos naturales, surge el mercado verde, que impulsa el desarrollo hacia las empresas responsables frente a la contaminación del planeta [3]. Estas pertenecen a las industrias verdes, que producen bienes a partir de residuos para reducir la *huella ambiental* e innovar frente a las industrias existentes.

En Colombia se generan aproximadamente 11,6 millones de toneladas de residuos sólidos, de estos, cerca del 40% podrían aprovecharse [4], sin embargo, sólo se recicla alrededor de 17% [5]. Esta cantidad de material se puede reprocesar implementando tecnologías y/o consumo consciente para disminuir la huella ambiental. Aquí las industrias ecológicas ofrecen alternativas para que los productos de consumo no sean “de único uso”, extendiendo su utilidad en cualidades germinables, reutilizables, comestibles, entre otras. De esta manera, se ofrecen bienes con un mayor valor agregado que contribuyen a la *economía circular*, fomentando la *innovación* dentro de las industrias verdes sin comprometer el medio ambiente.

El auge de las empresas verdes en el sector de embalajes tiene una competencia directa con la industria petrolera, que es responsable de producir artículos de único uso. El problema yace en que la mayoría de los emprendimientos no tienen suficiente avance tecnológico, contando con producciones semi industriales o artesanales, por tanto, una baja capacidad productiva. El desarrollo del proyecto está enfocado en el sector de empaques biodegradables que, a diferencia de los embalajes convencionales derivados del petróleo, las materias primas son residuos agrícolas. Dicho sector pertenece a la *agroindustria*. De esta manera, esta propuesta es aplicable a toda empresa manufacturera del mercado ecológico.

La empresa en cuestión es una productora de embalajes ecológicos, cuya materia prima es la corona de la piña y como material de refuerzo, papel reciclado. Además, cuentan con una línea de artículos germinables, en donde se incorporan semillas de diferentes tipos de plantas. LA EMPRESA actualmente cuenta con una producción semi industrial de aproximadamente 2000 kg/mes de cartones germinables, sin embargo, el método de producción es a criterio del operario, sin llevar a cabo un estándar o parámetro establecido. Adicionalmente, se suspendió el proceso de secado de manera tercerizada, centralizándose en la planta principal debido a la emergencia sanitaria por el *Covid-19*. Por tanto, LA EMPRESA no ha logrado alcanzar sus niveles productivos anteriores al confinamiento, afectando su crecimiento dentro del mercado de empaques y, dada la falta de

procedimientos de operación, dificultades en la ejecución e identificación de oportunidades de mejora. Adicionalmente, se trasladaron a una nueva planta, en donde no se está aprovechado el espacio adecuadamente; no hay zonas definidas para los inventarios de producto en proceso, y las áreas operativas están muy próximas. Esto representa una oportunidad, pues mediante una propuesta enfocada en la producción y diseño de planta, se puede aumentar la capacidad y la productividad.

En los últimos años ha aumentado el interés en el aprovechamiento de diferentes residuos orgánicos, debido a su bajo costo y alta disponibilidad, en respuesta a reducir el impacto ambiental causado por la disposición de los mismos [6]. Colombia, entre otros países genera residuos en su mayoría agrícolas dada la alta actividad económica en dicho sector, produciendo alrededor de 14 974 807 ton/año de bienes y generando 71 943 813 ton/año de desechos que en su mayoría no son aprovechados [7]. Así mismo, la Fig. 1. muestra que estos últimos son aproximadamente la mitad de los generados en Colombia.

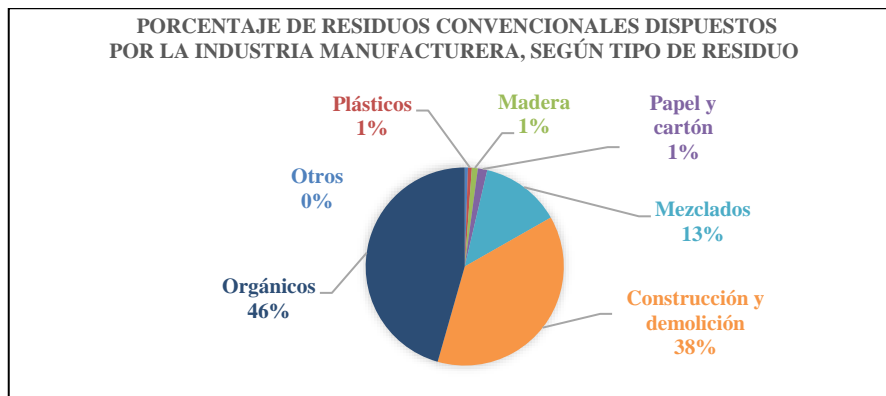


Fig. 1. Gráfico circular de residuos convencionales dispuestos por la industria, por tipo de residuo. Modificado de [8].

Respecto a LA EMPRESA, la materia prima de sus empaques está compuesta por fibras naturales de la corona de la piña, suministrada en su gran mayoría por agricultores alrededor del Valle del Cauca. Debido al alto porcentaje de residuos orgánicos a nivel territorial, su baja productividad no se debe a la disponibilidad de materias primas, por el contrario, la situación actual parte de la manera como se elaboran los productos.

En cuanto a los costos generados por residuos convencionales, la Fig. 2. muestra que la región Pacífica (la cual comprende los departamentos del Cauca, Chocó, Nariño y Valle del Cauca) tuvo el mayor valor en el año 2018 [8]. Desde un punto de vista financiero, si se aprovecharan los residuos, reintegrándolos en una nueva cadena de valor, se podrían disminuir dichos costos. De esta manera, funcionan las industrias verdes: prolongan la vida útil de los residuos generados para producir nuevos artículos con un mayor valor agregado.

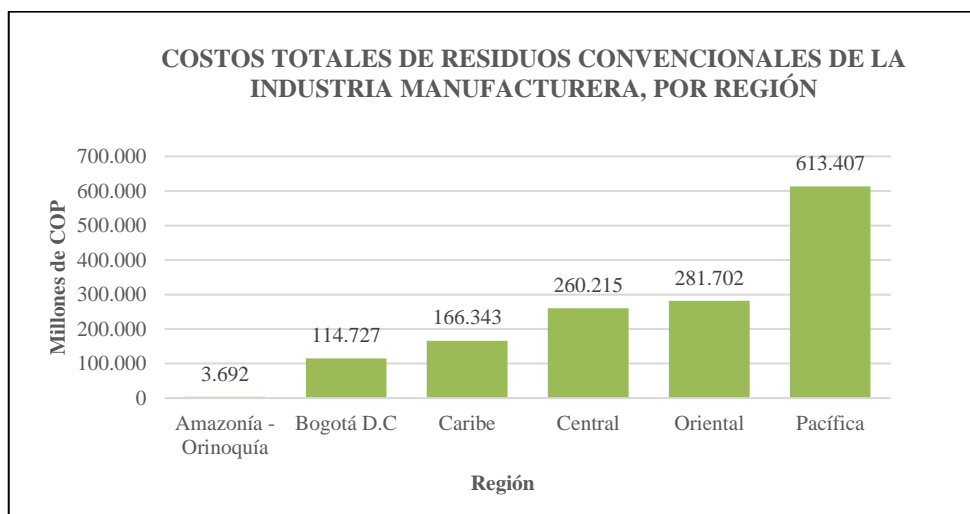


Fig. 2. Gráfico de barras de costos totales de residuos, por región. Modificado de [8].

Las empresas de empaques y suministros biodegradables se enfrentan a grandes retos, debido a que es un sector que lleva poco tiempo en el mercado, careciendo de desarrollo tecnológico e industrial. Por tanto, se realizó una propuesta enfocada en el proceso productivo, concretamente en la línea de productos germinables, mediante retos estratégicos para analizar las operaciones con oportunidades de mejora. De esta manera, se mejoró el funcionamiento de LA EMPRESA a nivel operativo. Para ello, el equipo aplicó conocimientos de gestión de operaciones, simulación de sistemas productivos, distribución de plantas, ingeniería de métodos, entre otras. Al obtener la propuesta planteada, los resultados se validaron y contrastaron para verificar el impacto de esta en LA EMPRESA.

B. Grupos de interés

Los grupos de interés, partes interesadas o *Stakeholders* (traducido al inglés) son los individuos u organizaciones que se ven impactados de manera positiva o negativa por el proyecto. Estos pueden influir en las acciones a realizar, afectando el desarrollo de este. Por lo tanto, se busca un punto en común entre sus expectativas con los intereses y objetivos propios del proyecto. Estos se clasificaron de acuerdo con la matriz Poder/Interés, estableciendo su influencia para la toma de decisiones y su grado de interés [9]. La TABLA I presenta la descripción y expectativas de las partes interesadas, junto con la ponderación de 1 a 10 para construir la matriz. La ponderación implica que: de 0 a 5 se establece como una calificación baja y de 6 a 10 como una calificación alta.

TABLA I
GRUPOS DE INTERÉS

Núm.	Grupos de interés	Descripción	Expectativas	Poder	Interés
1	LA EMPRESA	Organización donde se implementará el proyecto en cuestión.	Mejorar las condiciones actuales del proceso de producción.	10	10
2	Equipo de proyecto	Estudiantes encargados de realizar el proyecto.	Realizar un proyecto viable para LA EMPRESA, con una correcta elaboración de este, bajo las normas y estándares establecidas por el curso.	7	10
3	Director	Profesor encargado de direccionar el proyecto.	Realizar un proyecto viable para LA EMPRESA con todas las medidas y conocimientos necesarios para cumplir exitosamente.	7	9
4	Universidad	Institución que brinda conocimiento para la realización del proyecto y responsable legalmente de este.	Obtener un proyecto de alta calidad.	4	6
5	Ministerio de Salud y Protección Social	Entidad gubernamental que busca conservar la salud y cuidado de un individuo o colectivos.	Sostener las buenas prácticas que fomenten el bienestar del personal y usuarios de los productos.	4	2
6	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Entidad gubernamental encargada de las normativas ambientales y sostenibles.	Aportar al medio ambiente con propuestas que fomenten la sostenibilidad y cuidado de este.	3	2
7	OMS	Organización Mundial de la Salud, encargada de la promoción y prevención a nivel mundial de la salud.	Realizar un adecuado uso de las políticas de prevención de enfermedades.	1	1

A partir de la ponderación obtenida, se realizó la matriz de Poder/Interés para clasificar a los interesados y establecer la relación que se debe administrar con ellos. La Fig. 3. representa esta clasificación en el siguiente orden:

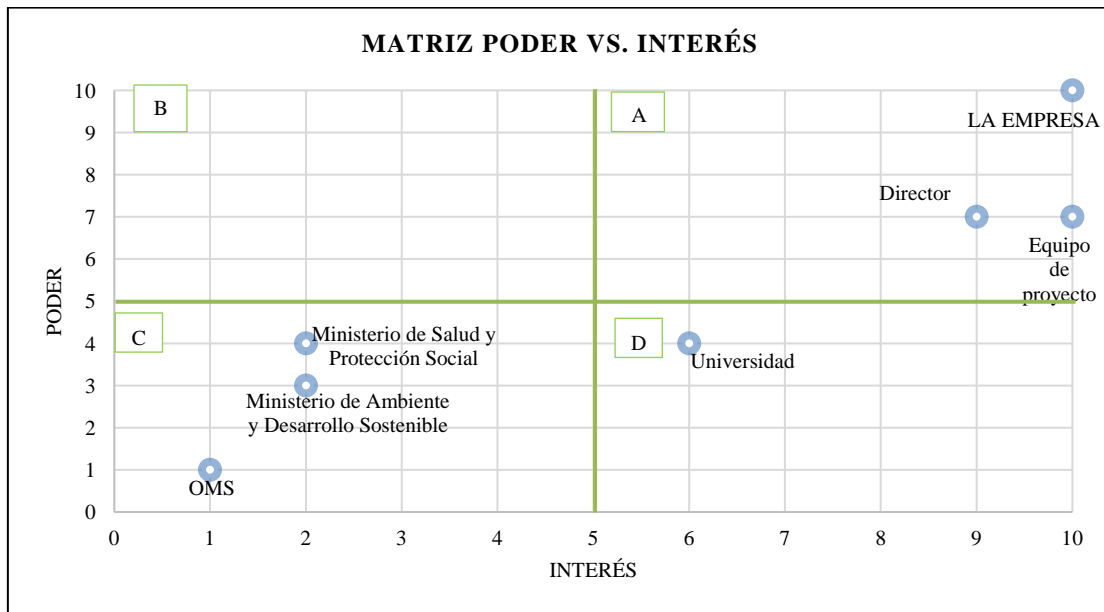


Fig. 3. Gráfico de matriz poder/interés para grupos de interés.

Según la Fig. 3., se evidencia que las expectativas de los grupos del cuadrante **A** deben ser atendidas de manera oportuna y con prioridad, pues son los más involucrados e impactados en el desarrollo del proyecto. Del cuadrante **D**, se debe valorar la información del *stakeholder* y realizar continuos reportes, porque, aunque su poder es bajo, son de gran ayuda e influyen en las decisiones y en los demás grupos, debido a su alto interés [9]. Finalmente, el cuadrante **C** acoge los entes gubernamentales, que son aquellos que fijan parámetros para el avance del proyecto.

C. Requerimientos

Los requerimientos son los resultados esperados del proyecto a desarrollar que dan solución o alternativas de mejora a las necesidades y expectativas. Cada grupo de interés expuso qué pretende obtener luego del desarrollo, que se clasifica como voz del cliente y luego se fijan las limitaciones para tener en cuenta. De esta manera, se logró estructurar el proyecto para el cumplimiento de sus objetivos.

En la TABLA II se encuentra la información necesaria para identificar los requisitos (organizados según su prioridad) como son: restricciones de diseño, especificaciones y normatividad vigente. Estos fueron obtenidos a través de las reuniones con los dueños de LA EMPRESA.

TABLA II
REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS DE INTERÉS

GRUPOS DE INTERÉS	VoC (REQUISITOS GRUPOS DE INTERÉS)	RESTRICCIONES DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	LEYES, NORMAS Y ESTÁNDARES	
				Legislación y Requisitos Aplicables	Importancia o Efecto
LA EMPRESA	Aumentar la capacidad de producción para la etapa de transformación de materia prima para productos germinables.	Baja disponibilidad de recursos financieros.	Soluciones sostenibles y de poco consumo energético.	N.A.	
		Sin aumentar la contratación de operarios adicionales.			
	Propuesta de distribución de planta para la etapa de transformación de materia prima para productos germinables.	Limitación del área de expansión.	Se tendrá en cuenta el cambio de la localidad de la planta.	N.A.	

GRUPOS DE INTERÉS	VoC (REQUISITOS GRUPOS DE INTERÉS)	RESTRICCIONES DE DISEÑO	ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	LEYES, NORMAS Y ESTÁNDARES		
				Legislación y Requisitos Aplicables	Importancia o Efecto	
	Reducir dependencia de los procesos de secado.	Restricciones de viabilidad económica y de espacio.	La mayoría de los procesos de producción se deben realizar localmente.	N.A.		
Equipo de proyecto	Cumplimiento de tiempo, dedicación y compromiso por parte de los integrantes del equipo.	La diferencia en los horarios de los integrantes no permite realizar reuniones fácilmente.	Trabajo en equipo y cumplimiento en horarios estipulados para realizar el proyecto.	Acuerdos de confidencialidad con LA EMPRESA.	Realizar un cambio del sistema de producción, cumpliendo satisfactoriamente los acuerdos de LA EMPRESA.	
	Documentación continua sobre los temas del proyecto.	Falta de conocimiento en los temas requeridos.	Para el correcto diseño de la propuesta se requiere información concreta de LA EMPRESA.			
Director	Cumplir con los entregables del documento a lo largo del semestre.	Baja disponibilidad de tiempo por deberes en los demás cursos y otras actividades.	Acompañamiento, asesoría, diagnóstico y validación sobre la propuesta de redistribución de planta.	N.A.		
Universidad	Realizar el trabajo bajo los objetivos establecidos en el Proyecto de Diseño.	Revisar nuevamente el material si es necesario en horarios extras.	Proyecto de diseño enfocado en el sistema de producción y una propuesta de rediseño de planta.	Cumplir con los plazos de entrega y con la normativa de la universidad.	Cumplimiento en tiempo y forma de los entregables y el documento final del proyecto.	
Mín. de Salud y Protección social	Cumplir las normativas vigentes relacionadas.	N.A.	Adoptar medidas necesarias para la protección de la salud y vida de las personas.	Resolución 0000834 - 2013	Cumplir las normas de la entidad relacionada al uso y aprovechamiento de los recursos renovables; acatar las políticas que favorecen el mejoramiento de la calidad ambiental en el ámbito productivo o del sector.	
				Resolución 683 – 2012		
Acatar indicaciones y protocolos con relación a la pandemia.						
NTC 5517						
Mín. De Ambiente y Desarrollo sostenible	Cumplir las normativas vigentes relacionadas.	N.A.	Acatar las políticas que favorecen el mejoramiento de la calidad ambiental en el ámbito productivo del sector.	Resolución 1407 – 2018		
				Consumo de uso eficiente y ahorro de agua.	Ley 373 de 1997	
					Decreto 1575 2017	
				No deben existir vertimientos contaminantes en el proceso.	Resolución 0631 2015	
OMS	Cumplimiento de las recomendaciones realizadas dada la contingencia del Covid-19.	Manejo de personas, espacio y equipos debido a la situación mundial del Covid-19.	Considerar los protocolos de bioseguridad.	Cumplir con los protocolos de bioseguridad.		

La normativa legal vigente como leyes, resoluciones y normas técnicas colombianas que influyen o influirán en desarrollo del proyecto corresponde a:

Resolución 0000834 – 2013: Establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos celulósicos y sus aditivos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano [10].

Resolución 683 – 2012: Se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano [11].

NTC 5517: Reglamenta las etiquetas ambientales tipo I dando lugar al sello ambiental colombiano, los cuales pretenden comunicar información verificable y exacta de los aspectos ambientales de los productos. Establece los criterios ambientales para embalajes, empaques, cordeles, hilos, sogas y telas de fibras de fique [12].

Resolución 1407 – 2018: Se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones [13].

III. MEDIR

A. Plan de recolección de datos

Para conocer el estado actual de LA EMPRESA, se utilizó como herramienta el plan de recolección de datos [ver Anexo 1], donde a partir de los requerimientos de los grupos de interés, se identifican diferentes variables que tienen influencia directa sobre el proceso, tales como capacidad, tiempo de ciclo, porcentaje de utilización de espacio, entre otras. Para ello, se realizaron visitas industriales durante el primer semestre del año 2021, donde se registraron datos de estudio de tiempos, medidas de la distribución de planta actual y uso de maquinaria, debido a que estas variables están asociadas al estudio del sistema productivo. Para registrar la información, se utilizaron herramientas como el cronómetro digital incorporado en los celulares y una cinta métrica.

El ciclo productivo toma alrededor de 15 días, lo que implicó tomar sólo datos representativos durante dicho lapso de estudio. Además, se llevaron a cabo entrevistas a los gerentes y operarios, al igual que a una estudiante en práctica de tecnologías en control ambiental del SENA, con el fin de obtener información necesaria para el desarrollo del proyecto. Con base en los datos recolectados, la TABLA III lista los indicadores que representan la situación actual de LA EMPRESA:

TABLA III
INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Tiempo de secado	Estimar el tiempo de secado que corresponde a la porción de tiempo más grande dentro del proceso.	Fracción del tiempo que corresponde al secado en el tiempo de ciclo. Es el porcentaje de tiempo requerido para que la cantidad de agua en el cartón germinable sea mínima, donde "j" es cada observación realizada.	Fracción de $T_{\text{secado}} = \frac{T_{\text{secado } j}}{T_{\text{ciclo}}}$
Capacidad productiva	Estimar la capacidad operacional del proceso para caracterizar el sistema.	Permite determinar el rendimiento de producción en la operación "i" del proceso de transformación de materia prima.	$\text{Rendimiento}_i = \frac{\text{Cantidad procesada}}{\text{Tiempo empleado}}$
Productividad	Estimar el estado actual del sistema productivo de la transformación de materia prima.	Razón entre la carga a transportar y el esfuerzo de carga.	"Carga - Distancia" = $\frac{\text{Carga}}{\text{Carga} * \text{Distancia}}$
Tiempo de proceso	Estimar el tiempo de ciclo de transformación de materia prima y encontrar los posibles cuellos de botella.	Magnitud para medir la duración o secuencia del proceso de transformación de materia prima en cartón germinable.	$T_t = \sum_i \text{tiempo de operación}_i$ Para todo tiempo "i" que esté involucrado en la elaboración de cartón germinable.
Utilización del espacio	Estimar la relación entre los recursos y el espacio disponible dentro de la distribución de planta actual.	Fracción de espacio utilizado respecto al disponible.	$\% \text{ utilización}_{\text{espacio}} = \frac{\text{Espacio de uso}}{\text{Espacio disponible}} * 100$

B. Medición del sistema actual

Para la medición del estado actual del proceso se utilizaron herramientas como: diagrama analítico, diagrama SIPOC, diagrama de flujo y diagrama de bloques, que permitieron analizar las características más relevantes en la elaboración de productos germinables. Según los requerimientos de LA EMPRESA, el alcance del proyecto está enfocado en la etapa de transformación de materia prima, concretamente en la elaboración del cartón germinable hasta el almacenamiento de formatos secos, donde se alistan para ser tercerizados, posterior a ello, el producto intermedio está en su etapa final para ser terminado y ofrecido sus clientes. A continuación, se presenta la información desde el proceso general hasta los escenarios específicos, explorando de manera interna el cuello de botella, los puntos críticos y de control, para evidenciar las variables que se establecen en el plan de recolección de datos.

Iniciando con la distribución de planta, se realizaron las mediciones del espacio para conocer su estado actual. Con este insumo se levantó el plano del área actual a escala, sin incluir con detalles las normas y medidas de seguridad industrial [ver Anexo 2 y 3]. Se determinó que hay alrededor de un 78% de espacio total no utilizado en LA EMPRESA. Sin embargo, al enfatizar la planta por componentes, esta se divide en un área administrativa y en dos operativas, seca y húmeda. El espacio utilizado en estas es de 13,82%, 28,06% 40,75%, respectivamente [ver Anexo 4]. En la Fig. 4. se muestra la configuración actual:

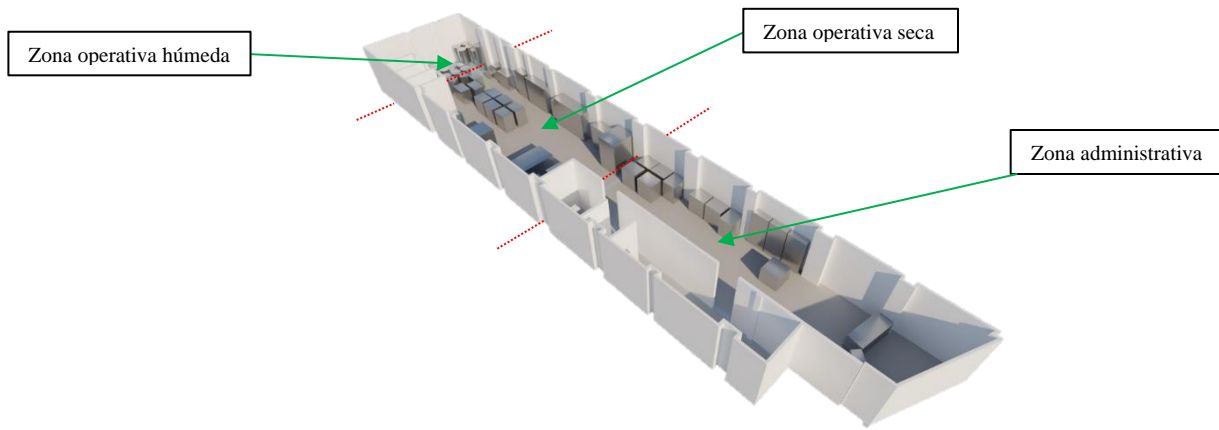


Fig. 4. Modelo de la distribución de planta actual.

Adicionalmente, el almacenamiento del producto en proceso y terminado se distribuye por toda la instalación; la zona operativa húmeda cuenta con pasillos reducidos, y se sitúa debajo del área de secado. En cuanto al tipo de distribución de planta, LA EMPRESA dispone sus actividades “por producto”, donde todo el trabajo y recursos involucrados en el proceso se realizan de manera secuencial. Por otra parte, los espacios no están delimitados y las zonas de arrume no son fijas.

Consecuentemente, para conocer las actividades involucradas, la Fig. 5 indica el diagrama SIPOC, donde se da una descripción detallada del proceso de transformación de materia prima, visualizando a los proveedores, entradas y salidas de este:

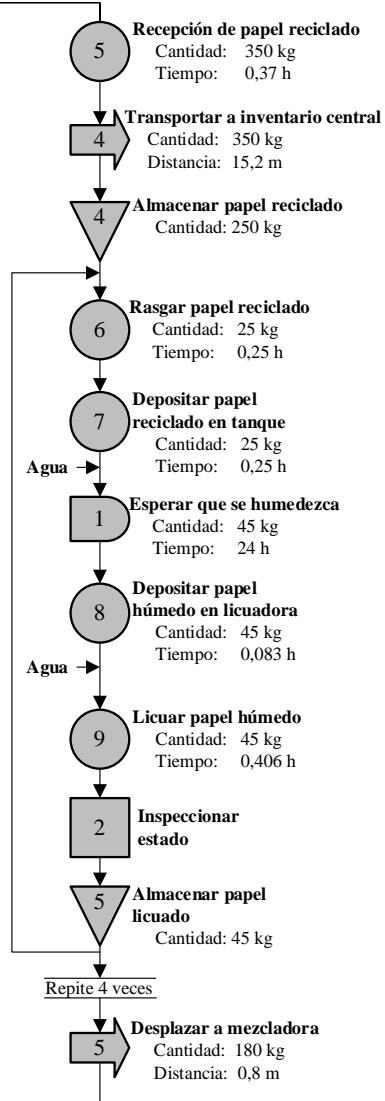
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS	CLIENTES
Agricultores, proveedor de servicios públicos	Corona de la piña, balanza y mano de obra.	Recepción de materia prima	Materia prima clasificada, pesada y registrada	Trituradora
Inventario de la materia prima, proveedor de servicios públicos	Materia prima clasificada, energía y mano de obra	Trituración	Materia prima triturada.	Pasteurizado
Trituradora, proveedor de servicios públicos	Materia prima triturada, soda cáustica, agua, gas y mano de obra	Pasteurización	Materia prima pasteurizada.	Mezclador
Marmita, proveedor de servicios públicos	Materia prima pasteurizada, cartón reciclado licuado, agua, energía, mano de obra y ácido acético.	Mezclado	Material de moldeo, agua.	Moldeo
Mezclador, proveedor de servicios públicos	Material de moldeo, agua, moldes, tela industrial, mano de obra.	Moldeo	Cartones húmedos	Zona de secado
Inventario de cartón húmedo.	Cartón húmedo y mano de obra.	Secado	Cartón germinable seco con forma desigual, agua.	Presadora
Zona de secado	Cartón germinable seco y mano de obra	Prensado	Cartón germinable plano	Proceso tercerizado

Fig. 5. Diagrama SIPOC del proceso de transformación de materia prima.

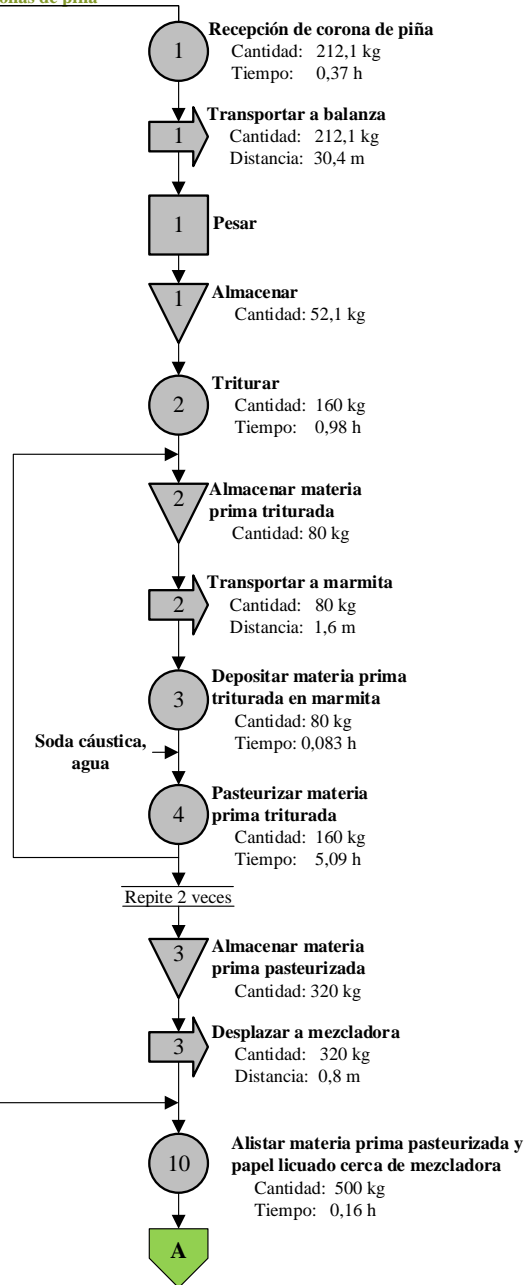
Por otro lado, la Fig. 6 muestra el diagrama de flujo analítico del proceso de elaboración de productos germinables. En este se describen las operaciones, cantidad, tiempo y distancia empleados para cada actividad:

Diagrama analítico del proceso de transformación de materia prima				
Objeto:	Cartón germinable	Resumen		
Actividad:	Elaboración de cartón germinable	Actividad	Símbolo	Número
Fecha:	01 de abril de 2021	Operación*	●	19
Método:	Actual	Inspección	■	3
Lugar:	LA EMPRESA	Demora/Espera	◐	2
Operarios:	Felipe y Carlos	Transporte	➡	9
Elaborado por:	Wolf P4ck	Tercerizar	▲	1
		Almacenamiento	▼	9

Proceso de transformación de papel reciclado



Proceso de transformación de coronas de piña



Los eventos involucrados indican que el sistema es de tipo *make to order*. Además, el flujo en sus operaciones es discontinuo. Esto evidencia que las actividades están en su mayoría condicionadas por inspecciones, desplazamientos y esperas antes de avanzar. Las cantidades manipuladas de materia prima varían de acuerdo con la capacidad de las máquinas y, en caso de excedentes, permanecerán en cola. Debido a lo anterior, las esperas implicadas son propias del proceso. Sin embargo, el flujo con mayores operaciones secuenciales corresponde al lapso desde el licuado hasta el secado de cartones, pues según la distribución de la planta actual [ver Anexo 2], dichas actividades tienen alta cercanía. Cabe resaltar que las operaciones medidas en el diagrama analítico se realizaron en diferentes periodos, en donde varias de ellas se demoran hasta un día en ser ejecutadas, antes de continuar en el flujo. Si exceden la jornada laboral, se retoman al día siguiente.

Dado el alcance del proyecto, se hace énfasis en el lapso correspondiente a la elaboración de cartón germinable, siendo este un producto en proceso, más no uno terminado. Los datos fueron recolectados a lo largo de las visitas industriales por medio de entrevistas con la practicante del SENA y los operarios en planta [ver y 6]. En la Fig. 7. se presenta la evolución del tiempo que implica cada actividad para completar un ciclo de elaboración de cartones [ver Anexo 7, Hoja: “Tiempo de ciclo”].

En ella se observa la acumulación del tiempo empleado en las operaciones críticas, dentro de una jornada de 7,5 h y excluyendo tiempos suplementarios. Se evidencia un salto pronunciado entre “montado” y “secado”, debido a que los cartones se sujetan en ganchos utilizando pinzas, y se suspenden en cables para tendido, imitando el proceso de secar ropa al aire. Las operaciones restantes requieren un menor tiempo, el secado depende netamente de las condiciones climáticas, y este puede tener variaciones. Según los operarios, si el clima está soleado, el secado toma cinco días; si hay precipitaciones, puede tomarse hasta ocho días. Sin embargo, teniendo en cuenta la temporada de lluvias del primer semestre del año 2021, los cartones llegaron a requerir hasta 14 días para estar libres de humedad.



Fig. 7. Serie de tiempo del ciclo de transformación de materia prima.

Se identifica una oportunidad de mejora, pues se deben buscar alternativas para aumentar la velocidad de secado sin depender de las condiciones climáticas. Esto resulta en una producción discontinua. La cantidad de materia prima que se procesa en esta operación incide en los tiempos de espera de las actividades posteriores, y aumenta el inventario en cola de las operaciones anteriores.

Para la medición de la productividad, se utilizó el método de Carga-Distancia para determinar el esfuerzo implicado para transportar el flujo de materiales. Este indicador se escogió con base en los requerimientos de LA EMPRESA, para evaluar la productividad desde el flujo de materiales y cómo se afecta a partir de una distribución de planta. Actualmente se cargan 5734,16 kg de materia prima durante todo su proceso de transformación, implicando un esfuerzo de carga de 27 669,68 kg*m. Como resultado, se obtuvo una productividad de aproximadamente 20,7% [ver Anexo 8. Hoja: “Productividad carga-distancia A”].

En cuanto a aspectos cuantitativos, la Fig. 8. describe mediante un diagrama de bloques el flujo del material, rendimiento, tiempo e inventarios en proceso y en cola de cada actividad, donde “I”, “T” y “R” corresponden al inventario, tiempo y

rendimiento, respectivamente. Los datos fueron calculados a partir de registros tomados durante las visitas [ver Anexo 7, Hoja: “Proceso de transformación” y Anexo 9, Hoja: “Capacidad productiva”].

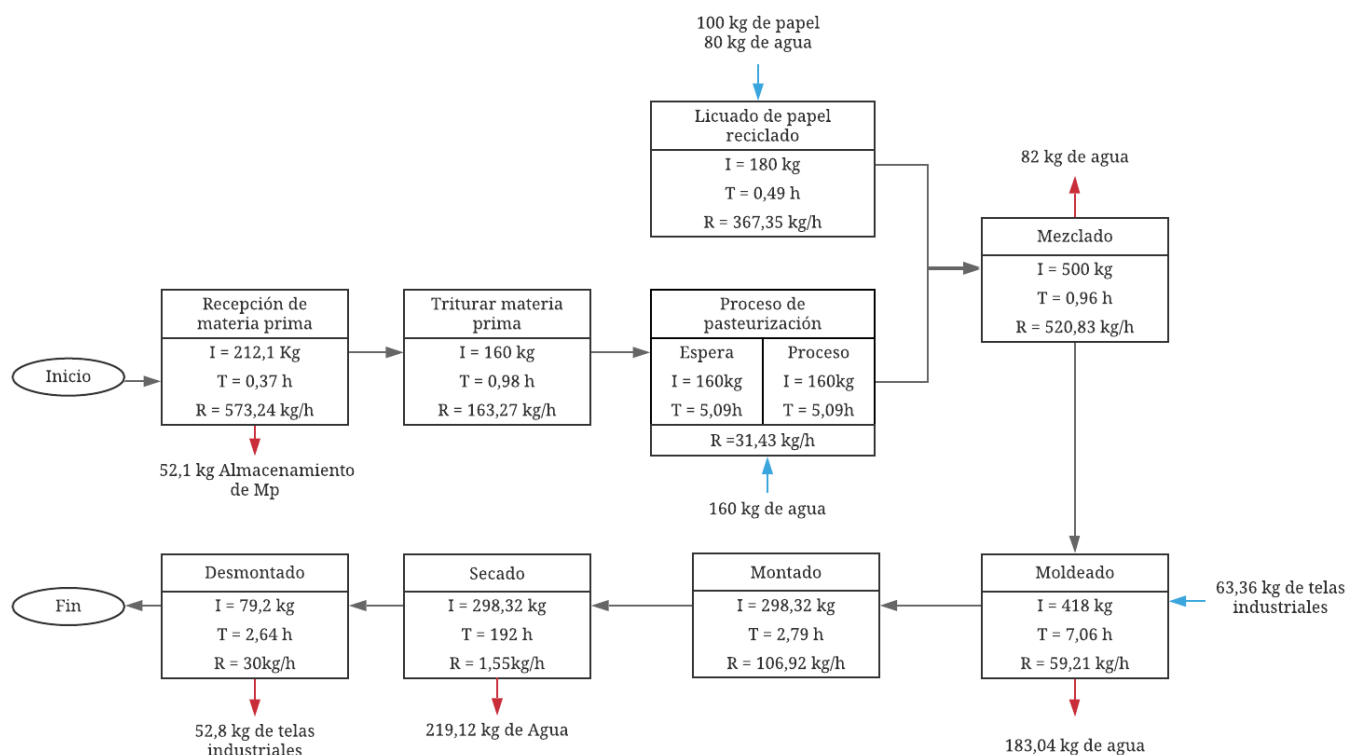


Fig. 8. Diagrama de bloques del proceso de transformación de materia prima.

La recepción de materia prima fue en promedio 212,1 kg, tomando 22 min (0,37 h). En triturado, el rendimiento se redujo considerablemente, porque sólo pudo procesar 160 kg de corona de piña en un tiempo de 0,98 h. Posteriormente, hay una segunda reducción de capacidad en la pasteurización, donde la marmita puede tratar hasta 80 kg de corona de piña y 80 kg de agua, mientras que el complemento de entrada debe permanecer en espera. En paralelo, se licuaron 100 kg de papel reciclado junto con 80 kg de agua en un tiempo promedio de 29,4 min (0,49 h). Luego de pasteurizar dos veces (320 kg de corona de piña y agua combinadas), ambas operaciones convergen en el mezclado, donde se procesa la materia prima con el papel reciclado como material de refuerzo. Al finalizar, dentro de los baldes de almacenamiento se escurren 82 kg de agua para proceder a la siguiente etapa.

Pasando al moldeado, se utilizan dos telas industriales (0,12 kg cada una) por cada formato, en donde se procesan 418 kg de la mezcla y se pierden 183,04 kg de agua. En esta etapa se elaboran 528 formatos (298,32 kg totales) en un tiempo de 2,79 h. Para secar los cartones, se pueden tender hasta 298,32 kg aproximadamente, requiriendo alrededor de 192 h para eliminar 219,12 kg de agua, con un rendimiento de 1,55 kg/h. Finalmente, se desmontan los cartones, con un rendimiento de 30 kg/h. Cabe destacar que el proceso se encuentra en estado estable, pues el balance de materia (en entradas y salidas) entre las operaciones es constante. Sin embargo, la diferencia entre los rendimientos se debe a adición y/o eliminación de agua según la actividad.

Por otra parte, en el proceso de desmontado se separan las telas industriales, y se retiran los ganchos junto con las pinzas de los formatos. El bajo rendimiento se debe al manejo de kilogramos, en lugar de cartones, como unidades de medida. El peso de cada cartón (luego de secarse) es de aproximadamente 0,05 kg. Por tanto, esta operación manipula 528 cartones en cada desmontado, reflejándose en 200 cartones/h.

Adicionalmente, debido a que los procesos de secado y pasteurización también cuentan con un menor rendimiento, respecto al resto de operaciones, se realizaron diagramas de flujo para detallar su secuencia de pasos involucrados. Cabe resaltar que la operación de secado es un proceso manual, en donde el operario debe verificar constantemente el estado del cartón germinable, con posiciones ergonómicas inadecuadas, requiriendo sobre esfuerzos para subir y bajar cartones utilizando tubos plásticos. En la Fig. 9., se presenta el diagrama de flujo de dicha operación:

Diagrama de flujo de la operación del secado

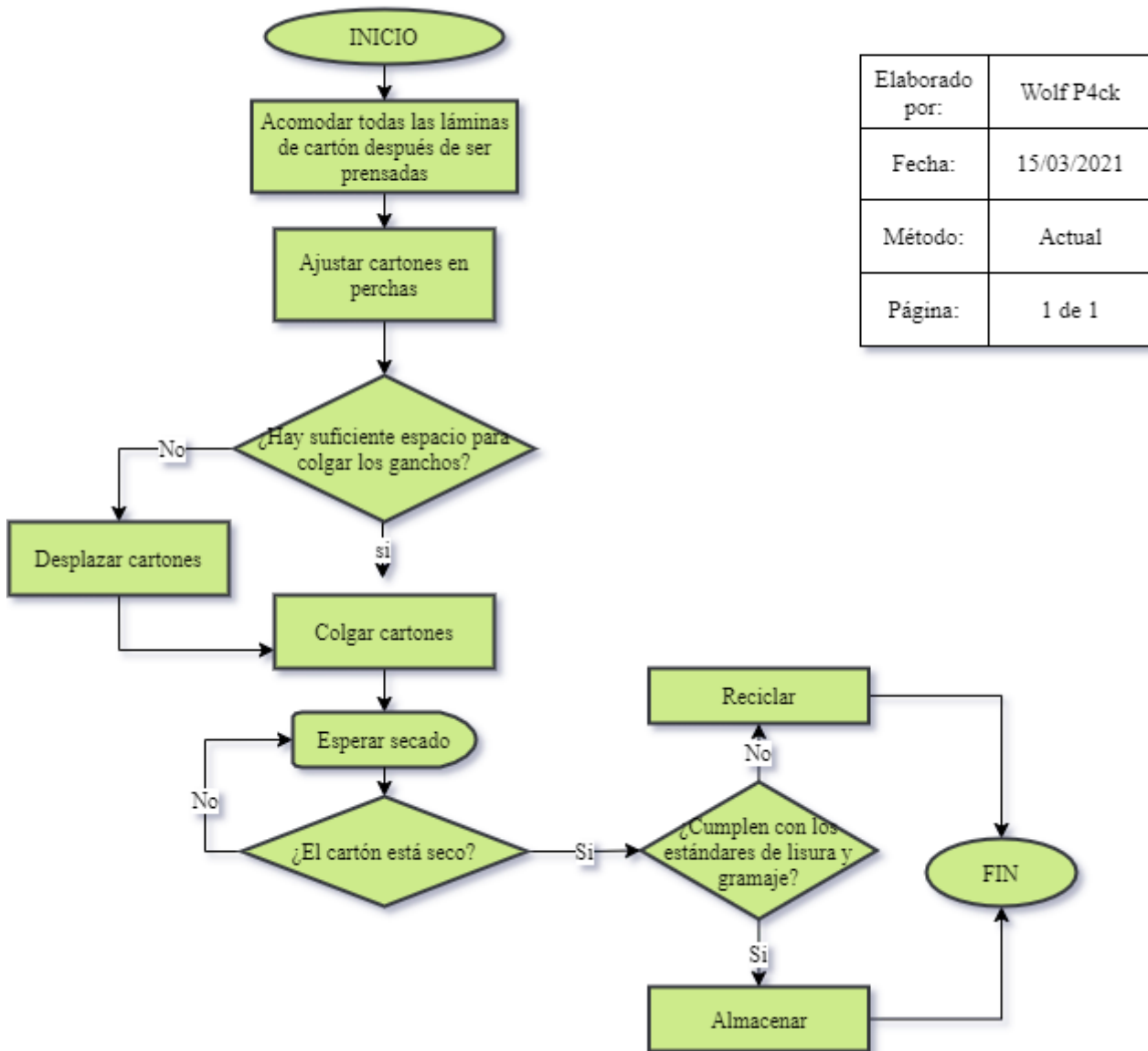
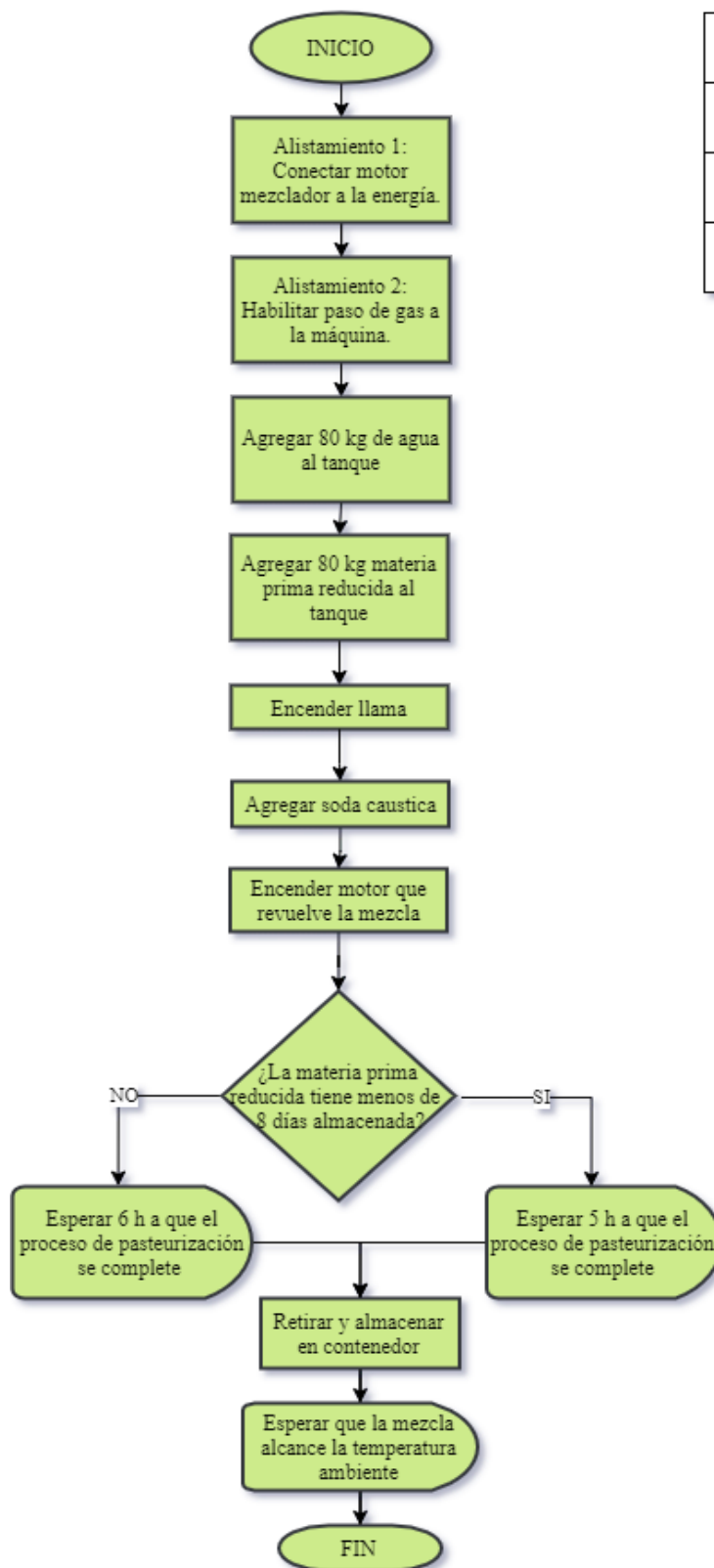


Fig. 9. Diagrama de flujo de secado.

Para el proceso de pasteurización, se cuenta con una marmita, la cual funciona de manera independiente, permitiendo realizar otras actividades en paralelo. Esta cuenta con una capacidad de 160 kg. En la Fig. 10, se presenta su diagrama de flujo:

Diagrama de flujo de la operación de pasteurización



Elaborado por:	Wolf P4ck
Fecha:	15/03/2021
Método:	Actual
Página:	1 de 1

Fig. 10. Diagrama de flujo de pasteurización.

Las actividades que componen las operaciones de pasteurización y secado muestran que el bajo rendimiento de producción se debe a la espera. Además, dado que la planta actual [ver Anexo 2] está distribuida por producto, el flujo de material depende exclusivamente del rendimiento de cada actividad. Esto, al igual que el comportamiento descrito en la Fig. 7. indican que el cuello de botella corresponde a la operación de secado. El problema parte en la dependencia de las condiciones climáticas y consecuentemente de la espera por acumulación de suficientes cartones secos para poder continuar con el proceso. Esto influye significativamente en la disminución de la capacidad del sistema productivo, aportando al aumento del tiempo de ciclo.

El proceso de secado se realiza en un espacio semiabierto, donde el techo está cubierto hasta la mitad para permitir el flujo de aire. Los cables donde se tienden los cartones están dispuestos a una altura de 2,5 m. En caso de precipitaciones, aquellos que están suspendidos, se desplazan hacia el costado cubierto. Dentro de la misma área se lleva a cabo la pasteurización, utilizando una marmita, cuya capacidad es de 80 kg de materia prima y necesitan aproximadamente 80 kg de agua cada uno.

Por último, la TABLA IV muestra los indicadores del estado actual que presenta LA EMPRESA. Adicionalmente, se establecieron las metas propuestas por el equipo, teniendo en cuenta las especificaciones y requerimientos de los grupos de interés. Idealmente, se planteó al equipo de trabajo duplicar la producción. Sin embargo, se conciliaron metas más conservadoras, teniendo en cuenta las restricciones del Proyecto de Diseño.

TABLA IV
RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Actualidad		Anexo	Meta
Tiempo de secado	Fracción de tiempo de secado	0,88	[Anexo 7, Hoja: secado]	Reducir la fracción de tiempo de secado en un 0,1
Capacidad productiva	Rendimiento (Secado)	1,55 kg/h	[Anexo 9, Hoja: Capacidad productiva]	Aumentar en un 10% la capacidad del sistema de transformación de materia prima en cartón germinable para alcanzar la capacidad disponible
Productividad	Carga-Distancia	20,70%	[Anexo 8]	Aumentar a 15% la productividad global.
Tiempo de proceso	Tiempo de proceso promedio	217,62 h	[Anexo 7, Hoja: Tiempo de ciclo]	Reducir el tiempo de proceso en un 10%
Utilización del espacio	% Utilización del espacio total	22,51%	[Anexo 4, Hoja: Áreas actuales]	Tener control sobre la utilización de los espacios, considerando las áreas necesarias para una mejor circulación del materia y personal.
	% Utilización de zona administrativa	13,82%		
	% Utilización de zona operativa seca	28,06%		
	% Utilización de zona operativa húmeda	40,75%		

IV. ANALIZAR

A. Análisis de Causas

Con base en los indicadores calculados a partir de la recolección de datos (ver TABLA IV), se analiza el estado actual de LA EMPRESA. Esto, con el fin de hallar la causa principal del problema de capacidad de manufactura, debido a la dependencia de las condiciones climáticas y de la secuencia en las operaciones. Según la Fig. 8., actualmente el punto crítico de la producción es el secado, con un rendimiento de 1,55 kg/h, limitando la capacidad en la transformación de materia prima. Por otro lado, el traslado a una nueva planta refleja una disposición del espacio con oportunidades de mejora para el flujo de materiales. Por tanto, a través de los datos cuantificados se analizan las fuentes de variación, al igual que la brecha entre el sistema actual y el deseado a partir de las operaciones más influyentes y del cuello de botella identificado.

Para ello, se realizó un análisis exploratorio de datos, haciendo énfasis en los factores que afectan el tiempo de secado y posteriormente un diagrama de recorrido para conocer el flujo de materiales dentro del espacio. Adicionalmente, mediante herramientas como lluvia de ideas, diagrama de afinidad, relación causa-efecto y la metodología de “los 5 por qué”, se generan posibles alternativas de solución para el problema identificado.

Iniciando con el análisis exploratorio de datos, en la Fig. 11. se muestra el diagrama de Pareto, indicando que el tiempo de secado constituye un 88% del ciclo de elaboración de cartones germinables, mientras que la ojiva señala que, de las operaciones principales, esta representa un 91% [ver Anexo 7, Hoja: Tiempo de ciclo]. Cabe destacar que las actividades que implican micro tiempos fueron despreciadas dadas sus duraciones bajas.

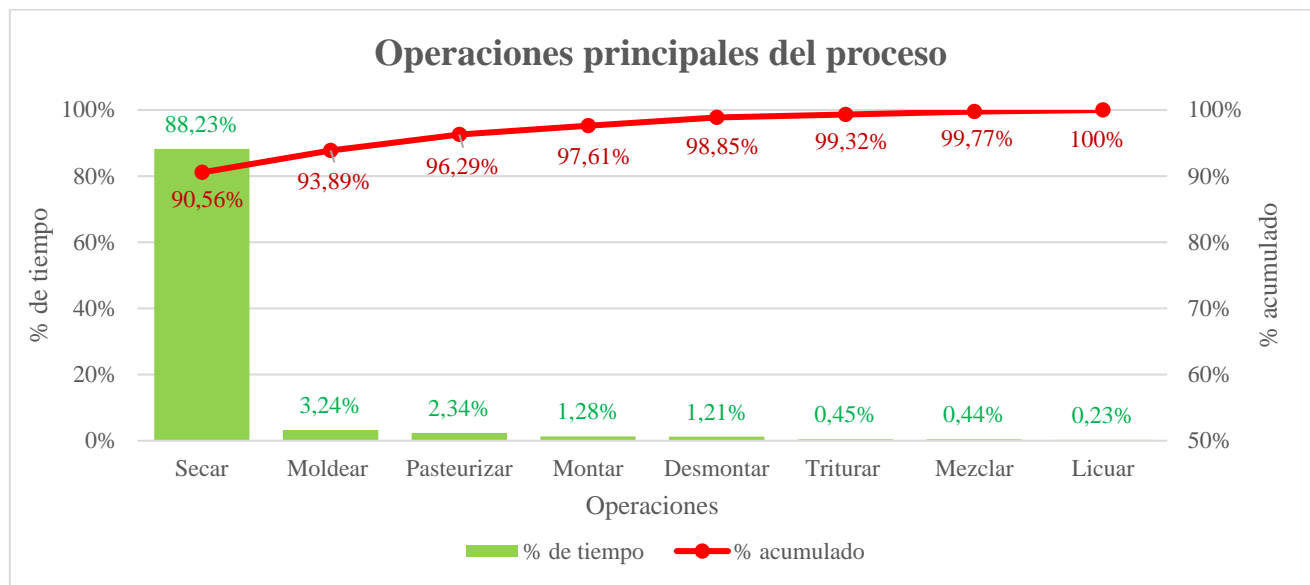


Fig. 11. Diagrama de Pareto de las operaciones principales del proceso de transformación de materia prima.

Por otra parte, el lugar donde se realiza el secado es encima del área de moldeado, mezclado y pasteurizado. Esta última se realiza utilizando una marmita, la cual maneja altas temperaturas para desinfectar la materia prima. Se identificó que genera un calor al ambiente que aporta al secado de formatos tendidos, requiriendo un tiempo menor respecto a los que se encuentran alejados de esta.

En cuanto a la configuración de planta, los porcentajes de espacio utilizado [Anexo 4, Hoja: Áreas actuales] indican que, a pesar de contar con un gran espacio, no está siendo aprovechado efectivamente. En primer lugar, el espacio cúbico no está siendo aprovechado; los inventarios de material en proceso y producto terminado se distribuyen de manera lineal. Adicionalmente, hay diferentes componentes que no aportan en la operación y se encuentran situados en lugares concurridos por los trabajadores y el flujo de material, tales como maquinaria obsoleta, depósitos de material externo, muebles ociosos entre otros. Para ello, es necesario asignar un espacio correcto para los ítems que no aportan valor dentro de la elaboración de producto y, aprovechar el volumen más allá de sólo el área, utilizando estanterías y/o góndolas, según la necesidad.

Cabe destacar que la materia prima es un residuo agroindustrial; si no se procesa luego de un periodo, se fermenta. Esto implica que a pesar de que el cuello de botella no permita un flujo continuo, la producción debe continuar, de lo contrario, se perderían grandes cantidades de corona de piña. Ante esto, se hace uso de cal para evitar la degradación orgánica, sin embargo, esto se refleja en un problema de inventarios, pues LA EMPRESA se ve en la necesidad de iniciar un nuevo ciclo de producción, dando como resultado la acumulación de inventarios en proceso en cada operación, hasta que el secado permita continuar con el flujo.

Por otra parte, el diagrama de recorrido [ver Anexo 10] indica que las actividades e inventarios se encuentran aglomerados principalmente en la zona operativa húmeda, con pasillos reducidos al frente de los servicios higiénicos y de la trituradora, debido a uso inadecuado del espacio y la cercanía entre las áreas para maquinaria, implementos de trabajo y almacenamiento. Otros lugares como, la zona administrativa y la primera mitad de la zona operativa seca, tienen un corredor con suficiente capacidad para redistribuir los componentes. De esta manera, mediante una propuesta de distribución de planta, se puede hacer uso de este espacio para disminuir la densidad de ocupación, garantizando un mejor manejo del flujo de materiales. Adicionalmente, durante los tramos finales, antes de despachar el producto terminado, el almacenamiento se da hacia el interior y no hacia la salida.

A partir de los resultados anteriormente mencionados, se identifican las posibles causas asociadas al problema en cuestión. Para ello, se realizó una lluvia de ideas [ver Anexo 11] teniendo en cuenta los aportes de los dueños y el operario de LA EMPRESA [ver Anexo 5]. Posteriormente, estas se agruparon por medio del diagrama de afinidad de acuerdo con las 6 M's (Método, Medio ambiente, Medida, Mano de obra, Máquina y Material) pero reemplazando el factor material por infraestructura, siendo esta última un factor más relevante para este estudio. Después se depuraron las ideas menos favorables o imposibles de alcanzar para finalmente construir el diagrama de Ishikawa.

DIAGRAMA DE ISHIKAWA

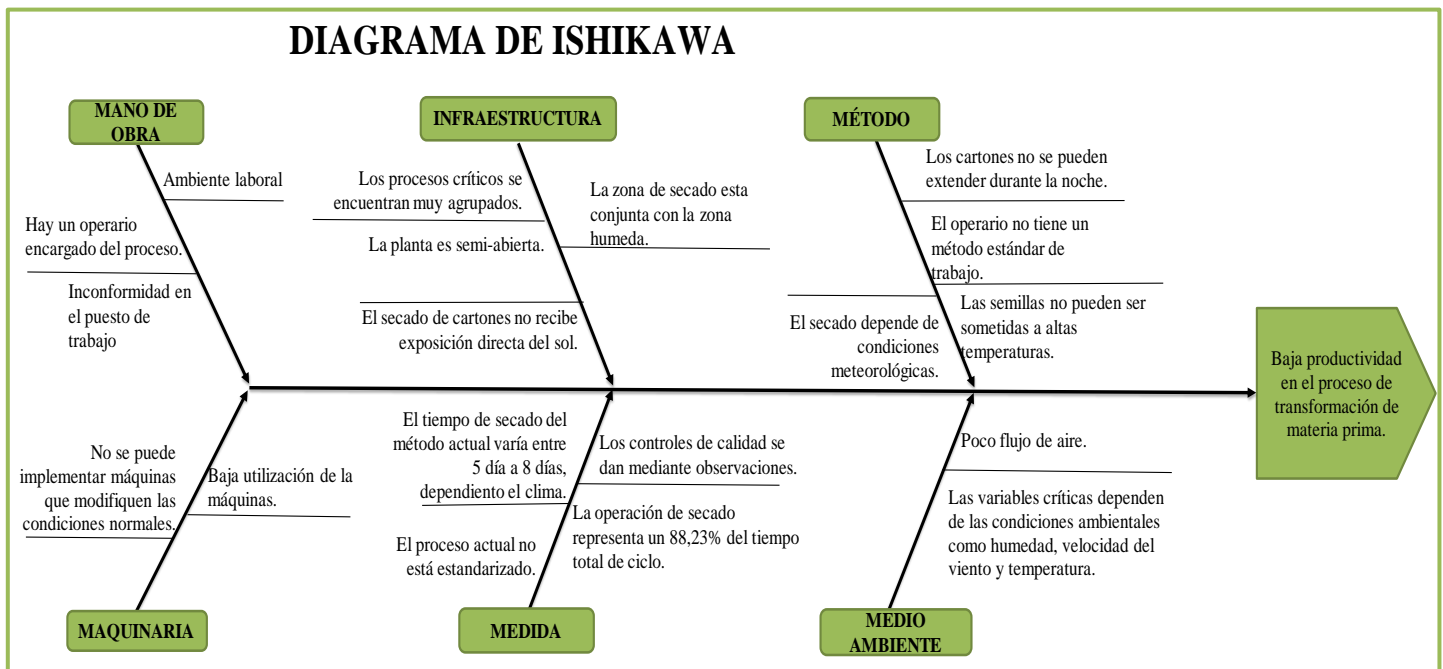


Fig. 12. Diagrama de Ishikawa.

Según la Fig. 12., se evidencia una oportunidad de mejora en la medida, pues no hay un estándar de trabajo y debido a las condiciones actuales, las mediciones presentan alta variación y la verificación del secado se hace de manera empírica. En cuanto al factor medioambiental, el secado depende de las condiciones climáticas y no están siendo aprovechadas. Por otro lado, la infraestructura muestra que la zona húmeda y de secado son próximas, los cartones no reciben una exposición directa del sol, no hay una zona fija destinada a inventarios y los pasillos en la zona operativa son estrechos. Sumado a esto, los métodos de LA EMPRESA no se encuentran documentados, de esta manera, el proceso puede afectarse por la rotación de personal. Referente a la maquinaria, hay equipos que no están siendo utilizados y debido al tipo de producción.

Finalmente, para plantear la causa raíz a partir de las oportunidades de mejora y las relaciones de causa-efecto identificadas, se utilizó la metodología de “Los 5 Por qué” para partir del problema principal hasta diferentes causas relacionadas alrededor de este:

¿Por qué la producción se redujo debido a la emergencia sanitaria por el Covid-19?

Porque LA EMPRESA no cuenta con suficiente capacidad productiva en la planta central.

¿Por qué LA EMPRESA no cuenta con suficiente capacidad productiva en la planta central?

Porque el tiempo de transformación de materia prima es alto.

¿Por qué el tiempo de transformación de materia prima es alto?

Porque la operación de secado es el 88,23% del tiempo de transformación de materia prima.

¿Por qué la operación de secado es el 88,23% del tiempo de transformación de materia prima?

Porque el tiempo de secado no es un proceso estable.

¿Por qué el tiempo de secado no es un proceso estable?

Porque esta operación depende netamente de condiciones externas como la velocidad del viento y temperatura, que no están siendo aprovechadas.

En conclusión, la causa raíz del cuello de botella de LA EMPRESA yace en la dependencia de las condiciones climáticas que no se pueden controlar, donde las variables más influyentes son la temperatura y la velocidad del viento. Adicionalmente, la falta de lineamientos en sus operaciones no permite identificar mejoras de manera oportuna, al igual que anticiparse a posibles imprevistos. Por otro lado, dado que la utilización del espacio es sólo del 22,51% y la proximidad de la zona húmeda con la de

secado no es favorable, es conveniente proponer una reordenación de planta. En consecuencia, las alternativas de solución deben estar direccionadas hacia el aprovechamiento de la causa raíz o realizar procesos inducidos para mejorar el tiempo de secado, donde las actividades estén dispuestas de manera apropiada para mitigar el cuello de botella. La alternativa de solución, además de impactar el proceso de secado también influirá en el sistema productivo.

B. Revisión de literatura

Una vez identificadas las fuentes de variación que conducen a la brecha entre el sistema actual y el deseado, durante el siguiente apartado se realiza una investigación académica en aras de buscar soluciones similares al problema planteado. De esta manera, se permite hacer un contacto real y un análisis de causas desde otra perspectiva. Mediante la práctica de Benchmarking se hallan metodologías y herramientas alternativas que aportan a la realización del proyecto a través de la literatura. De las fuentes consultadas se identificaron diferentes escenarios, de los cuales en su mayoría son asociados a investigación aplicada, análisis de alternativas y diseño de prototipo. A continuación, en la TABLA V se muestra el resumen de las fuentes consultadas:

TABLA V
REVISIÓN DE LITERATURA

#	Tipo	Título	Autor (es)	Año	Industria	Objetivo	Método	Resultados	Aporte al Proyecto
1	Artículo de revista	<i>Production of paper from pineapple leaves</i>	Stephen Sibaly, Pratima Jeetah	2017	Papelera	Determinar la factibilidad del uso de hojas de piña para la producción de papel.	Diseño de prototipo, combinando hojas de piña con otros materiales afines y con papel reciclado en diferentes medidas.	El compuesto a base de 100% piña tienen mayor índice de rotura, de tensión y mayor absorción. El compuesto de bagazo de caña y piña a razón de 40:60 es el menos abrasivo. El compuesto más resistente a las arrugas es el papel reciclado con piña a razón de 80:20.	Prototipo de diferentes tipos de papel elaborado a base de piña con otros materiales.
2	Artículo de revista	Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña	Sandra María Rozo Gélvez et al	2016	Papelera	Desarrollar un nuevo prototipo de papel ecológico a partir de cogollos de piña sin usar insumos químicos como soda cáustica o acetona, reemplazándolos por extracto de caña de azúcar.	Diseño de prototipo	Se obtuvo papel ecológico con fibras y texturas similares al papel Kimberly.	Contraste en el método de elaboración de productos a base de piña
3	Artículo de revista	Modelos matemáticos y experimentales para el análisis del secado solar de semillas	Pedro Luis Collazo-Abreu et al	2018	Agroindustria	Brindar análisis sobre fundamentos teóricos relativos a modelos matemáticos y experimentales para simular procesos de secado solar de semillas. Además, se proponen y describen los fundamentos teóricos básicos a desarrollar en un modelo para este proceso.	Investigación aplicada	Se debe controlar la humedad, temperatura, velocidad de flujo del aire y las dimensiones del secador artificial para llegar al equilibrio higroscópico. Se puede modelar el funcionamiento de un secador solar mediante ecuaciones diferenciales de conservación de calor, masa y movimiento para los elementos del secador.	Propuesta de tipos de secadores industriales y solares y su validación a través de modelos matemáticos.
4	Artículo de revista	Cinética del secado del aire	Daniel Enrique Roberti Pérez	2011	Alimentaria	Determinar la cinética del secado	Experimentación, toma de muestras, diseño factorial 2k, gráficas.	Se logró determinar que la temperatura es el factor que más influye en el secado por aire.	El tratamiento estadístico aporta a la metodología a emplear en el

#	Tipo	Título	Autor (es)	Año	Industria	Objetivo	Método	Resultados	Aporte al Proyecto
									desarrollo del proyecto.
5	Artículo de revista	<i>Design, construction, and performance testing of a solar dryer for agro-industrial by-products</i>	I. Montero et al	2010	Agroindustria	Diseñar, construir y evaluar un prototipo de secador solar para olivas para determinar la mejor configuración según la cinética de secado y valuación energética	Diseño de prototipo.	La operación de secado más influyente fue el híbrido-forzado, seguido de modos activos y pasivos.	Se realiza un estudio sobre el comportamiento de diferentes residuos agroindustriales al ser sometidos a un secador solar.
6	Artículo de revista	Efecto de la temperatura en la cinética de secado de semillas de papaya sin mucílago	Iván Gómez et al	2012	Agrícola	Desarrollar un prototipo de monitoreo de humedad relativa y temperatura del aire en tres puntos específicos de una secadora de convección forzada.	Investigación aplicada, diseño de prototipo.	A partir del modelo de Arrhenius se logró establecer una predicción de la constante de secado de semillas de papaya sin mucílago en función a la temperatura de secado y se demostró que el modelo presenta un ajuste superior al 99%.	Esta investigación aporta en la elaboración de un modelo matemático que se ajuste a la curva de razón de humedad en las láminas de cartón.
7	Artículo de revista	Construcción y evaluación sin carga de un prototipo de secador solar en la empresa agropecuaria Arnaldo Ramírez	Néstor Méndez Jurgo, Yaneivy Martínez Padrón	2018	Agropecuaria	Desarrollar un secador solar para la planta de Anamú. Se tuvo en cuenta la experiencia del Centro de Investigaciones de Energía Solar para desarrollar un proyecto técnico y construir un secador solar de 3 m ² .	Investigación aplicada, diseño de prototipo	El secador alcanza temperaturas medias de trabajo entre las 12 y las 16 horas de 38,3 °C y la temperatura máxima promedio de 41,4 °C, las cuales corresponden con las temperaturas de trabajo recomendadas para el producto en cuestión	Evaluar el diseño de un secador solar adaptado a las condiciones de LA EMPRESA y reducir los tiempos de secado de cartón germinable.
8	Artículo de revista	Innovación en el deshidratado solar	Jaime Espinoza	2016	Alimentaria	Diseñar un contenedor deshidratador solar factible de ser utilizado con diversos productos agrícolas	Investigación aplicada	Mejorar los tiempos de secado mejorando la apariencia física de los productos.	La metodología empleada aporta ideas a implementar el proceso de secado en LA EMPRESA aprovechando la energía solar y controlando factores de temperatura, humedad y aire.
9	Artículo de revista	Aprovechamiento del calor residual de los gases de salida de una estufa a gas de tiro balanceado de aplicación en viviendas	Néstor Mariani et al	2013	Construcción	Caracterizar experimentalmente el comportamiento térmico y fluidodinámico de una estufa a gas natural como medio de calefacción de las viviendas mejorando su eficiencia térmica.	Diseño de prototipo.	Resultados de la implementación de un dispositivo recuperador de calor, compatible en tamaño con la estufa, que permite aprovechar la entalpía de los gases de salida producto de la combustión, precalentando el aire de ingreso a la estufa	Proyecto que aprovecha el calor residual para la calefacción de un hogar, y métodos de caracterización del aprovechamiento de la entalpía de los gases

Partiendo del área operacional de LA EMPRESA, Sability et al (#1) determinaron la factibilidad de producir hojas elaboradas a partir de un compuesto de corona de piña y otros materiales afines gracias a la producción de piña en la isla de Mauricio [14]. Hallaron que a diferencia el papel tradicional, el producto hecho de piña y demás materiales agrícolas presentan mejores propiedades mecánicas. Plantean la posibilidad de mejorar la calidad del producto mediante refuerzos en el material y,

adicionalmente, impulsar el desarrollo sostenible y mitigar la huella ambiental generada por la industria papelera tradicional. Por otro lado, Rozo et al (#2) proponen un método de producción de papel de coronas de piña, mezclando con extracto de caña de azúcar para reemplazar el uso de químicos como soda cáustica. Crearon un material similar al papel Kimberly en todas las propiedades mecánicas, apto para el mismo uso doméstico y sin la necesidad de recurrir a materias primas tradicionales [15]. Ambos grupos de autores parten de una trituración de la corona de piña y lavado previo a iniciar la elaboración del producto.

Con relación al cuello de botella en la elaboración de cartón germinable, otras fuentes han desarrollado soluciones asociadas al tiempo de secado para diferente tipo de productos. Collazo-Abreu et al (#3) clasifica los tipos de secadores como:



Fig. 13. Tipos de secadores según sus características. Modificado de [16].

Para la Fig. 13., el primer nivel indica si se usa la convección natural del aire o induciendo el flujo de este, respectivamente. El segundo señala si el producto a secar recibe radiación solar de manera directa, indirecta mediante un colector o de manera mixta. Por otro lado, gracias a los modelos matemáticos de cinética de secado, tanto de relación de capa fina como análogos a la transferencia de calor, indican que se debe controlar la humedad, flujo del aire, temperatura y dimensiones del secador [16].

Por otra parte, Roberti et al (#4) realizan un diseño factorial para determinar el factor más influyente para el secador [17]. Adicionalmente, Montero et al (#5) desarrollaron un modelo de secador solar para determinar la mejor cinética de secado en diferentes recursos agrícolas, donde particularmente para las olivas la mejor configuración es el secado híbrido-forzado [18]. Por otra parte, Gómez et al (#6) se enfoca el secado forzado haciendo monitoreo de las variables meteorológicas al interior del secador solar obteniendo estimaciones más precisas del tiempo, mientras que Méndez et al (#7) establecen rangos óptimos para manipular el material de estudio, haciendo énfasis en no comprometer las sus propiedades [19]. Espinoza (#8) presenta el diseño de un secador versátil, describiendo la capacidad y facilidad de implementación respecto a otros tipos, al igual que la valuación de las diferentes alternativas [20]. Finalmente, Mariani et al (#9) presentan un estudio enfocado en el comportamiento térmico y fluidodinámico de una estufa a gas natural, y proponen un dispositivo recuperador de calor para la calefacción de una casa, que aprovecha la entalpia de los gases de salida producto de la combustión [21].

En conclusión, existen métodos para elaborar bienes a base de corona de piña, apoyándose en la alta accesibilidad a esta fruta y se demuestra que tiene mejor calidad que el papel convencional. Para el secado, el diseño de un dispositivo que aproveche las condiciones meteorológicas varía según los requerimientos y las variables que se quieran aprovechar. Por tanto, el secado inducido o al aire libre de diferentes productos es una situación presente en diferente tipo de industrias y necesidades que servirán como apoyo para el proyecto.

C. Exploración de ideas y selección de alternativa

Con base en el cuello de botella, asociado a los tiempos de secado, por medio de lluvia de ideas y el diagrama de afinidad [ver Anexo 11], se generaron ideas de solución que puedan contrarrestar la dependencia de las condiciones climáticas, utilizando el método de *brainwriting* [ver Anexo 12]. En este, luego de que los integrantes expusieran sus ideas de manera individual, se agruparon de acuerdo con sus similitudes para finalmente descartar las menos favorables o inalcanzables. Estas propuestas fueron argumentadas al gerente de planta de LA EMPRESA, donde opinó acerca de los factores negativos y positivos de las alternativas planteadas. Según los resultados, se plantearon las siguientes alternativas de propuesta, para dar solución a la dependencia de factores climáticos en el tiempo de secado:

1. *Cabina de aire (A1)*: Esta alternativa consiste en amplificar la fuerza del viento en el proceso de secado de los cartones. Para ello, se deben instalar más ventiladores. En el momento que se necesiten, pueden impulsar el aire a diferentes ángulos

de manera continua. Adicionalmente, a medida que los cartones pierden humedad y se tiendan en otro cable, el ventilador asociado impulse viento con mayor potencia.

2. *Invernadero (A2)*: Esta alternativa pretende instalar una capa plástica u otro material que transfiera el calor con facilidad, calentando el aire de la zona de secado. Sin embargo, dicha instalación debe contar con aberturas que permitan el escape de humedad y el flujo de aire, pero a su vez que conserven la temperatura interior. De esta manera, el aire circulante se calentará y se puede impulsar con los ventiladores actuales.
3. *Secador solar (A3)*: Diseñar una estación donde por medio de una placa se transfiera calor dentro una cabina. En esta se ubicarán los cartones húmedos y con la ayuda de corrientes de aire, se permitirá un flujo caliente que reduzca de manera considerable los tiempos de secado.
4. *Rodillos (A4)*: Igual que en el proceso de secado de papel tradicional, se pretende usar rodillos que además de disminuir la cantidad de agua por medio de presión, cuenten con un suministro de calor para secar los platos por medio de convección. Además de reducir la humedad, estos también darían la forma plana que requieren los cartones, mitigando un proceso actual.
5. *Aprovechamiento de calor residual (A5)*: Consiste en almacenar el calor que expulsa la marmita para distribuirlo a lo largo de la zona húmeda, calentando el aire circulante para acelerar el proceso de secado.

Para comparar las alternativas propuestas y tomar una decisión de cuál elegir, se establecieron cinco criterios de evaluación basados en los requerimientos de las partes interesadas:

1. *Costo de implementación*: Tiene en cuenta el valor de la inversión de ejecutar tanto en maquinaria como en el factor humano. Este criterio se asocia con la restricción de baja disponibilidad de recursos financieros para invertir en alternativas que puedan ser costosas.
2. *Velocidad de implementación*: Indica el tiempo requerido para ejecutar la alternativa que se está evaluando, teniendo en cuenta el periodo de obtención de materiales, recursos y factor humano. Este criterio se asocia al tiempo disponible que se tiene para la aplicar y/o validar la alternativa.
3. *Espacio necesario*: Hace referencia al espacio requerido según la alterativa. Se debe contrastar con las limitaciones de área presentes en LA EMPRESA.
4. *Facilidad de implementación*: Tiene en cuenta la simplicidad para llevar a cabo, es decir, si implica recursos o esfuerzos adicionales por parte del equipo o de LA EMPRESA.
5. *Efectos negativos sobre el producto*: Tiene en cuenta los efectos que la alternativa pueda causar sobre el producto. Dada la presencia de semillas en el cartón germinable, implica un tratamiento delicado. Por tanto, se debe satisfacer que estas no se vean afectadas

Una vez definidas las alternativas y los criterios de selección, se realizó la matriz de proceso jerárquico y analítico (AHP) que, mediante la guía de la tabla estandarizada de preferencias, mostrada en la TABLA VI, se asignó una calificación a cada una de acuerdo con los criterios. Es importante resaltar que en aquellos como “costo” y “efectos negativos”, el valor de su calificación debe ser pequeño si no cumple con los requerimientos [22].

TABLA VI
ESTADARIZACIÓN DE PREFERENCIAS

Juicio verbal de preferencia	Valor numérico
Preferencia igual	1
Preferencia igual a moderada	2
Preferencia moderada	3
Preferencia moderada a fuerte	4
Preferencia fuerte	5

Juicio verbal de preferencia	Valor numérico
Preferencia fuerte a muy fuerte	6
Preferencia muy fuerte	7
Preferencia muy fuerte a extrema	8
Preferencia extrema	9

Una vez realizado el procedimiento de selección de alternativas [ver Anexo 13], se calculó el vector de prioridades que indica el valor ponderado de cada uno de los criterios establecidos, donde “Efectos negativos sobre el producto” es el más influyente con un valor del 53,6% del peso total de los criterios. Finalmente, se realizó el análisis *AHP* simple, donde se califica cada alternativa. La TABLA VII indica que la mejor ponderación es atribuida a implementar la alternativa A5, con un valor de 6,893. Por tanto, se realizará un modelo de aprovechamiento de calor residual de la marmita y se validará mediante simulación.

TABLA VII
EVALUACIÓN FINAL DEL PROCESO DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Criterios	Peso (Wi)	A1		A2		A3		A4		A5	
		Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación	Calificación	Ponderación
Costo	7,1%	4	0,284	7	0,498	5	0,355	4	0,284	5	0,355
Velocidad	14,5%	6	0,868	8	1,157	6	0,868	3	0,434	5	0,723
Espacio necesario	3,6%	5	0,180	3	0,108	6	0,216	6	0,216	7	0,252
Facilidad	21,2%	4	0,849	7	1,485	5	1,061	3	0,637	6	1,273
Efectos negativos	53,6%	8	4,289	6	3,216	7	3,753	4	2,144	8	4,289
Totales	100,0%		6,470		6,464		6,253		3,715		6,893

D. Objetivos

I. Objetivo general.

Diseñar una propuesta de mejoramiento en el proceso de transformación de materia prima en una empresa de empaques ecológicos con el fin de aumentar la capacidad de producción.

II. Objetivos específicos.

1. Caracterizar el proceso de transformación de materia prima en LA EMPRESA mediante herramientas de ingeniería industrial.
2. Medir las variables críticas asociadas al proceso de transformación de materia prima para identificar el cuello de botella.
3. Diseñar un método que corrija el cuello de botella del proceso de transformación de la materia prima.
4. Redistribuir la configuración de la nueva planta teniendo en cuenta las variables críticas del sistema de producción.
5. Validar el diseño del proceso mediante el uso de herramientas computacionales, indicadores de gestión y estadísticas.

E. Plan de Trabajo (PdT)

Para el cumplimiento de los objetivos específicos, en la TABLA IX se muestran las actividades asociadas a la realización de cada objetivo. De esta manera, se puede construir un cronograma que permita alcanzar las metas planeadas en tiempo y forma [ver Anexo 14].

TABLA VIII
PLAN DE TRABAJO

Objetivo	Área IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividad	Entregable (alcance)	Fecha entrega
Específico 1	1.Work Design and Measurement	K. Diagrama SIPOC, Cursograma analítico y Diagrama de flujo.	Entrevistar a los operarios y dueños de LA EMPRESA.	Formatos de caracterización con entradas y salidas identificadas. Formato del proceso de las operaciones de pasteurización y secado.	19/12/2020
	11. Information Engineering	C. Matriz poder-interés. C. Tablas requerimientos grupos de interés.	Describir el proceso actual de transformación de materia prima.	Grupos de interés, gráfico de matriz poder/interés para grupos de interés.	21/12/2020
Específico 2	1.Work Design and Measurement	B. Número de observaciones necesarias, tiempo estándar, utilización, tasas de producción.	Medir las operaciones principales del proceso para reemplazar datos estimados.	Plano de LA EMPRESA. Tiempo y cantidades del proceso de materia prima.	11/01/2021
	5.Quality & Reliability Engineering	B. Distribuciones, Estadísticas básicas, Datos de muestra.	Analizar los datos de tiempos de operaciones principales, tiempo de ciclo y variables influyentes en la operación de secado.	Indicadores del proceso. Identificación del cuello de botella.	18/01/2021
		B. Análisis de regresión, prueba de hipótesis. G. Regresión múltiple.	Analizar las causas que impiden el aumento de la capacidad y productividad.	Causa raíz del problema de capacidad en el proceso productivo.	25/01/2021
Específico 3	2.Operations Research and Analysis	<i>Brainwriting</i>	Identificar las posibles alternativas de solución.	Cinco alternativas posibles. Explicación de alternativas posibles.	27/01/2021
		J. Proceso de jerarquía analítica.	Elegir la mejor alternativa para el diseño.	Alternativas evaluadas y seleccionadas.	01/02/2021
	12.2 Systems design & Engineering	I. Análisis de salida del modelo para las decisiones de diseño de sistema.	Diseñar prueba piloto de la alternativa	Bosquejo inicial a escala del modelo.	17/02/2021
	9.Engineering Management	C. Planificación, diseño y justificación.	Planear junto con los interesados escenarios de pruebas del modelo.	Escenarios de pruebas.	24/02/2021
	2.Operations Research and Analysis	Simulación Montecarlo	Simular los escenarios de prueba.	Indicadores de desempeño de los escenarios de prueba.	15/03/2021
Específico 4	4.Facilities Engineering and Energy Management.	C. Medidas de distancias.	Medir el espacio de la planta y de las máquinas.	Dimensiones de la planta y de las máquinas.	19/03/2021
		Sketchup	Diseñar el plano actual de LA EMPRESA.	Plano de la planta con máquinas.	25/03/2021
		B. Análisis de requisitos de espacio,	Determinar y analizar el espacio requerido en relación con el espacio disponible.	Estado actual del espacio de la planta.	29/03/2021
		C. Gráfico de relación de actividades.	Determinar la relación entre las áreas de las actividades.	Diagrama de relación de las actividades	12/04/2021
		F. Seguridad humana. B. Productos, procesos. Almacenamiento, oficinas, pasillos.	Diseñar el prototipo de distribución de planta.	Plano del prototipo de distribución de planta.	19/04/2021
Específico 5	2.Operations Research and Analysis	Simulación Montecarlo	Simular la propuesta.	Indicadores de desempeño de la propuesta.	28/04/2021
	5.Quality & Reliability Engineering	B. Estadística básica, análisis de varianza.	Comparar modelo actual con modelo propuesto.	Conclusiones y recomendaciones.	05/05/2021
	12.1Product design and development	I. Métodos y procedimientos para la actividad productiva, Instrucción de trabajo/documentación para la producción.	Diseñar el manual de la operación de secado	Procedimiento operacional estándar.	25/05/2021

V.MEJORAR

A. Desarrollo del diseño de la solución

En esta etapa se realizó el diseño de la alternativa seleccionada, correspondiente al aprovechamiento del calor residual de la marmita, para optimizar la operación del secado, al igual que una propuesta para redistribuir la configuración de planta actual, partiendo de los objetivos de caracterización. Para ello, se tuvo en cuenta diferentes factores expresados por los gerentes y los operarios de LA EMPRESA. Las mejoras fueron diseñadas con base en la capacidad actual, debido a que el rendimiento no da abasto con las órdenes de los clientes, principalmente por el cuello de botella, correspondiente al secado de las láminas de cartón y debido al traslado a una nueva planta, que se dio para disminuir los costos de alquiler.

Para iniciar, la Fig. 14. ilustra la propuesta del secador y sus componentes. En primera instancia, se consideró utilizar el quemador de la marmita, sin embargo, esto reduciría su eficiencia; si se adiciona un componente, la fuente tendría que suministrar en partes iguales calor para calentar, aumentando el tiempo de la pasteurización. Como resultado, una disminución en su rendimiento. Esto parte del principio de balance energético, donde ante una diferencia de temperaturas, el flujo de calor se distribuye uniformemente hacia los cuerpos que componen el sistema. Por lo tanto, se parte del aprovechamiento de su calor residual, generado a lo largo de su superficie para que, en lugar de disiparse en el medio, este se tome y se transporte hacia los alrededores de los formatos tendidos [ver Anexo 15] [23]. Con este prototipo, se cumplen los requerimientos de LA EMPRESA; no aumenta el área disponible, no implica operarios adicionales, sólo requiere electricidad para el ventilador interno.

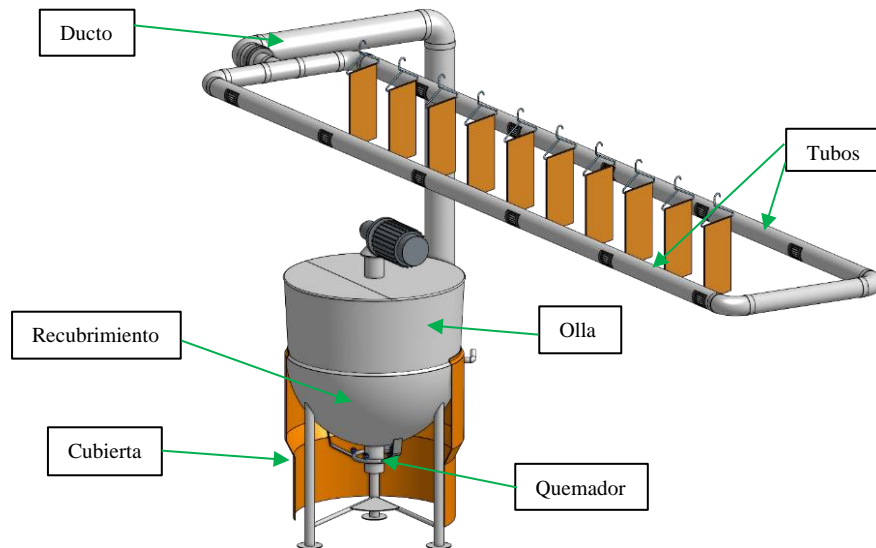


Fig. 14. Diseño propuesto de aprovechamiento de calor residual de la marmita.

Se propone que la cubierta esté a una distancia de 5 cm del área superficial de la marmita, y sea elaborada de 0,45 mm de grosor en un material en acero inoxidable (que presenta alta ductilidad y resistencia térmica, dureza, soldabilidad, mecanizado, corte, doblado y plegado), por facilidad para el diseño. Este se sitúa en la mitad inferior de la marmita, denominada recubrimiento, pues es la zona con mayores temperaturas superficiales. Al interior de esta, fluye un aceite termo conductor, el cual está contenido entre las paredes de la marmita, precisamente por la ubicación del quemador.

Para la salida del material pasteurizado, la marmita cuenta con una llave en la parte inferior. Por ello, el diseño de la cubierta no es completo, dando la posibilidad de ubicar los baldes debajo de esta para así retirar la materia prima, sin afectar el flujo. Cabe destacar que, el secador funciona sólo cuando la marmita está en funcionamiento. Esta última en promedio pasteuriza durante 5,09 h, dos veces al día, implicando un tiempo de 61,08 h/semana.

Replicando un sistema de calefacción, el prototipo cuenta con una entrada de aire desde la cubierta que rodea la marmita, atrapando el calor generado de su área superficial. Así, mediante un extractor, fluiría una corriente caliente hacia las salidas del conducto, aumentando la temperatura alrededor de los cartones y, consecuentemente, reduciendo la humedad del ambiente. De

esta manera, se compensaría la dependencia de las condiciones climáticas, estabilizando el proceso de elaboración de materia prima.

Para las especificaciones técnicas del extractor, este tiene un diámetro de 6 in, un flujo volumétrico de 0,22 m³/s y requiere 110 V. El aire impulsado se transporta por un conducto, cuyo diámetro es de 15,5 cm, separándose en dos ductos con 10 cm de diámetro cada uno, que permiten la salida del flujo a las láminas por medio de unas rejillas. Para estos, se propone como material el aluminio que, por medio de las láminas dobladas, se le puede dar forma al conducto. Adicionalmente, se recomienda que este sea cubierto por lana mineral, un recurso común en los sistemas de secado, gracias a su alta eficiencia de climatización [24].

Durante las visitas realizadas en el mes de marzo de 2021, utilizando un pirómetro se determinó que, en el área superficial del recubrimiento, donde circula el aceite termo conductor, la temperatura varía entre 45 y 136 °C. El rango más alto corresponde a la zona cercana al quemador y el más bajo a la parte alta de la capa. En la olla, la temperatura varía entre 40 y 45°C, por ello, la cubierta no incluye a la olla.

Por otra parte, la Fig. 15. ilustra la salida del tubo en la cubierta, donde el extractor toma el calor generado por la marmita, transportando aire caliente por medio de los ductos hacia los cartones.

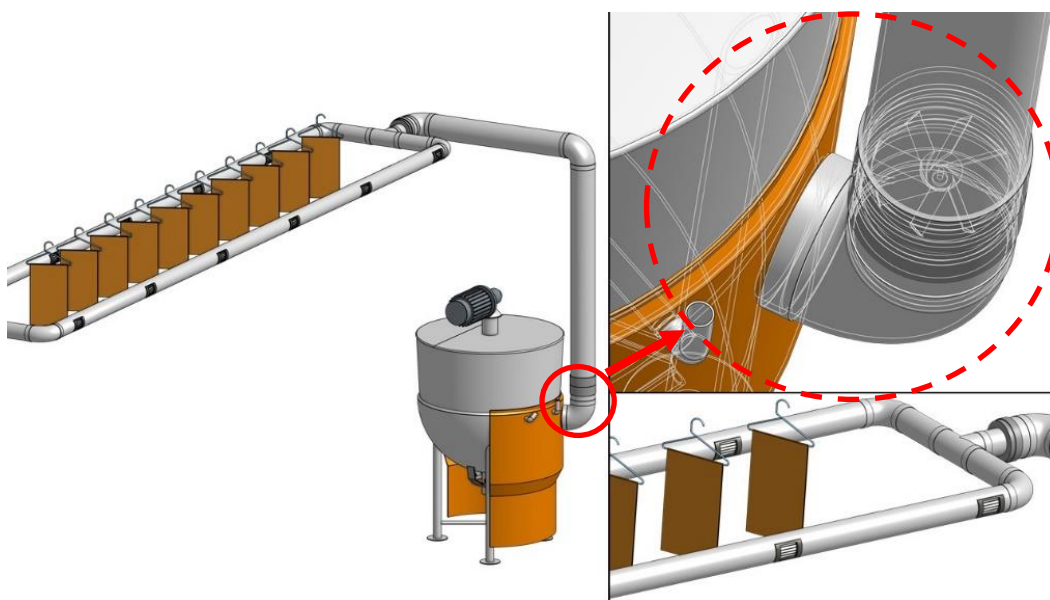


Fig. 15. Detalles de la propuesta de diseño.

Teniendo en cuenta la ubicación de la marmita con el diseño del secador, se desarrolló la propuesta de distribución de planta [ver Anexo 16 y 17] utilizando herramientas del sistema SLP [ver Anexo 18]. En primer lugar, no se realiza un análisis Producto-Cantidad, pues dado el alcance del proyecto, el desarrollo de este es sobre la elaboración de cartón germinable, es decir, un sistema mono producto. En cuanto al flujo de materiales, durante la etapa MEDIR se utilizaron diferentes diagramas para caracterizar el estado actual.

En esta propuesta, con ayuda de la gerencia, se listaron las actividades involucradas en el proceso para construir la matriz de relación de actividades, la cual, comprendió la situación actual junto con espacios propuestos por el equipo [ver Anexo 18, Hoja: “Diagrama relacional”]. Como resultado, se obtuvo el diagrama de relación de actividades [ver Anexo 19]. A partir de este, utilizando el método *Guerchet*, se calcularon las áreas adicionales para tener en cuenta, dando un uso adecuado del espacio [ver Anexo 20, Hoja: “Guerchet”]. En efecto, se debe considerar una superficie de gravitación, referente al área requerida para mover insumos y la circulación de los operarios en las máquinas; y una superficie de evolución, asociada a los espacios adicionales para proteger al operario. Con esta, se garantiza la seguridad de estos a manera de pasillos, permitiendo el desplazamiento de recursos a través de la planta.

De esta manera, se realizó la propuesta de una nueva distribución de planta [ver Anexo 16 y 17]. En esta, se contempla la posibilidad de apilar los tanques de inventario (para todo tipo de materiales en proceso) y las bases semicilíndricas donde se cuelgan los formatos húmedos antes de ser tendidos. Para estas últimas se propuso soldarlas, lo cual fue aprobado por la gerencia, estos consultaron a un experto y se recibió una respuesta positiva. Así, se aprovecha el espacio cúbico, reduciendo la expansión de las zonas de arrume, dando posibilidad a asignar nuevos componentes y/o mejorar el ancho de los pasillos. Esto garantiza un control sobre la circulación de operarios y del material. Adicionalmente, ubicando las operaciones que tratan la corona de piña hacia un costado, y las que manipulan el papel reciclado en el centro, permite que estas trabajen en paralelo sin cruzarse, dando continuidad en forma de herradura sin retrocesos adicionales hacia el interior.

En cuanto al producto terminado, se identificó una zona de insumos y misceláneos en el techo de las oficinas. Estos no son utilizados, dada la capacidad actual de la planta. Desde una perspectiva de Manufactura Esbelta, no agregan valor, por tanto, son ociosos y se deben retirar. En su lugar, se podría ubicar el inventario de producto terminado y de papel reciclado, cumpliendo con su relación de cercanía no-deseable, con los componentes que tratan la corona de la piña. Para conectar estas áreas, se propone hacer uso de un montacarga fijo liviano, ubicado en la zona administrativa, para alistar las cajas de despacho y almacenar el papel reciclado. Sin embargo, para iniciar el proceso de producción, este se podría alcanzar desde la zona operativa mediante una escalera.

Cabe destacar que esta propuesta agrupa diferentes ideas por parte del equipo, al igual que los aportes de los operarios y el gerente de planta. En la Fig. 16. se ilustra la disposición planteada. En primera instancia, se consideró manejar un flujo paralelo de corona de piña y papel reciclado hacia un costado de la zona operativa seca. Sin embargo, debido a su relación de cercanía no-deseable, implicó ubicar toda actividad que manipule papel (excepto el licuado y almacenamiento) alejado de la materia prima. Por otro lado, al consultar con los dueños sobre disponer la planta en forma de herradura, para tener un *throughput* sin reprocesos, se descartó debido a normativas de seguridad industrial; las materias primas y las fuentes de energía (en este caso trifásicas) no deben estar juntas. Debido a esto, máquinas como la formadora y la marmita deben conservar su lugar, condicionando la trayectoria de los formatos para su última etapa como productos terminados.

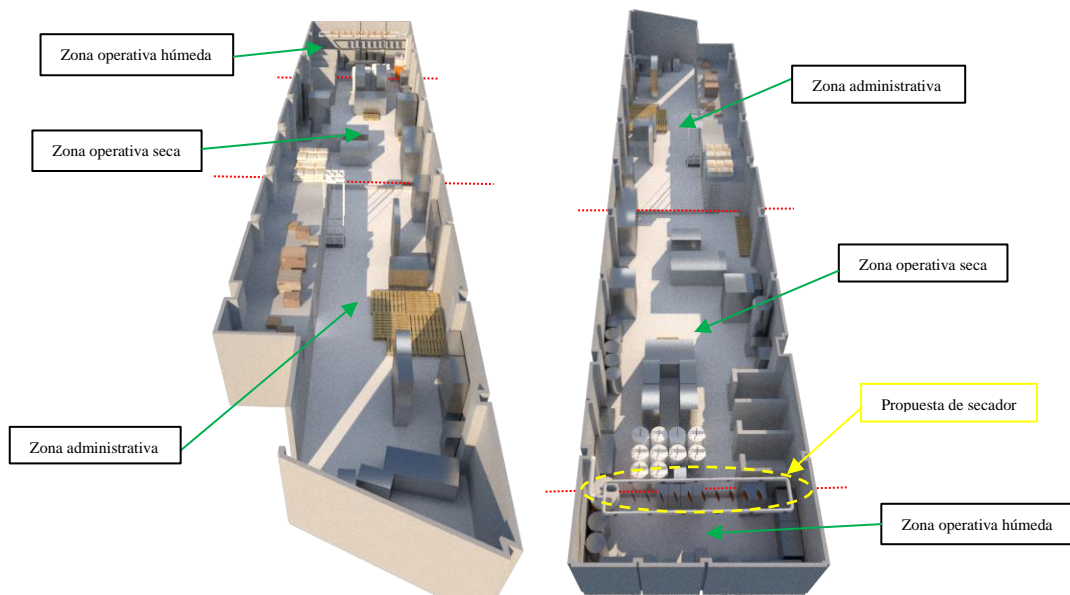


Fig. 16. Distribución de planta propuesta.

En definitiva, se llegó a una propuesta que evalúa la dependencia de las condiciones climáticas para aprovechar, desde el proceso mismo, el calor residual de la marmita, mejorando el rendimiento en la estación de secado. De esta manera, aumentaría la capacidad de LA EMPRESA. Esto implica una mejora del flujo que, junto con el traslado a una nueva planta, da la necesidad de redistribuir la configuración de esta. Para ello, se contempla el uso de dos inventarios de corona de piña para una mayor acogida a la recepción de materia prima. Adicionalmente, teniendo en cuenta el rendimiento y relación de las operaciones, se hace uso de puntos de espera entre estas, tal como el área entre la trituración y la marmita. Además, hay un aprovechamiento del espacio

inutilizado, disminuyendo la concentración al interior de la zona operativa, aprovechando el techo de las oficinas y el corredor en la zona administrativa, conservando la distribución por producto y en forma de herradura.

B. Validación y diseño propuesto

A través de las visitas realizadas en LA EMPRESA durante el mes de marzo y abril del 2021, se recopiló información para el desarrollo del secador y se comprobó con los operarios, que los cartones tendidos encima de la marmita se secan más rápido respecto al resto. Para confirmarlo, se realizó una toma de datos, monitoreando su estado, donde se registró el número de días requeridos para poder destenderlos. Según los resultados [ver Anexo 21], la espera fue en promedio un 38% más bajo, a diferencia del secado natural. A su vez, la propuesta de distribución de planta se evaluó desde el análisis de recorrido y de

transportación.

Mediante la simulación del sistema productivo de LA EMPRESA, se estimaron los tiempos de cada operación, ajustándolos al proceso real de transformación de materia prima. Esto permitió comparar la diferencia de lapsos, entre el secado a manera de tendido y por medio de calor asistido. Para determinar el sistema de secado más apropiado, se tuvo en cuenta opiniones de expertos en Ingeniería de Materiales, Ingeniería Mecánica y Termodinámica, en relación con el aprovechamiento del calor de la marmita, concretamente, de profesores de la Pontificia Universidad Javeriana, seccional Cali.

Desde la Ingeniería de Materiales, el profesor Mario Fernando Muñoz, descartó la idea de aprovechar el calor del vapor emitido por la marmita, pues, además de que la temperatura no sería suficiente para alimentar la zona de secado, la condensación puede perjudicar la humedad del ambiente, afectando el tiempo de secado. En cuanto a la Ingeniería Mecánica, el profesor José Luis Ramírez afirmó que, al aprovechar el calor directamente del quemador, la eficiencia del proceso se vería afectada considerablemente. Por otra parte, desde el punto de vista termodinámico, el ingeniero Jorge Francisco Estela, aprobó el aprovechamiento del calor residual, desde su área superficial, al igual que el emitido al ambiente. A través del consenso de estos aportes, se logró validar un diseño apropiado, que utilice de manera efectiva el calor de la marmita, con el fin de no tener una dependencia de las condiciones climáticas [ver Anexo 15] [23]. De esta manera, puede haber un mejor control de la humedad en la zona de secado, reduciendo el tiempo de espera de los formatos tendidos.

Según lo anterior, al aprovechar el calor residual de la marmita, a través de ductos, que distribuyen el aire caliente en la zona de secado, habría una disminución en la humedad de los cartones. De esta manera, se reduciría el tiempo de secado, contrarrestando el cuello de botella y mejorando el flujo de materiales. Así, se estima cumplir con el aumento del rendimiento en un 10%.

En cuanto a la distribución de planta, se realizó un análisis de transportación mediante el método de Carga-Distancia, para comparar la configuración actual con la propuesta [ver Anexo 22]. Las distancias fueron tomadas con base en el nuevo diagrama de recorrido [ver Anexo 23], a partir del nuevo *layout*. LA EMPRESA cuenta con una productividad del 20,7%, en donde se transportan 5734,16 kg de material, requiriendo un esfuerzo de carga de 27 669,68 kg*m. Ahora bien, teniendo en cuenta la configuración propuesta, al considerar la relación de cercanía entre los componentes, pactados con el gerente de planta y, conservando los niveles de producción del sistema actual, o carga, se tiene una productividad de 25,5%; es decir, se redujo a 22 461,36 kg*m. De esta manera, se aumenta la productividad en un 23,2%, validando la propuesta de configuración del espacio.

Adicionalmente, con base en los factores problemáticos identificados y analizados durante las visitas en LA EMPRESA, se realizó la evaluación de ventajas-desventajas, contrastando el *layout* actual con el propuesto, a través de una serie de preguntas para el gerente. Se destaca que la disposición cumple con algunos de los requerimientos productivos, sin embargo, no cubre aspectos como anchos de pasillo ni aprovechamiento adecuado del espacio. Adicionalmente, hay maquinaria inutilizada que está presente y se utiliza como almacenamiento. Por ello, la propuesta fue hecha para cubrir dichas necesidades, entre otros aspectos. En la TABLA IX se muestran los resultados de la entrevista. Los círculos llenos representan una ventaja, los vacíos una desventaja, y las medialunas ventaja parcial:

TABLA IX
EVALUACIÓN DE PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

LEYENENDA				
Figura	Símbolo	Escala (valor)		
	Ventaja total	4		
	Ventaja parcial	2		
	Desventaja	-2		
-----	No-definible	0		
Preguntas		Alternativas		
		Actual	Propuesta	
1	¿Mejora el orden?			
2	¿Tiene una mejor utilización de espacio?			
3	¿Tiene espacio útil libre?			
4	¿Tiene un flujo adecuado?			
5	¿Mejora otras condiciones de trabajo?			
6	¿Facilita las actividades de acarreo de materiales?			
7	¿Tienes áreas asignadas para cada operación?			
8	¿Cumple con relación de actividades?			
9	¿Respeto el espacio para los desplazamientos?			
10	¿Genera una mejor motivación para el			
11	¿Optimiza el espacio?			
12	¿Contribuye a la organización de los Inventarios en			
13	¿Reduce los movimientos innecesarios o retrocesos?			
14	¿Aprovecha la maquinaria disponible en la distribución?			
15	¿Cumple con los requerimientos de la			
Resumen			7 / -14	0
			7 / 14	0
			1 / 4	15 / 60
Total		4	60	

En lo que respecta a los tiempos de las operaciones, estos se obtuvieron por medio de simulación de eventos discretos. En la Fig. 17. se ilustra el porcentaje de tiempo de las operaciones, con respecto al tiempo de ciclo en la elaboración de cartones germinables. Se muestra que, para la operación de secado, hubo una reducción de 9,14% con la implementación de la propuesta, en comparación con el estado actual de la misma. Cabe destacar que, a pesar de esta variación, se mantiene el cuello de botella.



Fig. 17. Fracción de tiempo antes vs después.

Por su parte, se hizo un mejor aprovechamiento del espacio. A pesar de que la zona operativa húmeda prácticamente conserva su utilización, la distribución propuesta establece pasillos para brindar un flujo de materiales más oportuno. Se establecieron lugares funcionales dentro de la zona administrativa, dándole utilidad a espacios que anteriormente se utilizaban como depósitos para misceláneos y recursos inutilizados, reemplazándolos por almacenes de producto terminado de materias primas, así como denotar lugares estratégicos para una mejor gestión de despachos, sin necesidad de adentrarse en la zona operativa seca. En esta última se conservó un área central libre, en caso de implementar componentes adicionales [Ver Anexo 20, Hoja: “Áreas propuestas”].

Finalmente, el indicador de rendimiento, en las operaciones principales del proceso de transformación de materia prima, tuvieron un cambio poco perceptible. Partiendo del cuello de botella y, gracias a la propuesta de mejora, el rendimiento global del proceso aumentó de 1,55 a 2,95 kg/h. Consecuentemente, el tiempo de ciclo disminuyó de 217,62 a 128,04 h.

Con base en las propuestas de mejora, se reevaluaron los indicadores de desempeño (KPI's) teniendo en cuenta las nuevas condiciones y se listan en la TABLA X:

TABLA X
INDICADORES ACTUAL CONTRA PROPUESTOS

Variable	Indicador	Actual	Meta	Propuesta	Anexo
Tiempo de secado	Fracción de tiempo de secado	0,88	0,7823	0,79	[Anexo 24, Hoja: “Estad. descriptivas”]
Capacidad productiva	Rendimiento (Secado)	1,55 kg/h	1,705 kg/h	2,95 kg/h	[Anexo 9, Hoja: “Capacidad productiva(propuesta)”]
Productividad	Carga-Distancia	20,7%	23,80%	25,5%	[Anexo 22]
Tiempo de proceso	Tiempo de proceso promedio	217,62 h	195,41 h	128,04 h	[Anexo 24, Hoja: “Actividades”]
Utilización del espacio	% Utilización del espacio total	22,51%	Tener control sobre la utilización de los espacios, considerando los necesarios para una mejor circulación del materia y personal	33,62%	[Anexo 20, Hoja: “Áreas propuestas”]
	% Utilización de zona administrativa	13,82%		34,60%	
	% Utilización de zona operativa seca	28,06%		31,35%	
	% Utilización de zona operativa húmeda	40,75%		39,84%	

VI. CONTROLAR

A. Medición de los impactos

De acuerdo con los resultados de las propuestas diseñadas, se realizó un análisis económico relacionado con los impactos esperados en LA EMPRESA, con base en la disminución del tiempo de ciclo. De esta manera, la TABLA XI ilustra la evaluación monetaria, analizando el impacto en el aumento del rendimiento en el proceso de transformación de materia prima, con el fin de evaluar la factibilidad de los entregables:

TABLA XI
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA INVERSIÓN REQUERIDA POR LA PROPUESTA

		Actual	Propuesta
Tiempo de ciclo (días)		11,42	7,81
Mano de obra	Auxiliar	\$ 342 600	\$ 234 300
	Operario	\$ 399 700	\$ 273 350
Servicios	Acueducto	\$ 33 575	\$ 22 961
	Energía	\$ 99 719	\$ 82 189
	Gas	\$ 126 077	\$ 86 222
	Alcantarillado	\$ 35 082	\$ 23 992
Costo fijo	Renta	\$ 913 600	\$ 624 800
Insumos y materiales		\$ 114 000	\$ 114 000
Total		\$ 2 064 353	\$ 1 461 815
Inversiones		\$ 4 473 600	
Beneficio por		Ciclo	Anual
		\$ 602 538	\$ 22 896 453
B/C		5,12	
ROI		412 %	
PRI		2,50 meses	

Actualmente, los costos operativos están compuestos por mano de obra, servicios, renta y adquisición de insumos. Cabe destacar que la materia prima no tiene un costo de aprovisionamiento, pues tanto la corona de piña como el papel reciclado, son donados por diferentes fuentes. Por otra parte, el salario del auxiliar es de 30 000 COP/día y el del operario 35 000 COP/día; los servicios de gas, energía, alcantarillado y agua son en total 644 600 COP/mes; la renta es de 2 000 000 COP/mes; y los insumos y materiales generan un costo de 114 000 COP/ciclo.

Por otra parte, la evaluación económica se realizó a partir del tiempo de ciclo, teniendo en cuenta que actualmente es de 11,42 días, pero, según los indicadores de desempeño medidos en la propuesta, este se reduciría a 7,81 días. De esto, los costos asociados se tratan según la jornada laboral de 7,5 h/día, en un plazo de 25 días/mes, excluyendo domingos y festivos. Los insumos y materiales permanecen con un monto constante, debido a una misma cantidad de producción. De esta manera, los costos totales implicados para la situación actual y propuesta son de 2 064 353 COP/ciclo y 1 461 815 COP/ciclo, respectivamente. Por otro lado, la inversión requerida es de COP 4 473 600, comprendiendo los materiales para el diseño del secador, y elementos adicionales para la distribución de planta, tales como estanterías y un montacarga [ver Anexo 25].

Es importante enfatizar que la propuesta está diseñada a nivel estratégico, es decir, en un plazo de mínimo un año. Teniendo en cuenta que LA EMPRESA tiene un total de 300 días laborables, traducido a alrededor de 38 ciclos de producción, se estima que el beneficio será de 22 896 453 COP/ciclo. A partir de los resultados obtenidos, para cuantificar económicamente los impactos de la propuesta, se calculó el retorno de la inversión (abreviado como ROI), en términos de ahorros. Este resultado indica que, por cada peso invertido, obtendrá un ahorro del 412 %. Seguidamente, la razón Beneficio-Costo (abreviado como B/C) muestra que, por cada peso asumido en la financiación adicional, LA EMPRESA tendrá ingresos a una razón de 5,12. Finalmente, se calculó el periodo de recuperación de la inversión (abreviado como PRI), donde a partir del ahorro, el resultado indica que luego de ocho ciclos se recupera la inversión, es decir, alrededor de 2,5 meses.

B. Estandarización de la solución – POE's (plan de control)

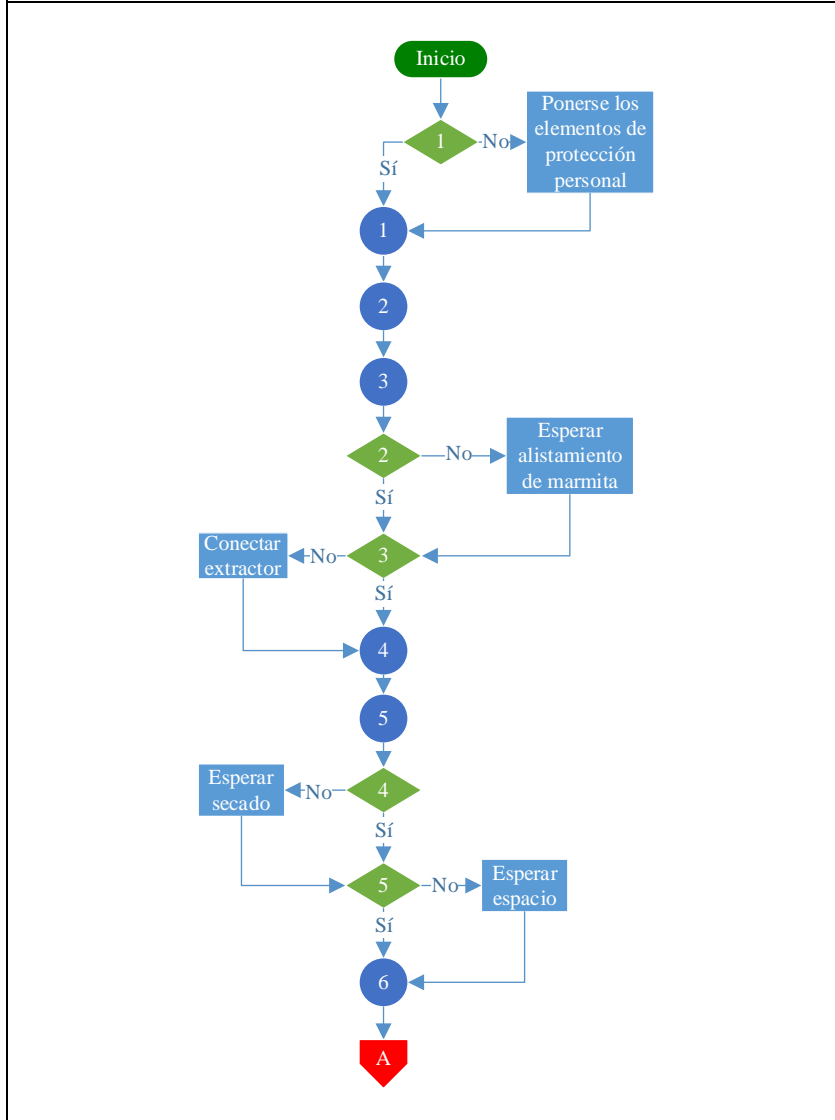
De acuerdo con la propuesta planteada, es necesario llegar a un estándar en el uso de los recursos adicionales. En este caso, el entregable está orientado a mitigar el cuello de botella, atribuido a la operación de secado. Las instrucciones parten desde la operación de moldeo, pues a partir de esta, las tareas se realizan continuamente dentro de la jornada laboral. De acuerdo con la TABLA XII, se indica el tipo de actividad a realizar, precisando las instrucciones, elementos y responsables al respecto. Es esta manera, se garantiza el funcionamiento de la propuesta del presente proyecto, especificando el uso del secador y cómo llevar a cabo los requerimientos de producción.

TABLA XII
PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ESTÁNDAR

Procedimiento Operacional Estándar (POE)				
Proceso de secado del cartón germinable				
Versión 001		Emisión: junio 2021		Página 1 de 3
OBJETIVO:				
Estandarizar el proceso de secado en la transformación de materia prima en LA EMPRESA				
INDICADORES:				
Fracción de tiempo / Carga-Distancia / Rendimiento / Tiempo promedio / Utilización de espacio				
Actividad	Descripción	Información	Requerimientos	Responsable
1	Elementos de Protección Individual (EPI's)	Debe tener puestos los implementos de protección personal	Gafas, botas, guantes y cinturón de peso	Operario y Auxiliar
1	Moldear materia prima	Proceso de moldeo, zona húmeda	Moldes, agua, tinas	Operario
2	Arrumar los cartones húmedos	Zona húmeda	Espacio	Operario
3	Ubicar ventilador frente al arrume de cartones	Primera etapa de secado, donde los cartones expulsan el exceso de agua	Ventilador	Operario
2	Verificar que la marmita esté en funcionamiento	La marmita debe estar encendida mínimo 10 min antes del proceso de secado	Marmita funcional	Auxiliar
3	Comprobar el encendido del extractor	Si la respuesta es afirmativa, el secador está funcionando	Extractor encendido	Auxiliar
4	Poner los ganchos a los cartones	Enganchar cada cartón húmedo en un gancho	Ganchos y pinzas	Auxiliar
5	Colgar cartones húmedos en bases semicilíndricas	En las bases semicilíndricas existen tubos donde se deben colgar los cartones.	Bases semicilíndricas desocupadas, tubos	Auxiliar
4	Verificar que los cartones tendidos estén secos	Deben haber perdido suficiente humedad, teniendo en cuenta el tiempo de ciclo	Cartones secos	Operario
5	Revisar espacio disponible para tendido de cartones	Verificar espacio para tender	Espacio	Auxiliar
6	Tomar cartones tendidos de las bases semicilíndricas	Tomar los tubos de las bases semicilíndricas con los cartones tendidos	Tubo para transportar	Operario o Auxiliar

Procedimiento Operacional Estándar (POE)				
Proceso de secado del cartón germinable				
Versión 001	Emisión: junio 2021	Página 2 de 3		
OBJETIVO:				
Estandarizar el proceso de secado en la transformación de materia prima en LA EMPRESA				
INDICADORES:				
Fracción de tiempo / Carga-Distancia / Rendimiento / Tiempo promedio / Utilización de espacio				
Actividad	Descripción	Información	Requerimientos	Responsable
7	Pasar los cartones enganchados al área del secador	Con ayuda de los tubos se pasan los cartones a los cables en la zona de secado	Espacio	Auxiliar
8	Descolgar cartones	Retirar de cables de tendido	Cartones	Auxiliar
9	Descartonar y desmontar	Retirar pinzas y gancho del cartón, retirar tela industrial	Cartones	Auxiliar
1	Llevar a almacenamiento	Almacenar para tercerizar	Cartones	Operario o Auxiliar

DIAGRAMA DE FLUJO



Procedimiento Operacional Estándar (POE)		
Proceso de secado del cartón germinable		
Versión 001	Emisión: junio 2021	Página 3 de 3
OBJETIVO:		
Estandarizar el proceso de secado en la transformación de materia prima en LA EMPRESA		
INDICADORES:		
Fracción de tiempo / Carga-Distancia / Rendimiento / Tiempo promedio / Utilización de espacio		
DIAGRAMA DE FLUJO		
<pre> graph TD A[A] --> 7((7)) 7 --> 8((8)) 8 --> 9((9)) 9 --> Fin([Fin]) </pre>		

C. Conclusiones

A la fecha, LA EMPRESA opera sin indicaciones estandarizadas. El operario lleva a cabo todas las actividades con base en su experiencia, mientras que delega otras labores a su auxiliar según la necesidad. Por ello, a través de herramientas de ingeniería industrial, tales como cursograma sinóptico, diagramas SIPOC, de bloques, de flujo y de recorrido, se caracterizó el proceso de transformación de materia prima. De esta manera, se puede conocer de antemano el funcionamiento de este, facilitando el reconocimiento de futuras oportunidades de mejora y aumentando su calidad.

Por otra parte, se midieron sus variables críticas, para identificar el cuello de botella. Estas fueron capacidad productiva, productividad, tiempo de proceso y utilización de espacio. De acuerdo con la Fig. 7. y Fig. 8., la acumulación de tiempo más alta y la tasa de procesamiento más baja, respectivamente, corresponde a la operación de secado. Además, el lugar donde se realiza dicha espera se encuentra encima de la zona operativa húmeda [ver Anexo 2 y 3], dando un retraso adicional junto con las dependencias climáticas. Por estas razones y, con base en la Fig. 17., el cuello de botella que condiciona el proceso de transformación de materia prima es secado.

Con base en lo anterior y, de acuerdo con la TABLA XII, se diseñó un método para contrarrestar el cuello de botella del proceso en cuestión, junto con la caracterización de este, y el diseño del secador. Cabe destacar que la propuesta no logró corregir el eslabón condicionante, pues de acuerdo con la Fig. 17., el porcentaje de tiempo de secado se redujo de 88,23% a 79,09%, mientras que las operaciones restantes no llegan a constituir el 10%. Sin embargo, la TABLA X muestra mejoras, según el indicador medido; la productividad aumentó en cinco puntos porcentuales, el rendimiento aumentó de 1,55 kg/h a 2,95 kg/h y el tiempo promedio del proceso se redujo en aproximadamente cien horas.

En cuanto a la distribución de planta, según la aglomeración en la zona operativa húmeda [ver Anexo 2], el espacio inutilizado en la zona administrativa [ver Anexo 4], y el diagrama de recorrido actual [ver Anexo 10], se realizó una propuesta de reordenamiento, a partir del sistema SLP y utilizando el método *Guerchet* [ver Anexo 20]. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la relación de actividades [ver Anexo 18], se consideró un ancho para pasillos con una medida de 1,2 m, las necesidades de los trabajadores y el flujo de materiales. Cabe destacar que esta se realizó teniendo en cuenta la participación de la gerencia y los operarios, al igual que los imprevistos vivenciados durante las visitas industriales. De esta manera, con la adición de nuevos recursos como el montacargas fijo y las estanterías, aprovechando el espacio cúbico y ubicando los componentes en función del flujo de material, se empleó un mejor aprovechamiento del espacio [ver Anexo 16].

Finalmente, los diseños propuestos para el proceso fueron evaluados y validados a través del uso de herramientas computacionales como Excel, el paquete estadístico Minitab, SketchUp y plataforma OnShape. Con estos se evaluaron los datos procesados para el análisis, el diseño de la distribución de planta y secador, respectivamente.

D. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y las conclusiones declaradas, a la fecha existen oportunidades de mejora adicionales que podrían atenderse con proyectos posteriores. De manera inmediata, y, de acuerdo con la propuesta de distribución de planta [ver Anexo 16], se recomienda que LA EMPRESA delimite las zonas de trabajo con cintas de señalización. Por otro lado, es importante identificar la ubicación de las imperfecciones del suelo para reducir el riesgo ante un accidente laboral. Otros aspectos menores que podrían dar un valor adicional son: integrar los ganchos y pinzas en una sola pieza para reducir los tiempos de montaje; e incorporar resguardos en máquinas como la trituradora, marmita, licuadora y mezcladora para disminuir la cantidad de desperdicios de producto en proceso.

Adicionalmente, en la TABLA XIII se hace énfasis en Proyectos de Diseño adicionales, en donde se puedan hacer nuevos aportes para LA EMPRESA:

TABLA XIII
PROPUESTAS DE NUEVOS PROYECTOS

NOMBRE DEL PROYECTO		
Procesos y ergonomía en una empresa de empaques ecológicos	Programa de producción para una empresa de empaques ecológicos	Propuesta de un sistema de inventarios para una empresa de empaques ecológicos
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		
Este proyecto busca aplicar principios y técnicas de Ingeniería de Métodos, Ergonomía, Seguridad y Salud en el Trabajo, en los procesos productivos de LA EMPRESA. De esta manera, se busca llegar a una metodología de trabajo más segura y eficiente en el proceso de transformación de materia prima germinable.	Este proyecto pretende implementar un programa de manufactura en todas las líneas de productos. Este comprende el flujo de insumos y materiales, producto en proceso y terminado, utilización de maquinaria, y tiempo disponible según los turnos.	En este proyecto se busca aplicar la gestión operacional en el pronóstico de la demanda y sistemas de inventarios en los procesos productivos de LA EMPRESA. Así, se puede lograr una producción <i>make to stock</i> , estandarizando y anticipando la cantidad de materia prima e insumos necesarios, según los requerimientos de los clientes.
CASO DE NEGOCIO		
Mediante la caracterización del proceso productivo, se identificó un incumplimiento en los principios de Seguridad y Salud en Trabajo, al igual que insuficiencia en los implementos de protección personal. Adicionalmente, las operaciones son semi-industriales, implicando una dependencia de la actividad humana en el uso de maquinaria. Sin embargo, entre sus operaciones existen actividades manuales, sin medidas ergonómicas, traduciéndose en esfuerzos adicionales por parte de los trabajadores.	Durante las visitas industriales realizadas a LA EMPRESA, se hallaron falencias en los procesos productivos. La mayor parte del turno laboral no está programado, implicando la falta de un estándar. El operario debe conocer muy bien su labor y bajo criterio propio decidir en qué operación o actividad puede trabajar durante la jornada. Adicionalmente, el ingreso de insumos a la empresa no tiene una periodicidad definida, retrasando el proceso de producción debido al <i>lead time</i> de estos.	Mediante la caracterización del proceso de fabricación de cartones germinables de LA EMPRESA, se encontró una oportunidad de mejora en la gestión de inventarios. El inventario en proceso aumenta la cantidad de materia que se puede tratar en el turno laboral. Adicionalmente, no hay un estándar en el requerimiento de materia prima a transformar para satisfacer la demanda de LA EMPRESA.
RECURSOS PRE ASIGNADOS		
Conocimientos en Seguridad y salud en el trabajo, Ingeniería de métodos, <i>Lean Manufacturing</i> y Ergonomía.	Bases y conocimientos en ingeniería de métodos, procesos industriales y operaciones.	Para este proyecto es necesario tener conocimientos operaciones y modelación matemática.
INTERESADOS		
Las entidades y/o personas impactadas con este proyecto son LA EMPRESA como interesado con mayor prioridad, el equipo encargado de llevar a cabo los entregables, además de un director o asesor quién sería un apoyo para la realización de estos. Otro interesado en este trabajo es la Pontificia Universidad Javeriana Cali, en el caso que dentro del Proyecto de Diseño de la carrera de Ingeniería Industrial.		

VII. GLOSARIO

A

Agroindustria: Hace relación a la transformación de productos procedentes de la agricultura, la actividad forestal y la pesca; a partir de estos productos obtenidos de la tierra, de ríos y de mares, se elaboran materias primas y derivados del sector agrícola [25].

AHP: Es una técnica usada para la toma de decisiones basada en realizar una distribución de las alternativas de decisión en función de una prioridad o jerarquía. Esta metodología optimiza la toma de decisiones generales y se utiliza para resolver problemas en los cuales existe la necesidad de priorizar distintas opciones y decidir cuál es la más conveniente. [27,28].

B

Brainwriting: Es una herramienta para la generación de ideas en grupo entorno a un tema propuesto. Esta metodología de creatividad permite a los integrantes de un equipo generar ideas, planteándolas en un papel sin comunicación entre los demás integrantes. Al final de la actividad se intercambian las ideas planteadas para el análisis y selección de estas [28].

B/C: Relación beneficio - costo.

C

Calor residual: Es el calor contenido en los productos y subproductos de un proceso, que eleva su temperatura a niveles mayores de los adecuados para su emisión o almacenaje. Este calor puede ser aprovechado para recoger o distribuir el calor para reutilizarlo en el mismo equipo o en otros, o para disminuir la temperatura de emisión de fluidos de manera que se reduzca la contaminación térmica [23].

Convección: Es la transferencia de calor de un cuerpo a otro a través de fluido [29].

D

Ductilidad: Propiedad de un material que, bajo la acción de una fuerza, puede deformarse plásticamente de manera sostenible sin romperse [30].

Dureza: Resistencia que un material ofrece a adquirir deformaciones, en particular, plásticas y permanentes [31].

E

Economía circular: Se presenta como un sistema de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción, la reutilización y el reciclaje de los elementos. La economía circular es la intersección de los aspectos ambientales, económicos y sociales; y su objetivo es la eficiencia del uso de los recursos [32].

Extractor: Es un aparato destinado a aspirar y renovar el aire de una estancia. Está compuesto por un ventilador conectado a un motor que le transfiere el movimiento, y tiene dos funciones principales, ente, eliminar exceso de humedad, combatir los malos olores.

F

Flujo volumétrico: indica el volumen de un fluido en movimiento que pasa por un punto en una unidad de tiempo [33].

H

Huella ecológica: Es un indicador de sustentabilidad para conocer el grado de impacto que ejerce cierta comunidad humana, persona, país, organización, región o ciudad sobre el medio ambiente. Se considera tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento del modelo de consumo de la sociedad [34].

I

Innovación: Es la aplicación de nuevas ideas, conceptos, productos, prácticas y servicios, con la intención de ser útiles para el incremento de la productividad y la competitividad. La innovación implica un proceso de transformación que conduce a nuevos productos y procesos [35].

L

Layout: Distribución de planta.

M

Mecanizado: El mecanizado es el conjunto de procesos industriales (corte, marcado, prensado, agujereado, etc.) realizados en una pieza de materia prima para darle una forma y tamaño final deseados limando el material sobrante de forma controlada.

Método Guerchet: Método por el cual se calculan los espacios físicos requeridos para establecer la planta.

P

Pirómetro: instrumento que mide la temperatura sin necesidad de estar en contacto con una superficie.

PRI: Es un indicador financiero que determina el tiempo exacto que requiere una empresa para recuperar determinada inversión [36].

R

Residuos agrícolas: Son los residuos generados en el entorno natural y producidos en las actividades propias de la agricultura.

ROI: Indicador financiero que mide el retorno de la inversión, relacionando la ganancia esperada u obtenida, con la inversión realizada.

S

SARS CoV-19: Es una enfermedad por coronavirus, causada por el virus del síndrome respiratorio agudo severo tipo-2 (SARS CoV-19), declarada como una pandemia en marzo de 2020 [37].

VIII. REFERENCIAS

- [1] D. Rosas, H. Ortiz, J. . Herrera, and O. Leyva, "Revalorización De Algunos Residuos Agroindustriales Y Su Potencial De Aplicación a Suelos Agrícolas," *Agroproductividad*, vol. 9, no. 8, pp. 18–23, 2016, [Online]. Available: <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/796/661/>.
- [2] Y. A. Vargas Corredor and L. I. Peréz Pérez, "Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente," *Rev. Fac. Ciencias Básicas*, vol. 14, no. 1, pp. 59–72, Apr. 2018, doi: 10.18359/rfcb.3108.
- [3] C. Rivera, F. Contreras, W. Ariza, S. Bonilla, and A. Cruz, "Los Empaques Biodegradables, una respuesta a la consciencia ambiental de los Consumidores," *Real. Empres.*, vol. 7, pp. 2–8, 2019.
- [4] H. Monterrosa, "Colombia podría aprovechar 40% de las toneladas de residuos que genera anualmente," *El Heraldo*, Bogotá, Jan. 2019.
- [5] Greenpeace, "COLOMBIA, MEJOR SIN PLÁSTICOS: la contaminación plástica en Colombia y el mundo.," no. Contaminación. pp. 1–10, 2018, [Online]. Available: http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf.
- [6] E. Cabrera, V. Fernández, A. Montano, and D. Dopico, "CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES CON VISTAS A SU APROVECHAMIENTO," *Cent. Azúcar*, vol. 43, no. 4, pp. 27–35, 2016, [Online]. Available: <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v43n4/caz03416.pdf>.
- [7] L. V. Peñaranda Gonzalez, S. P. Montenegro Gómez, and P. A. Giraldo Abad, "Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia," *Rev. Investig. Agrar. y Ambient.*, vol. 8, no. 2, pp. 141–150, 2017, doi: 10.22490/21456453.2040.
- [8] DANE, "Encuesta Anual Industrial - Boletín técnico (2018)," Bogotá, 2018. [Online]. Available: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/EAI/2018/bol_EAI_2018.pdf.
- [9] E. García Martí and C. Ruiz Jiménez, "La etica de la sociedad Cooperativa Agraria en la relación con sus grupos de interés." REVESCO: Revista de estudios cooperativos, pp. 89–108, 2002.
- [10] "RESOLUCIÓN NÚMERO N° 0000834 DE 2013," Bogotá, 2013. [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0834-de-2013.pdf>.
- [11] "RESOLUCION 683 DE 2012," Bogotá, 2012. doi: 10.1179/1743280412Y.0000000001.
- [12] "Ntc 5517," Bogotá, 2007. [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_5517_Etiquetas_ambientales.pdf.
- [13] "RESOLUCIÓN 1407 DE 2018," Bogotá, 2018. [Online]. Available: <file:///C:/Universidad Viviana/Octavo semestre/PD1/LEYES/RES 1407 DE 2018.pdf>.
- [14] S. Sibaly and P. Jeetah, "Production of paper from pineapple leaves," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 5, no. 6, pp. 5978–5986, 2017, doi: 10.1016/j.jece.2017.11.026.
- [15] S. María, R. Gélvez, A. Yesid González Laguado, J. Antonio, and V. Loaiza, "Elaboración De Un Papel Ecológico a Base De Cogollos De Piña," *Rev. Nov.*, vol. 2, no. 1, pp. 50–55, 2016, [Online]. Available: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/620>.
- [16] P. L. Collazo-Abreu, Y. Morejón-Mesa, and L. Fernández-Chuairey, "Mathematical and Experimental Models for the Analysis of Solar Seed Drying," *Ciencias Técnicas Agropecu.*, vol. 27, no. 1, pp. 89–98, 2018, [Online]. Available: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v27n1/rcta09118.pdf>.
- [17] D. E. Roberti, "Cinética del secado convectivo del camarón dulceacuícola (*Macrobrachium jelskii*) a dos temperaturas y dos velocidades de aire," *Rev. Venez. Cienc. y Tecnol. Aliment.*, vol. 2, no. 1, pp. 158–172, 2011, Accessed: Nov. 24, 2020. [Online]. Available: <http://www.rvcta.org>.
- [18] I. Montero, J. Blanco, T. Miranda, S. Rojas, and A. R. Celma, "Design, construction and performance testing of a solar dryer for agroindustrial by-products," *Energy Convers. Manag.*, no. 51, pp. 1–16, 2010, Accessed: Nov. 25, 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019689041000066X>.
- [19] N. Mendez and Y. Martínez, "CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN SIN CARGA DE UN PROTOTIPO DE SECADOR SOLAR EN LA EMPRESA AGROPECUARIA ARNALDO RAMÍREZ," *Universidad&Ciencia*, vol. 7, no. 3, pp. 38–49, 2018, [Online]. Available: <http://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/737>.
- [20] J. Espinoza, "Innovación en el deshidratado solar," *Ingeniare*, vol. 24, pp. 72–80, 2016, doi: 10.4067/S0718-33052016000500010.
- [21] N. Mariani, R. Pereiras, S. Keegan, and G. Barreto, "APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL DE LOS GASES DE SALIDA DE UNA ESTUFA A GAS DE TIRO BALANCEADO DE APLICACIÓN EN VIVIENDAS," *Interciencia*, vol. 38, no. 11, pp. 803–807, 2013.
- [22] Á. Figueroa, "Métodos multicriterio AHP." 2020.
- [23] J. Fernández Juncà, "Análisis de aprovechamiento de gases residuales mediante efecto Seebeck," 2014.
- [24] S. Herranz García and J. García Navarro, "Análisis de ciclo de vida de los paneles de lana mineral de vidrio para la construcción de conductos de climatización. Verificación externa," *Inf. la Constr.*, vol. 69, no. 548, pp. 1–11, 2017, doi:

10.3989/id.55602.

- [25] C. Da Silva, D. Baker, A. Shepherd, C. Jenane, and S. Miranda, *Agroindustrias para el desarrollo*. 2013.
- [26] J. Osorio and J. Orejuela, “El proceso de análisis jerárquico y la toma de decisiones multicriterio,” *Red Rev. Científicas América Lat. el Caribe, España y Port.*, vol. XIV, no. 39, pp. 247–252, 2008, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920503044.pdf>.
- [27] J. Rositas and J. Mendoza, “EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP) COMO MÉTODO INNOVADOR EN LA TOMA DE DECISIONES GRUPALES,” 2013.
- [28] K. Tschimmel, D. Loyens, J. Soares, and T. Oraviita, *Desing Thinking Applied to Education and Training*. 2017.
- [29] Sears and Zemansky, *FÍSICA UNIVERSITARIA*. .
- [30] federación de enseñanza de CC.OO. de andalucia, “PROPIEDADES DE LOS METALES INTRODUCCIÓN,” p. 15, 2011, Accessed: May 21, 2021. [Online]. Available: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8631.pdf>.
- [31] I. Carrascal, D. Cavia, J. Casado, D. Ferrreño, and J. Setién, “Caracterización de Materiales,” 2005. Accessed: May 21, 2021. [Online]. Available: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1060/course/section/1242/Bloque 4 siderurgia.pdf>.
- [32] EMAF, “Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition,” *Ellen MacArthur Found.*, 2015.
- [33] E. Pedroza, C. Millán, V. Arroyo, V. Mejía, J. Santana, and A. Aguilar, “Medición de flujo volumétrico en presas, canales y pozos,” 2016.
- [34] J. Lara, L. Falfán, and A. Villa, “Huella ecológica,” *Secr. Medio Ambient. y Recur. Nat.*, vol. 66, pp. 37–39, 2012.
- [35] F. G. García, “Conceptos sobre innovación.,” *Asoc. Colomb. Fac. Ing.*, vol. 12, no. 4, pp. 34–38, 2012, [Online]. Available: https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DOC_PE_Conceptos_Innovacion.pdf0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2015.01.004%5Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2009.03.005%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=950130.
- [36] R. J. Canales Salinas, “Criterios para la toma de decisión de Inversiones,” *REICE Rev. Electrónica Investig. en Ciencias Económicas*, vol. 3, no. 5, pp. 101–117, 2015, doi: 10.5377/reice.v3i5.2022.
- [37] F. J. Díaz-Castrillón and A. I. Toro-Montoya, “SARS-CoV-2/COVID-19: el virus, la enfermedad y la pandemia,” *Med. y Lab.*, vol. 24, no. 3, pp. 183–205, 2020, doi: 10.36384/01232576.268.

IX. ANEXOS

TABLA XIV

TABLA DE ANEXOS

Número de Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo
1	2020204 - Anexo 1. Plan para Recolección de Datos	Equipo de proyecto	Excel
2	2020204 - Anexo 2. Plano situación actual de LA EMPRESA	Equipo de proyecto	PDF
3	2020204 - Anexo 3. Plano en 3D de la situación actual de LA EMPRESA	Equipo de proyecto	3D Object
4	2020204 - Anexo 4. Utilización de espacio situación actual	Equipo de proyecto	Excel
5	2020204 - Anexo 5. Información brindada por el operario	Equipo de proyecto	Word
6	2020204 - Anexo 6. Entrevista a practicante de LA EMPRESA	Equipo de proyecto	Word
7	2020204 - Anexo 7. Recolección de datos de tiempos.	Equipo de proyecto	Excel
8	2020204 - Anexo 8. Análisis de transportación carga – distancia actual	Equipo de proyecto	Excel
9	2020204 - Anexo 9. Capacidad	Equipo de proyecto	Excel
10	2020204 - Anexo 10. Diagrama de recorrido actual	Equipo de proyecto	PDF
11	2020204 - Anexo 11. Lluvia de ideas-diagrama ISHIKAWA	Equipo de proyecto	Word
12	2020204 - Anexo 12. <i>Brainwriting</i>	Equipo de proyecto	Word

Número de Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo
13	2020204 - Anexo 13. AHP selección de alternativas	Equipo de proyecto	Excel
14	2020204 - Anexo 14. Cronograma	Equipo de proyecto	Excel
15	2020204 - Anexo 15. Aprovechamiento del calor residual de la marmita	Equipo de proyecto	Word
16	2020204 - Anexo 16. Plano propuesta de distribución de LA EMPRESA	Equipo de proyecto	PDF
17	2020204 - Anexo 17. Plano en 3D propuesta de distribución	Equipo de proyecto	Skp
18	2020204 - Anexo 18. SLP Propuesta	Equipo de proyecto	Excel
19	2020204 - Anexo 19. Diagrama relacional de actividades	Equipo de proyecto	PDF
20	2020204 - Anexo 20. Método Guerchet	Equipo de proyecto	Excel
21	2020204 - Anexo 21. Tiempo secado junto a la marmita	Equipo de proyecto	Excel
22	2020204 - Anexo 22. Análisis de transportación carga - distancia	Equipo de proyecto	Excel
23	2020204 - Anexo 23. Diagrama de recorrido propuesto	Equipo de proyecto	PDF
24	2020204 - Anexo 24. Estimación de tiempos	Equipo de proyecto	Excel
25	2020204 - Anexo 25. Cotización de Inversión	Equipo de proyecto	Excel

Fecha: 30 de julio de 2021