

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.

Camilo Rocha

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

Jorge Enrique Álvarez Patiño

JORGE ENRIQUE ÁLVAREZ PATIÑO
Director Carrera Ingeniería Industrial

Drochss Pettry Valencia Ochoa

DROCHSS PETTRY VALENCIA OCHOA
Director(a) Proyecto de Diseño

William

WILLIAM ANDRES OCAMPO DUQUE
Jurado 1

Luis Alonso Velasco Roldán

LUIS ALONSO VELASCO ROLDAN
Jurado 2



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Santiago de Cali, diciembre 5 de 2020

Álvaro Figueroa Cabrera

Profesor asignatura Proyecto de Diseño II
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Pontificia Universidad Javeriana Cali
Ciudad

Reciba usted un cordial saludo,

Después de haber dirigido y hecho seguimiento al proyecto de diseño identificado con código 2020101 titulado “*Diseño de un producto y proceso industrial aprovechando el bagazo de malta obtenido de la producción de cerveza artesanal*”, desarrollado por los estudiantes de Ingeniería Industrial Miguel Ángel Castillo Ramírez (C.C 1112493373), José Julián Castro Cabrera (C.C 1144106459), Sebastián Gil Gómez (C.C 1144104977) y Juan Alejandro Useche Caicedo (C.C 1144108217), considero que este cumple en su totalidad con los objetivos propuestos. De igual manera, he leído el documento final a cabalidad el cual avaluó para que sea entregado y evaluado para Proyecto de Diseño II.

Cordialmente,

Drochss Pettry Valencia Ochoa

Director del proyecto

C.C. 80040407

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Calle 18 118-250 Avenida Cañasgordas Pance- www.javerianacali.edu.co. PBX 3218200

Diseño de un producto y proceso industrial aprovechando el bagazo de malta obtenido de la producción de cerveza artesanal

Miguel Angel Castillo Ramirez^{a,b}, Jose Julian Castro Cabrera^{a,b}, Sebastian Gil Gomez^{a,b}, Juan Alejandro Useche Caicedo^{a,b}

Drochss Pettry Valencia^{c,d}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^b Pontificia Universidad Javeriana, Cali,

^cProfesor, Director del Proyecto de Grado

^d Departamento de Ciencias Naturales y Matematicas

Resumen

En la actualidad, se ha incrementado la necesidad de reutilizar los residuos orgánicos con el fin de convertirlos en productos de valor agregado para la sociedad, esto se debe a los altos índices de contaminación que estos generan y el deseo de implementar una economía circular. De manera que el bagazo de malta es considerado un residuo en donde el porcentaje de obtención es considerablemente alto, a causa de que en el mercado colombiano del 2019 se estimaron aproximadamente 2720 toneladas de bagazo derivadas de la producción de cerveza artesanal, además, este material representa el 85% de los subproductos generados en dicha producción y tiene valores nutricionales que pueden ser potencialmente aprovechados. Por otro lado, uno de los factores más importantes ha sido el incremento de las empresas cerveceras artesanales en el país, lo que crea una mayor oportunidad de aprovechamiento relacionada al bagazo de malta.

En este proyecto se diseñó un proceso para el aprovechamiento del bagazo de malta resultante de las cerveceras artesanales. En un principio se evaluaron las propiedades nutricionales del bagazo y su aplicación en diferentes sectores, luego se consultaron diferentes alternativas de uso para este material, dando como resultado que las barras de cereal para consumo humano sería la mejor opción. Posteriormente se diseñó la planta de producción con la metodología SLP y se determinaron las condiciones de operación a través de una simulación en SIMIO, logrando aprovechar hasta un 100% del bagazo resultante en las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca. Por último, se realizó un análisis financiero bajo riesgo de la implementación del proyecto, obteniendo un VPN promedio de \$4.045.375.625, el cual indica que el proyecto es factible financieramente.

Palabras claves: Bagazo de malta, Reutilización, Barras de cereal, Simulación, Diseño de planta.

Abstract

Nowadays, the need to reuse organic waste in order to convert it into value-added products for society has increased due to the high contamination rates that it generates and the desire to implement a circular economy. the brewer's spent grain (BSG) is considered a waste where the percentage of obtaining is considerably high, because in the Colombian market of 2019 were estimated approximately 2720 tons of spent grain derived from the production of craft beer, in addition, this material represents 85% of the byproducts generated in such production and has nutritional values that can be potentially exploited. On the other hand, one of the most important factors has been the increase of artisan breweries in the country, which creates a greater opportunity of use related to BSG.

In this project, a process was designed to take advantage of the BSG resulting from the artisan breweries. At first, the nutritional properties of BSG were evaluated and its application in different sectors, then different alternatives of use were consulted, giving as a result that cereal bars for human consumption would be the best option. Later, the production plant was designed with the Systematic Layout Planning (SLP) methodology and the operating conditions were determined through a simulation in SIMIO, managing to take advantage of up to 100% of the resulting BSG in the artisanal breweries of Valle del Cauca. Finally, a low-risk financial analysis of the project implementation was performed, obtaining an average NPV of \$4.045.375.625, which indicates that the project is financially feasible.

Key Words: Brewer's spent grain, Reuse, Cereal bar, Simulation, Plant design.

Tabla de contenido

I.	PROJECT CHARTER	4
II.	DEFINIR.....	7
	A. Contexto y Justificación	7
	B. Grupos de interés.....	9
	C. Requerimientos.....	12
III.	MEDIR.....	15
	A. Plan de recolección de datos.....	15
	B. Exploración del mercado.....	17
IV.	ANALIZAR	26
	A. Análisis de Oportunidad	26
	B. Revisión de literatura.....	29
	C. Exploración de ideas y selección de alternativa	31
	D. Objetivos	35
	E. Plan de trabajo (PdT).....	35
V.	DISEÑAR	37
	A. Desarrollo del diseño de la solución.....	37
	B. Validación del diseño propuesto.....	45
VI.	VERIFICAR.....	47
	A. Medición de los impactos.....	47
	B. Estandarización de la solución – POE’S (plan de control)	51
	C. Conclusiones	54
	D. Recomendaciones.....	55
VII.	ANEXOS.....	56
VIII.	REFERENCIAS.....	58

Índice de Tablas

TABLA I	EXPLICACIÓN PONDERACIONES MATRIZ INTERES VS. PODER	9
TABLA II	CLASIFICACIÓN DE LOS ACTORES DE INTERÉS SEGUN SU INTERÉS Y SU PODER.....	10
TABLA III	REQUERIMIENTOS DE LOS ACTORES DE INTERÉS	12
TABLA IV	INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR	16
TABLA V	RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO	26
TABLA VI	MEZCLA DE MERCADO PARA LAS ALTERNATIVAS ELEGIDAS EN EL MÉTODO DISNEY	32
TABLA VII	CONSISTENCIA DE LOS CRITEROS DE LA METODOLOGIA AHP.....	34
TABLA VIII	RESULTADOS DE LA METODOLOGIA AHP.....	35
TABLA IX	PLAN DE TRABAJO	36
TABLA X	FORMULA DE LAS BARRAS DE CEREAL A PARTIR DE BAGAZO DE MALTA.....	38
TABLA XI	PROYECCION DE LA DEMANDA POTENCIAL DEL PROYECTO EN LOS PROXIMOS 5 AÑOS.....	41
TABLA XII	MATRIZ DE RELACIONES DE LOS DEPARTAMENTOS	43
TABLA XIII	POLÍTICAS DE LA EMPRESA	47
TABLA XIV	VARIABLES DEL ANÁLISIS DE RIESGO Y SENSIBILIDAD.....	49

TABLA XV INDICADORES DEL ANÁLISIS DE RIESGO FINANCIERO	49
TABLA XVI FORMATO POE DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA	52
TABLA XVII ANEXOS.....	56

Índice de Figuras

Fig. 1. Composición del bagazo de malta	8
Fig. 2. Matriz interés vs. Poder	11
Fig. 3. Diagrama de flujo de la producción de cerveza artesanal	19
Fig. 4. Cantidad de cerveza artesanal producida vs. Bagazo de malta generado en Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S.....	20
Fig. 5. Ingresos derivados de la venta del bagazo de malta.....	21
Fig. 6. Composición química del bagazo de malta.....	22
Fig. 7. Distribución porcentual de la composición química del bagazo de malta.....	22
Fig. 8. Requisitos Físicoquímicos	23
Fig. 9. Requisitos Microbiológicos	23
Fig. 10. Análisis del entorno basado en la metodología PESTEL.....	24
Fig. 11. Estrategias matriz D.O.F.A.....	25
Fig. 12. Análisis de la cantidad de cerveza artesanal producida y bagazo de malta generado en función del mes de producción	27
Fig. 13. Ideación mediante método Disney	31
Fig. 14. Ventas anuales de las alternativas en Colombia del 2017 al 2019	33
Fig. 15. Representación del bagazo de malta seco y molturado	38
Fig. 16. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de barras de cereal a partir de bagazo de malta	40
Fig. 17. Representación del producto final del proyecto	40
Fig. 18. Propuesta final de distribución general de la planta.....	44
Fig. 19. Distribución detallada de la planta.....	45
Fig. 20. Resultados del análisis microbiológico a las barras de cereales.....	45
Fig. 21. Resultados del análisis físico-químico a las barras de cereales.....	46
Fig. 22. Ilustración del modelo de simulación para el sistema de aprovechamiento	46
Fig. 23. Flujos de caja proyectados para los siguientes 5 años con valores base.	48
Fig. 24. Pronostico VPN en Risk Simulator.....	50
Fig. 25. Pronostico TIR en Risk Simulator	50
Fig. 26. Gráfico tornado del análisis de sensibilidad.....	51
Fig. 27. Formato de registro del proceso de molturado.....	54

I.PROJECT CHARTER

Descripción (<i>Business case</i>)	Planteamiento del problema (<i>Problem statement</i>)		
<p>En la actualidad, se ha incrementado la necesidad de reutilizar los residuos orgánicos con el fin de convertirlos en productos útiles para la sociedad, esto se debe a los altos índices de contaminación que estos generan y el deseo de implementar una economía circular. De manera que el bagazo de malta es considerado un residuo que se obtiene en cantidades considerablemente altas, a causa de que en el mercado colombiano del 2019 se estimaron aproximadamente 2720 toneladas de bagazo derivadas de la producción de cerveza artesanal, mientras que el Valle del Cauca representa el 10,11% del segmento a nivel nacional, lo que permite afirmar que en esta región la cantidad correspondiente de bagazo de malta es de 275,4 toneladas aproximadamente, además, este material representa el 85% de los subproductos generados en dicha producción y tiene valores nutricionales que pueden ser potencialmente aprovechados. Por otro lado, uno de los factores más importantes ha sido el incremento de las empresas cerveceras artesanales en el país, lo que crea una mayor oportunidad de aprovechamiento relacionada al bagazo de malta.</p>	<p>Es posible plantear una oportunidad con respecto al bagazo de malta, puesto que al mejorarle la gestión final del residuo a los cerveceros artesanales, evita que desechen el subproducto de manera irresponsable el cual podría afectar de forma negativa al medio ambiente, así mismo, es un material con muchas propiedades nutricionales que pueden ser utilizados en diferentes sectores, adicional a esto, la oferta del bagazo de malta se encuentra en constante aumento, y esto se debe al crecimiento de la producción de cerveza artesanal.</p>		
Impacto de los actores (<i>Stakeholder's business needs</i>)	Restricciones	Especificaciones	Marco legal
<ul style="list-style-type: none"> ● El proyecto tiene como objetivo beneficiar a las empresas cerveceras artesanales a partir del diseño de un proceso que aproveche el bagazo de malta, generando un producto para el consumo humano de valor agregado para estas empresas. ● Este proyecto debe cumplir con los requerimientos exigidos por los organismos reguladores encargados de la protección al consumidor como el Invima e ICONTEC, además, el DAGMA para el correcto manejo de residuos sólidos. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Uso del laboratorio de nutrición y equipos ● Componentes del bagazo de malta no aptos para el consumo humano ● Cantidad de bagazo de malta disponible para el desarrollo del proyecto ● Conocimiento técnico de las especificaciones sobre la reutilización del bagazo de malta ● Normas de regulación para el manejo y gestión de los residuos sólidos en Santiago de Cali y Colombia 	<ul style="list-style-type: none"> ● Elaborar un producto para el consumo a partir del bagazo de malta en donde se potencialicen las propiedades que tiene este afrecho con el fin de mejorar la gestión final del residuo en las empresas cerveceras artesanales. ● Diseñar un proceso que cumpla con los requerimientos exigidos por los organismos reguladores encargados de la protección al consumidor como el Invima e ICONTEC, también, que tenga un adecuado manejo de este residuo industrial. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Artículo 1 - Decreto 3570 ● Decreto 2811 de 1974 ● Ley 99 de 1993 ● Ley 1480 de 2011 ● Resolución 2674 del 2013 ● Decreto 1077 de 2015
Indicadores de Desempeño (KPI's)			

Variable	Actualidad	Meta
Humedad	70 - 80% de humedad	Cumplir los requisitos físico-químicos que exige la NTC 3749 en el producto final
Ingresos anuales a partir de la venta de bagazo de malta	Aproximadamente \$450.000	Aumentar al máximo los ingresos por ventas de un producto a partir del bagazo de malta (> \$450.000)
Utilización	100% de utilización en ventas/kg a una empresa que procesa alimentos para animales	Redirigir la utilización del bagazo de malta en un 100% para el diseño del proceso que se va a desarrollar en este proyecto
Cantidad de bagazo de malta generado por producción de cerveza artesanal en el año	Aproximadamente 4,5 toneladas en la empresa Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S., y 270,9 toneladas adicionales de las empresas cerveceras del Valle del Cauca	Procesar la cantidad de bagazo de malta que sea necesario para el desarrollo de este proyecto
Composición microbiológica	Presencia de los siguientes microorganismos: mesófilos, termófilos, pseudomonas, mohos y levaduras, microaerófilos y anaerobias	Cumplir los requisitos microbiológicos que exige la NTC 3749 en el producto final
Composición química	<ul style="list-style-type: none"> • Proteínas: 15 – 30% • Fibras: 44 – 85% • Cenizas: 1 – 5% • Lípidos: 3 – 13% 	Cumplir los requisitos físico-químicos que exige la NTC 3749 en el producto final

Objetivo general (Goal statement)

Diseñar un proceso para la elaboración de barras a base de cereal a partir del bagazo de malta generado en las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca

Objetivos específicos (Project scope)

- ❖ Caracterizar la composición físico-química y microbiológica de las barras nutricionales.
- ❖ Realizar el estudio técnico del proceso de producción de barras nutricionales a partir del bagazo de malta.
- ❖ Evaluar la factibilidad financiera de la implementación del proyecto.

Plan de Trabajo (Project Plan)

Equipo de trabajo (Team members)

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Área IISE	Nombre	Rol
Definir las materias primas e insumos necesarios para la elaboración de las barras	10 de agosto de 2020	14 de agosto de 2020	12. Design manufacturing engineering	Miguel Ángel Castillo Ramírez	Harmonizer
Realizar pruebas piloto para la elaboración de las barras de cereal	10 de agosto de 2020	14 de agosto de 2020	13.2 System Design & Engineering	José Julián Castro Cabrera	Initiator
Realizar ensayos del producto final en laboratorios	18 de agosto de 2020	22 de agosto de 2020	13.2 System Design & Engineering	Sebastián Gil Gómez	Information seeker
Análisis de la composición físico-química y microbiológica del producto	24 de agosto de 2020	28 de agosto de 2020	13.2 System Design & Engineering	Juan Alejandro Useche Caicedo	Information giver

Definir el proceso para la elaboración de las barras a base de cereal	7 de septiembre de 2020	11 de septiembre de 2020	11. Information engineering		
Definir los requisitos del proceso final: mano de obra, materia prima y maquinarias	14 de septiembre de 2020	18 de septiembre de 2020	4. Facilities Engineering & Energy Management		
Realizar el diseño de planta para el proceso final	21 de septiembre de 2020	25 de septiembre de 2020	4. Facilities Engineering & Energy Management		
Estudiar la demanda del producto en Cali	28 de septiembre de 2020	9 de octubre de 2020	7. Operations Engineering & Management		
Evaluar financieramente el proyecto	12 de octubre de 2020	23 de octubre de 2020	3. Engineering Economic Analysis		

II. DEFINIR

A. Contexto y Justificación

Durante los últimos años la cerveza ha ganado cada vez más espacio dentro del mercado colombiano; esta bebida alcohólica es actualmente la de mayor consumo dentro del país con un porcentaje del 71,3% frente a las demás bebidas alcohólicas según la Organización Mundial de Salud [1]. Las empresas cerveceras lograron entender que la cerveza es un producto que une a las personas y que es protagonista en gran parte de los eventos, ya sean fiestas, deportes, reuniones familiares y demás.

La evolución de la cerveza en el mercado local no solo ha permitido la creación y el progreso de grandes empresas en el país, sino también, le ha abierto las puertas a pequeñas empresas que apuestan por un producto menos industrializado, con mayor variedad de sabores y elaborada con ingredientes de mejor calidad, características diferenciadoras de la cerveza artesanal que ha gustado en los consumidores [2]. Con relación a lo anterior, hasta el 2017 existían registros de no más de 39 marcas de cervezas artesanales, sin embargo, para el 2018 fue tal el impacto del producto que se llegaron a registrar 70 marcas nuevas según el Invima. Para el siguiente año, ante esta entidad se registraron más de 267 marcas de cerveza artesanal en el país [3].

En el 2019 el consumo de cerveza artesanal sólo representa el 1% del mercado nacional, lo que se traduce en cifras cerca de \$40.000 millones de pesos al año, un consumo per cápita de 6,2 litros y una producción anual de 8 millones de litros de cerveza [2]. Aun así, teniendo en cuenta que la cerveza artesanal es un segmento en crecimiento, se estima que este porcentaje de participación tiende a aumentar [4], como se ha visto reflejado en países como el Reino Unido y Alemania que alcanzaron un crecimiento del 2008 al 2016 superior al 200 y 20 por ciento respectivamente [5]. En consecuencia, al crecimiento de la producción de cerveza artesanal, se suma otra oportunidad económica la cual se basa en reutilizar el bagazo de malta¹, tratado como un residuo derivado del proceso de elaboración de la cerveza artesanal que teniendo en cuenta el incremento económico y productivo del segmento, es posible que la reutilización y el aprovechamiento de dicho subproducto represente una excelente oportunidad para la generación de empresa u ofrecer beneficios para diferentes sectores del país.

El bagazo de malta es un subproducto sólido que se obtiene posteriormente a la producción del mosto, que consiste en la mezcla de la malta de cebada con agua a un aumento gradual de la temperatura entre 37-78 grados centígrados, con el fin de convertir el almidón de malta en azúcares fermentables y no fermentables [6], este afrecho comprende aproximadamente un 85% del total de subproductos que se generan en la producción de la cerveza [7]. Dado que este subproducto contiene altas propiedades de proteínas y azúcares, la principal alternativa para deshacerse de este residuo industrial es utilizarla como alimentos para animales, debido a que es una forma rápida y simple de gestionar este subproducto por los altos volúmenes que se generan [8]. Sin embargo, este bagazo según Aliyu y Bala [9] puede ser aplicado en distintas áreas como:

- Consumo humano
- Producción de ladrillos de construcción
- Crecimiento de microorganismo y producción de enzimas
- Producción de papel
- Producción de energía por medio de combustión
- Producción de bioetanol
- Aplicación en la remediación de corrientes de aguas residuales de metal contaminado dado su potencial como bioadsorbente.

Aunque la composición del bagazo varía dependiendo del tipo de cebada de malta que se utilice y el tiempo de cosecha de la misma, también existen diversos factores que afectan su composición, como el proceso de malteado, maceración, molienda y la tecnología implementada para la elaboración de la cerveza [10]. El bagazo de cerveza es considerado una buena fuente de proteína (entre 15 y 25% del contenido total) y fibras (entre 75 y 85%), las cuales se dividen en 3 fracciones: celulosa (entre 16 y 26%), hemicelulosa (entre 19 y 30%) y lignina (entre 11 y 28%), También está compuesto por cenizas en una proporción entre 1 y 5%. En la Fig. 1 se puede observar la composición de este subproducto según estudios realizados por diversos autores [7].

¹ Residuo fibroso resultante de la maceración de la cebada de malta [6].

Componentes en (g/kg) base de peso seco del bagazo de malta						
Proteínas	Cenizas	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa		
			(Glucosa)	Xilosa	Arabinosa	Estudio realizado
153	46	278	168	199	85	(Musatto y Roberto, 2006)
240	24	119	254	NR	NR	(Kanauchi y otros, 2001)
246	12	217	219	206	90	(Carvalho y otros, 2004)
NR	46	169	253	NR	NR	(Silva y otros, 2004)
247	42	194	217	136	56	(Moreira y otros, 2013)

*NR, No registra

Fig. 1. Composición del bagazo de malta

Modificado de: [7]

Con el progreso y aumento de los sectores industriales, en especial el cervecero como principal generador del bagazo, donde la mala gestión final de este, ha contribuido que en Colombia haya incrementado la cantidad de gases emitidos durante los últimos años, así mismo, la contaminación por eliminación inadecuada de residuos sólidos sigue incrementando con el pasar del tiempo; entre el 2012 y el 2014 el porcentaje de incremento de emisiones de gases metano por medio de la eliminación de desechos sólidos fue de un 8.16%, las últimas cifras registradas y oficiales al respecto datan del 2014 en el “Segundo Reporte Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC²” [11]. Dicha información fomenta la creencia de que es posible contribuir al ambiente mediante la óptima gestión de conservación y utilización del bagazo, y que se verá reflejado en la reducción de gas metano emitido en el planeta por las empresas que estén dispuestas a fomentar el aprovechamiento de este residuo.

Por consiguiente, el bagazo de malta es un subproducto con gran potencial de aprovechamiento y que necesita más estudios e investigaciones para expandir sus aplicaciones y generar un valor agregado para las empresas que elaboran las cervezas sin descuidar el factor medio ambiental que este conlleva. Las empresas usualmente regalan o venden por kilo a un precio insignificante dicho material, el cual es usado como objeto de compostaje o alimento para animales [12], y en el peor de los casos es desechado de forma inadecuada, que bajo ciertas condiciones puede ser un alto contaminante ya que al ser un residuo orgánico su descomposición produce metano, ocasionando daños importantes al medio ambiente [13]. Con todo lo anterior, se puede proponer que el manejo adecuado del bagazo logre generar posibles oportunidades de negocio mediante el óptimo aprovechamiento de sus altos contenidos de proteínas, fibras, minerales y vitaminas con el fin de ayudar a las empresas de cervezas artesanales, al manejo y gestión de este residuo, convirtiéndolo en un producto comercial, que además minimiza el impacto ambiental.

Con lo anterior, es posible plantear una oportunidad con respecto al bagazo de malta, puesto que al mejorarle la gestión final del residuo a los cerveceros artesanales, evita que desechen el subproducto de manera irresponsable el cual podría afectar de forma negativa al medio ambiente, así mismo, es un material con muchas propiedades nutricionales que pueden ser utilizados en diferentes sectores, adicional a esto, la oferta del bagazo de malta se encuentra en constante aumento, y esto se debe al crecimiento de la producción de cerveza artesanal que se ha explicado anteriormente. Por consiguiente, para entender qué tanta oferta hay actualmente sobre este residuo, es necesario retomar datos anteriores los cuales aclararán la oportunidad que hay en este sector, así pues, mientras en el 2019 se produjeron 8 millones de litros de cerveza artesanal, de bagazo de malta surgieron aproximadamente 2720 toneladas en ese año, considerando que es un segmento en constante crecimiento, estas cifras se elevarían con el pasar del tiempo. La relación entre la producción en litros de cerveza y la cantidad en kilogramos del subproducto se realizó por métodos experimentales, en los cuales el grupo de proyecto de diseño utilizó el laboratorio de nutrición de la Universidad Javeriana para producir cerveza y determinar cuánto salía del residuo, se produjeron 20 litros de cerveza y durante el proceso surgieron aproximadamente 6,8 kilogramos del bagazo de malta, es por esto, que sí hay una oportunidad con respecto al tema tratado, las partes interesadas se benefician con la gestión y uso final del residuo, y aparte generar un valor económico agregado para ellos.

² Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [66].

B. Grupos de interés

Este proyecto tiene en cuenta tanto los actuales interesados como los nuevos interesados, quienes surgirán a raíz de los resultados de este, en los cuales estuvo considerada la posible reutilización de un residuo resultante de la producción de cerveza. Actualmente existen varios entes interesados los cuales fueron determinados en un principio por el grupo de proyecto de diseño, principalmente la Universidad Javeriana Cali, debido a que el proyecto surgió de un semillero de investigación, así mismo, existen entes gubernamentales a quienes de forma indirecta les resulta de interés el proyecto al tratarse del manejo y reutilización de desechos orgánicos sólidos. Una vez determinados los primeros interesados, se decidió realizar una reunión con los integrantes del equipo y el director del proyecto, en donde se plantearon otros posibles actores interesados que pudieran verse directa o indirectamente afectados por los resultados obtenidos durante la investigación. De esta forma, se determinó que las empresas productoras de cerveza artesanal eran organizaciones que podrían verse interesadas en el proyecto, fue por esta razón que se estableció comunicación con algunas de estas y por medio de entrevistas se logró determinar su nivel de interés; las entrevistas pueden ser consultadas en el anexo 1. Con el ánimo de determinar otros entes que pudieran estar interesados en el proyecto, se consultaron documentos académicos, en donde se especificaba que el bagazo de malta posee altas propiedades proteicas que es utilizado como alimento para animales de granja [8], esta información permitió incluir dentro de los interesados a entidades que producen alimento para animales a partir de subproductos y residuos de otros procesos industriales.

En la TABLA I se especifican cuáles son los puntajes que pueden tener los interesados tanto en poder como en interés, posteriormente se aclara cuál es la importancia de cada puntaje sobre el proyecto, esto permite jerarquizar a los interesados desde los más importantes e influyentes hasta los menos importantes. Por medio de la matriz Interés Vs. Poder, se ubicó a dichos interesados en cuatro cuadrantes; cada cuadrante indica la relación que se debe tener con el interesado, con los más importantes la comunicación debe ser constante para brindarles un alto nivel de satisfacción, mientras que con los menos importantes la comunicación y retroalimentación será mínima. Para la asignación de los respectivos puntajes de cada interesado, fue necesario analizar el posible impacto que tendrían los resultados del proyecto sobre ellos; para las organizaciones gubernamentales interesadas fue necesario determinar si dentro de sus objetivos como organización del estado se encontraban el control y vigilancia de desechos sólidos o la aplicación de normas sanitarias para proteger la salud humana [14]. En la TABLA II se encuentra en detalle cada actor de interés, su respectiva descripción, el interés de estos en los resultados del proyecto y, por último, su respectiva calificación de interés y poder. Finalmente, en la Fig. 2. se encuentra la Matriz Interés Vs. Poder.

TABLA I
EXPLICACIÓN PONDERACIONES MATRIZ INTERES VS. PODER

	Categoría	Categoría
Puntajes	Interés	Poder
0	No está interesado	No tiene poder
1	Poco interés	Poco poder
2	Mediano interés	Mediano poder
3	Completo interés	Completo poder

Interés:

- 0: El actor no tiene ningún interés en el proyecto ni en sus resultados, ya que no le afecta para nada.
- 1: El actor se interesa de forma indirecta por el proyecto y sus resultados, ya que puede ser influenciado por el mismo.
- 2: El actor se interesa de forma semi indirecta por el proyecto y sus resultados, ya que se ve relacionado con el mismo.
- 3: El actor está totalmente interesado en el proyecto y sus resultados ya que se ve influenciado directamente por el mismo.

Poder:

- 0: El interesado no tiene ningún poder sobre el proyecto, ya que las decisiones que tome o actividades que realice no afectarán en nada los resultados de este.

- 1: El actor o grupo de interesados, tiene muy poco poder sobre el proyecto, las decisiones que tome afectarán muy poco y tendrán un impacto mínimo sobre los resultados del proyecto.
- 2: El interesado tiene un poder relevante sobre el proyecto y las decisiones que tome afectarán de forma semi indirecta al proyecto y sus resultados.
- 3: El actor tiene completo poder sobre el proyecto, las decisiones que tome afectarán de forma directa al proyecto y estas tendrán un impacto muy fuerte sobre los resultados de este.

TABLA II
CLASIFICACIÓN DE LOS ACTORES DE INTERÉS SEGUN SU INTERÉS Y SU PODER

Cod.	Partes Interesadas	Descripción	Interés en los resultados del proyecto	Interés	Poder
A	Pontificia Universidad Javeriana Cali	Espacio de la realización del curso y parte del proyecto. Incluye al profesor del curso, el equipo de diseño y los jurados del proyecto.	Derechos sobre la investigación realizada.	3	2
B	Empresas cerveceras artesanales	Entes productores de cerveza artesanal, que pueden aprovechar el residuo de malta, en lugar de desecharlo.	Posibilidad de convertir un residuo en un subproducto aprovechable.	3	0
C	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.	Ente gubernamental encargado de ejercer inspección y vigilancia sobre las organizaciones sobre asuntos preventivos, actuales o posteriores que deterioren el medio ambiente [15].	Disminución de la expedición de residuos sólidos en el país.	2	2
D	Productores de alimentos para animales y consumo humano.	Organizaciones productoras de alimentos para animales a partir de residuos o subproductos de otros procesos industriales.	Posible disminución de la oferta de bagazo de malta.	1	0
E	Invima.	Agencia gubernamental encargada de la vigilancia y el control de carácter técnico y científico, que vela por la salud individual y colectiva de los colombianos [14].	Regulación y control técnico de posibles productos para el consumo humano a base de bagazo de malta.	2	2
F	Agricultores.	Entes que requieren de ciertas cantidades de abono, para lo cual adquieren residuos biológicos de otros procesos industriales.	Posible disminución de la oferta de bagazo de malta.	1	0

Cod.	Partes Interesadas	Descripción	Interés en los resultados del proyecto	Interés	Poder
G	Equipo Proyecto de diseño.	Personas encargadas de investigar, realizar y presentar el proyecto de forma satisfactoria y cumpliendo con la metodología establecida.	Entregar satisfactoriamente el proyecto de investigación.	3	3
H	DAGMA.	Entidad relacionada directamente con la alcaldía de Santiago de Cali encargada de administrar los asuntos municipales y prestar los servicios que determine la ley [16]	Regulaciones acerca del manejo de desperdicios sólidos en la ciudad de Cali.	2	2

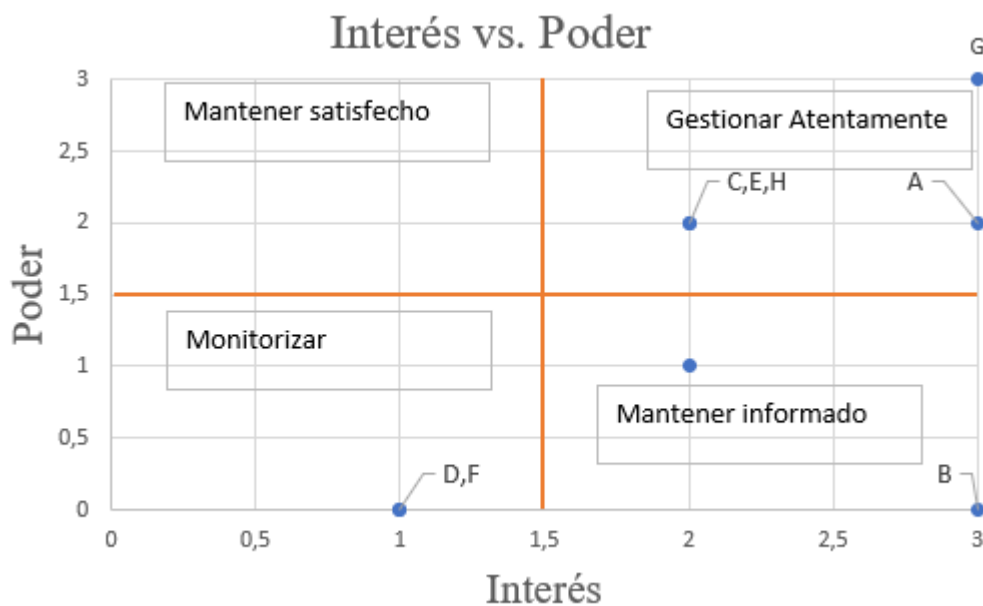


Fig. 2. Matriz interés vs. Poder

Los interesados en el cuadrante “Mantener satisfecho”, se caracterizan por tener un alto nivel de poder sobre el proyecto, es por esto por lo que se debe mantener contacto con ellos e involucrarlos al máximo para mantenerlos satisfechos y conformes [17]. Los interesados en el cuadrante “Gestionar atentamente” poseen un alto nivel de poder y de interés sobre el proyecto y sus resultados, es muy importante mantenerlos informados sobre todos los avances que se realicen. Este grupo de interesados puede representar oportunidades o amenazas dentro del proyecto ya que podría apoyar económicamente, permitir el uso de equipos o facilitar información; de la misma forma, dentro de las posibles amenazas existe la cancelación inmediata del proyecto. Debido a su alto grado de importancia, este grupo de actores espera resultados satisfactorios, además, están interesados en los resultados que se van a presentar y las oportunidades que puede ofrecer [17]. Por otro lado, los interesados en el cuadrante “Mantener informado”, no poseen tanto poder como el anterior cuadrante, sin embargo, presentan igual calificación de interés, por lo tanto, es importante mantener contacto y así recibir retroalimentación de estos. El interés de estos actores radica en los resultados del proyecto, ya que esto los afecta positiva o negativamente. Para este caso particular, el contacto con las empresas cerveceras artesanales es de suma importancia, estas organizaciones facilitan información y dan a conocer sus necesidades como empresa [17]. Para finalizar, en el cuadrante de “Monitorizar”, se encuentran los interesados con menor calificación de interés e influencia, en este caso no es necesario mantenerlos informados, solo monitorear si existe una reacción de su parte ante lo que el proyecto representa. Los interesados de este grupo se clasifican como actores de menor importancia dentro de este proyecto [17].

C. Requerimientos

Para entender los requerimientos de los actores de interés dentro del proyecto, se realizaron diferentes actividades que permitieron conocer lo que cada uno espera de este, con respecto a las empresas cerveceras artesanales, se hicieron entrevistas que se pueden consultar en el anexo 1 en donde se evidenciaron una serie de problemáticas y soluciones alternativas que implementan cuando se tienen que enfrentar a la disposición del bagazo de malta, como también ciertas expectativas con respecto a la utilidad futura que se le puede dar al residuo, por otro lado, la Universidad Javeriana de Cali, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Invima y el DAGMA, tienen por defecto una serie de requerimientos o normas que deben de seguirse para el correcto desarrollo del proyecto, sin embargo para los agricultores y productores de alimentos para animales y consumo humano se efectuó el uso de fuentes secundarias en donde se evidenciará la relación y poder que tienen con respecto al tema en desarrollo.

TABLA III
REQUERIMIENTOS DE LOS ACTORES DE INTERÉS

Actores	Requisitos	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Leyes, normas y estándares
Pontificia Universidad Javeriana Cali	Cumplimiento con la asignatura	Uso de los diferentes laboratorios de la Pontificia Universidad Javeriana Cali (alimentos, química y biología) y equipos	N/A	Numeral 108 del Reglamento Estudiantil de la Universidad Javeriana Cali
	Resultados del Semillero de Investigación	Cierre del Semillero de Investigación	N/A	
Empresas cerveceras artesanales	Aprovechar el residuo para mejorar económicamente los ingresos derivados de las ventas del bagazo de malta a los animales	Componentes del bagazo de malta no aptos para el consumo humano	Evaluar económicamente la posibilidad de aumentar los ingresos derivados de la venta del bagazo de malta mediante el uso del residuo en diferentes alternativas	N/A
	Diseñar un producto atractivo para el consumo humano derivado del bagazo de malta teniendo en cuenta las propiedades nutricionales que este posee	Cantidad disponible de bagazo de malta que las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca pueden ofrecer y que el grupo de trabajo puede procesar para el respectivo desarrollo del proyecto.	Elaborar productos nutritivos y de calidad para el consumo humano a partir del bagazo de malta	
	Ofrecer diferentes alternativas de uso del bagazo de malta mediante el aprovechamiento de su composición nutricional		Diseñar productos o procesos en donde se potencialicen las propiedades que tiene el bagazo de malta	
	Desarrollar una gestión final óptima del residuo		Mejorar la disposición final del bagazo de malta mediante el óptimo aprovechamiento de este residuo	

Actores	Requisitos	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Leyes, normas y estándares
Agricultores	Producir abono a partir de bagazo de malta	Conocimiento del proceso de producción de abono a partir de bagazo de malta	Diseñar un proceso adecuado y efectivo que no genere contaminación en el medio ambiente	N/A
		Espacio adecuado para la producción de abono a partir de bagazo de malta		
		Altos costos en la producción de abono a partir del bagazo de malta		
		Implementos necesarios para la producción de abono a partir de bagazo de malta		
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Cumplir con las normas existentes sobre la gestión de residuos sólidos en Colombia	Normas de regulación para el manejo y gestión de los residuos sólidos en Colombia	Elaborar un proceso de gestión de residuos sólidos de acuerdo con las normas y leyes establecidas por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Artículo 1 - Decreto 3570
			Decreto 2811 de 1974	
			Ley 99 de 1993	
Productores de alimento para animales y consumo humano	Producir alimentos saludables y aptos para el consumo de animales de domésticos y de granja	Conocimiento del proceso de producción de alimentos para consumo humano y animal a partir del bagazo de malta	Diseñar un proceso que aproveche las propiedades nutricionales del bagazo con el fin de producir alimentos para animales y humanos	N/A
		Productos de refrigeración adecuados para la conservación del residuo		
Invima	Proteger y promover la salud de la población mediante la gestión asociada al consumo y uso adecuado de los alimentos en Colombia.	Accesibilidad al empresario y emprendedor	Diseñar un proceso de aprovechamiento óptimo del residuo siguiendo el cumplimiento de las normas y leyes impuestas por la entidad	Ley 1480 de 2011
	Garantizar el cumplimiento de las normas sanitarias que velan por la salud de los consumidores			Resolución 2674 del 2013
Equipo de Proyecto de Diseño	Cumplir con la metodología del proyecto	Conocimiento técnico de las especificaciones sobre la reutilización del bagazo de malta	Desarrollar la metodología DMADV	Numeral 108 del Reglamento Estudiantil de la Universidad Javeriana Cali
	Aprobar el curso exitosamente			
	Identificar la alternativa adecuada para el aprovechamiento del bagazo de malta		Evaluar las alternativas del proyecto para la reutilización del bagazo de malta	

Actores	Requisitos	Restricciones de diseño	Especificaciones de diseño	Leyes, normas y estándares
DAGMA	Cumplir con las normas existentes para disminuir la contaminación por residuos orgánicos en Santiago de Cali	Normas de regulación para el manejo y gestión de los residuos sólidos en el Municipio de Santiago de Cali	Elaborar un proceso de gestión integral de residuos orgánicos de acuerdo con las normas y leyes establecidas por el organismo	Decreto 1077 de 2015

*N/A, No aplica

En el numeral 108 del reglamento estudiantil de la Pontificia Universidad Javeriana Cali establece que los trabajos de grado o la tesis que se realizan para programas de pregrado, especialización o maestría serán valorados en créditos académicos y su evaluación incluirá una sustentación oral y pública [18].

El Decreto 2811 de 1974 dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente expedida por la presidencia de la república de Colombia y pertenece a la normativa del marco legal de la Secretaría Distrital del Hábitat [19].

El artículo 1 del Decreto 3570 constituye los objetivos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como el encargado de orientar y regular, definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación [15].

La ley 99 de 1993 fue expedida por el Congreso de la República de Colombia y por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables [20].

La ley 1480 de 2011 fue expedida por el Congreso de la República de Colombia y tiene como objetivo promover, proteger y garantizar la efectividad y el libre ejercicio de los derechos de los consumidores, así como amparar el respeto a su dignidad, sus intereses económicos, protección de los consumidores frente a los riesgos para su seguridad y salud [21].

La Resolución 2674 del 2013 fue expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, donde tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales y/o jurídicas para ejercer actividades de producción, envase, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas [22].

El decreto 1077 de 2015 fue expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, donde tiene relevancia en el proyecto debido a que brinda especificaciones técnicas para la unidad de almacenamiento de residuos, mobiliario para el acopio, almacenamiento y presentación de estos, también establece el servicio público de aseo, los deberes y responsabilidades de los generadores de residuos [23].

III.MEDIR

Con el fin de poder diseñar y medir un proceso para la reutilización del bagazo de malta; subproducto resultante de la producción de cerveza artesanal, se decidió recopilar la información correspondiente a la oferta de bagazo obtenido para poder ser procesada, consultando una empresa cervecera artesanal representativa del mercado, a su vez identificar los requerimientos y expectativas que el empresario cervecero tiene sobre el producto que se va a diseñar en este proyecto. Según lo anterior, se deben recolectar indicadores de desempeño que puedan cuantificar de manera acertada el estado actual del sistema con el fin de verificar la oportunidad de mercado que se planteó previamente con este proyecto.

A. *Plan de recolección de datos*

Teniendo en cuenta que la realización de este proyecto sirve como base para el aprovechamiento del bagazo de malta, en el Valle del Cauca, y con posibles proyecciones al resto del país, el alcance del proyecto se formuló con el fin de diseñar un proceso a partir de la recolección de información y datos de una empresa cervecera artesanal, que expresó su apoyo hacia el proyecto de diseño suministrando toda la información relevante que se requiere para su desarrollo, sin embargo, en caso de que el proyecto requiera de una cantidad mayor de bagazo, el grupo de trabajo tiene la disposición de adquirir la cantidad adicional a partir de otras empresas ubicadas en el Valle del Cauca. Finalmente, este proyecto resulta útil para otras empresas del sector industrial cervecero y futuras investigaciones, si se parte de adecuados ajustes.

La empresa con la que se decidió desarrollar el proyecto es Sultana Cerveza Artesanal Del Valle S.A.S, quienes dieron su apoyo y visto bueno a la iniciativa planteada, la empresa facilitó datos históricos sobre la producción de cerveza para calcular de manera aproximada la cantidad de bagazo obtenido durante el proceso. Por otro lado, la creación de un producto de valor agregado en la fabricación de la cerveza ha sido un requerimiento de Sultana Cerveza Artesanal Del Valle S.A.S, por tal motivo un producto para el consumo humano a partir del bagazo de malta ha sido de interés de la empresa. Por estas razones, se realizó una serie de entrevistas a expertos en microbiología, con el fin de obtener mayor claridad acerca de la composición del bagazo y sobre el tratamiento que este debe de tener para el diseño del respectivo producto, que tenga en cuenta la inocuidad y que cumpla con las normativas que exige el Invima. En el anexo 2 se puede evidenciar la información que se recopiló por medio de las entrevistas con sus respectivos formatos.

La segunda fuente de información seleccionada en el plan de recolección, son datos tomados de literatura que incluyen artículos científicos, normas técnicas y páginas web para analizar el mercado. Por tratarse de un proyecto que tiene como finalidad el diseño de un producto a partir del aprovechamiento del bagazo de malta, es necesario conocer a profundidad la composición química y microbiológica del mismo. Por otro lado, es de suma importancia tener la información necesaria con respecto a decretos y normativas exigidas por el gobierno nacional para productos alimenticios de consumo humano a base de cereal como indicadores de desempeños a alcanzar en el proyecto. En el anexo 2 se puede observar la información que se recopiló por medio de fuentes secundarias.

Adicionalmente, para realizar el análisis del entorno político, económico, socio-cultural, tecnológico, ecológico y legal (PESTEL), se desarrolló un formato de fichas que logran evidenciar de una manera más estructurada y organizada el tema de estudio a investigar. Este análisis se realiza con el fin de hacer una exploración del mercado y posteriormente desarrollar la matriz DOFA. En el anexo 2 se encuentra el formato tipo ficha que se diseñó para la recolección de información del entorno.

Finalmente, en la TABLA IV se puede evidenciar las variables relevantes para la realización del proyecto que se recolectaron de acuerdo a los requerimientos de los interesados, las técnicas y metodologías que se describieron previamente, además, estos indicadores de desempeño son de gran utilidad para cuantificar los resultados y establecer futuras metas, en el anexo 3 se puede observar el plan de recolección de datos completo.

TABLA IV
INDICADORES DE DESEMPEÑO A MEDIR

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Humedad (%H)	El porcentaje de humedad es una variable crítica para controlar con el fin de detener el crecimiento de microorganismos.	La humedad se mide con base al subproducto y se determina a partir de fuentes secundarias en términos porcentuales	$\%H = \frac{\text{Contenido de agua en el bagazo (g)}}{\text{Peso del bagazo de malta (g)}} * 100$
Ingresos a partir de la venta de bagazo de malta (IDVBM)	Los ingresos por venta de bagazo son una base para conocer la diferencia entre una posible utilidad económica para los interesados si se ejecuta alguna de las alternativas de uso del bagazo	Los ingresos se obtienen como COP a partir de la cantidad de subproducto que vende la empresa cervecera a un determinado precio teniendo en cuenta el porcentaje de utilización destinado a ventas	$\text{IDVBM} = \frac{\text{Bagazo de malta (Kg)}}{\text{Año}} * \text{Utilizacion}(\%) * \text{Precio de venta} \left(\frac{\text{COP}}{\text{kg}}\right)$
Utilización (%U)	El porcentaje de utilización del bagazo de malta sirve para conocer con certeza con cuánto de este subproducto se puede trabajar	La utilización se mide con base al subproducto y se determina a partir de fuentes primaria en términos porcentuales	$\%U = \frac{\text{Bagazo de malta utilizado (Kg)}}{\text{Bagazo de malta total (Kg)}} * 100$
Cantidad de bagazo de malta generado por producción de cerveza al año	Se usa para conocer la oferta del bagazo de malta	Se mide con respecto a la producción de cerveza artesanal de la empresa a medir	$\text{Cantidad BM} = \frac{\text{Bagazo de malta generado (Kg)}}{\text{Año}}$
Composición microbiológica (CM)	Componentes propios del bagazo de malta destinados a determinar la inocuidad del subproducto en análisis y bajo qué alternativas se puede usar	Se determinan a partir de fuentes secundarias, están relacionadas al subproducto y se miden de acuerdo con los contaminantes que impiden que este sea apto para el consumo	$\text{CM} = \frac{\text{Recuento de UFC}^3 \text{ y NMP}^4 \text{ de bacterias}}{\text{gramo}}$

³ Unidades Formadoras de Colonias (UFC), es la reproducción bacteriana o fúngica en agua durante un tiempo [67].

⁴ Numero Mas Probable (NMP), es una técnica basada en determinar la presencia o ausencia en réplicas de microorganismos presentes en muestras de suelos u otros ambientes [68].

Variable	Objetivo	Descripción	Indicador
Composición química	Sirven como información nutricional para conocer qué tanto porcentaje de los diferentes componentes se pueden ofrecer en las alternativas de uso para beneficio de estas	Proteínas (%P): Se determinan a partir de fuentes secundarias y se mide porcentualmente	$\%P = \frac{\text{Cantidad de proteínas}^5 (g)}{\text{Cantidad de bagazo de malta (g)}} * 100$
		Lípidos (%L): Se determinan a partir de fuentes secundarias y se mide porcentualmente	$\%L = \frac{\text{Cantidad de lípidos}^6 (g)}{\text{Cantidad de bagazo de malta (g)}} * 100$
		Fibras (%F): Se determinan a partir de fuentes secundarias y se mide porcentualmente	$\%F = \frac{\text{Cantidad de fibras}^7 (g)}{\text{Cantidad de bagazo de malta (g)}} * 100$
		Cenizas (%C): Se determinan a partir de fuentes secundarias y se mide porcentualmente	$\%C = \frac{\text{Cantidad de cenizas}^8 (g)}{\text{Cantidad de bagazo de malta (g)}} * 100$
Producción de cerveza artesanal (PCA)	La producción de cerveza artesanal sirve como relación para determinar cuánto de bagazo de malta sale del proceso de la elaboración de cerveza artesanal	Se obtienen a partir de datos suministrados por la empresa cervecera en términos de kilogramos al año	$PCA = \frac{\text{Producción de cerveza artesanal}}{\text{Año}}$

B. Exploración del mercado

Para realizar la exploración del mercado, primero se identificaron los clientes potenciales del proyecto, los cuales hacen referencia a las empresas cerveceras artesanales, y que a partir de los requerimientos expresados por ellos en el anexo 1, buscan generar un valor agregado al bagazo de malta derivado de su producción y darle una utilización diferente a este como alimento, como también la posibilidad de crear una nueva empresa con dichos requerimientos.

Continuando con el plan de recolección de datos, inicialmente se realizó una entrevista al propietario de la cervecería Sultana Cerveza Artesanal Del Valle S.A.S (Ver anexo 4), empresa la cual sirvió como base durante el proyecto para dar respuesta a algunas de las variables previamente definidas. La cervecera es considerada como fuente de información representativa del sector debido a la cantidad de hectolitros producidos en el año, en relación con esto, la empresa se ha clasificado como “pequeña” dentro del conjunto de cerveceras artesanales debido a que produce menos de 1,500 hectolitros de cerveza al año [24]. A pesar del tipo de clasificación que se le ha otorgado a esta empresa, es una de las más grandes en la ciudad, razón por la cual, la cantidad de bagazo de malta que se deriva de la elaboración de cerveza artesanal es considerable. Durante la entrevista a la empresa cervecera se obtuvo información sobre el proceso de producción de cerveza artesanal del cual se deriva el bagazo de malta, los resultados de esta se encuentran en la Fig. 3.

⁵ Macronutrientes encargados de formar tejidos, anticuerpos y transportar vitaminas [69].

⁶ Compuesto orgánico molecular no soluble en agua rico en energía, debido al número de enlaces carbono e hidrógeno [70].

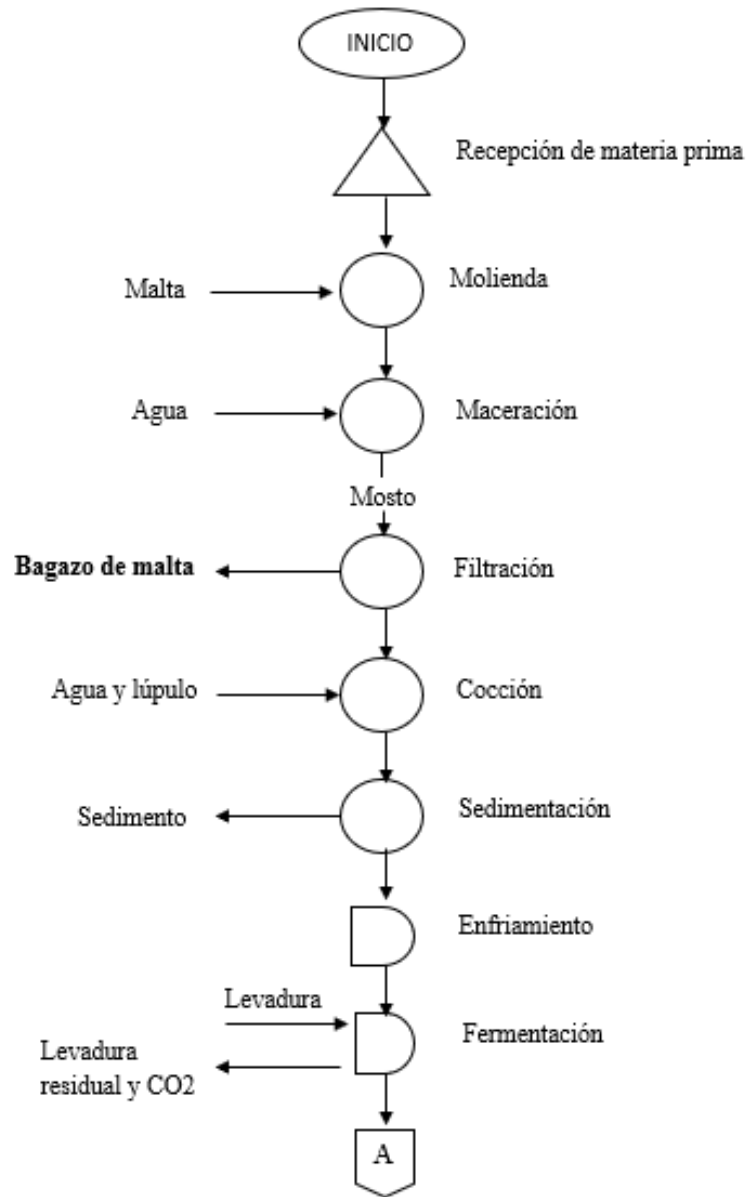
⁷ Residuo inorgánico resultante después de calcinar la materia orgánica [71].

⁸ Componente vegetal que contiene polisacáridos y lignina, el cual es altamente resistente a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas [72].

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CERVEZA ARTESANAL

Empresa: Sultana Cerveza Artesanal Del Valle S.A.S.

Fecha: abril 20 de 2020



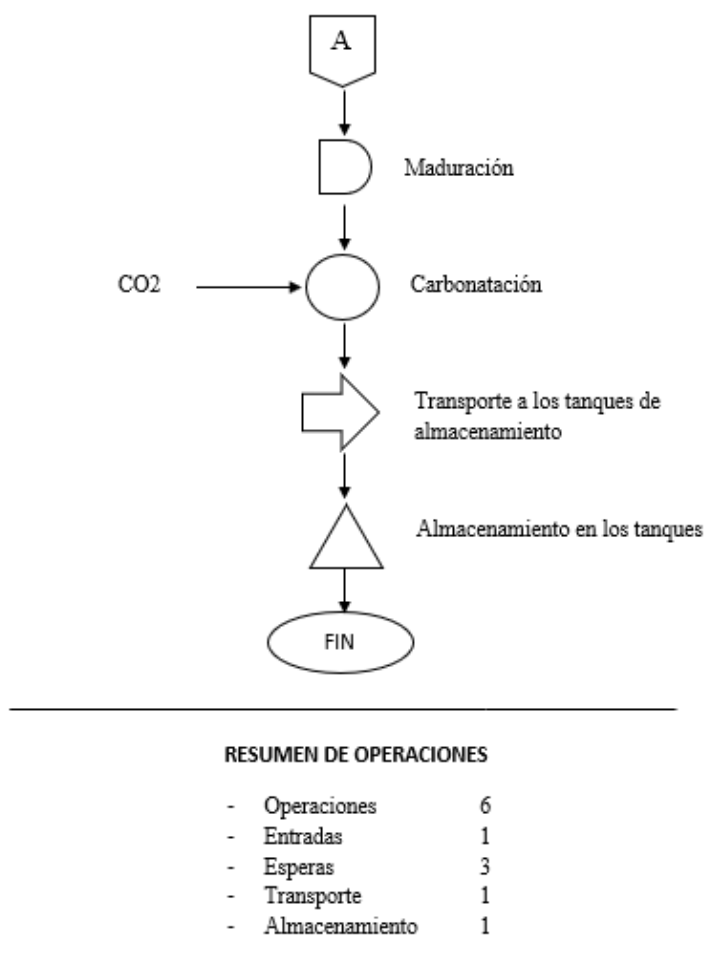


Fig. 3. Diagrama de flujo de la producción de cerveza artesanal [25]

A partir de la Fig. 3 se establece en qué parte del proceso de elaboración de cerveza artesanal se obtiene el bagazo de malta, con más detalle, el bagazo de malta surge a partir de los siguientes procesos: la molienda, la maceración y la filtración, en este último proceso. El bagazo se separa del mosto a través de diferentes métodos de filtración, y el resultado de esto se convierte en la materia prima principal del proyecto el cual busca darle utilidad aprovechando todas sus propiedades, y según las especificaciones de los clientes, convertirlo en un producto apto para el consumo.

Con relación a la Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S., se ha documentado un informe de la situación actual, el cual puede ser consultado en el anexo 5. Con respecto al proceso en el que el bagazo de malta está involucrado, el grupo considera la maceración como un punto crítico, debido a que es importante tener control de los tiempos y temperatura para garantizar que las propiedades del bagazo de malta no varíe significativamente, por otro lado, se hallaron ciertas ventajas competitivas con respecto a ese material, en donde la empresa al hacer uso de las buenas prácticas de manufactura garantiza que el subproducto sea apto para su posterior uso, también, su costo adquisitivo resulta ser una ventaja importante, en donde según varios empresarios cerveceros han mencionado un precio de venta del bagazo relativamente bajo.

A partir de la entrevista realizada en la empresa, se recopiló la información respecto a la cantidad de producción de cerveza artesanal, cantidad de bagazo de malta obtenido y su disposición final, donde la ventana de tiempo analizada es un año y segmentada por la producción mensual, en la Fig. 4, se puede observar que la producción de la cerveza varía mensualmente. Además, la cantidad de bagazo de malta que obtienen en el proceso es vendida totalmente, la cual es comprada por una empresa local que procesa alimentos para animales a un precio de venta de \$100/kg. Debido a esto, al obtener unos ingresos a partir de la venta del bagazo, la empresa se ve obligada a pesar dicho subproducto, lo cual ha facilitado la obtención de los datos en el

proyecto, adicional, en la Fig. 4, se puede observar que el subproducto que obtienen del proceso maneja un comportamiento paralelo con la cantidad de cerveza artesanal elaborada, esto se debe a que una mayor producción tiende a generar mayor cantidad de bagazo en el proceso, también, se pudo evidenciar que durante este horizonte de tiempo se generó aproximadamente 4,5 toneladas de este subproducto.

Si la oferta de mercado de esta empresa fuera insuficiente y teniendo en cuenta la posible necesidad de adquirir cantidades adicionales de bagazo de malta, fue necesario estimar la oferta de afrecho que generan otras empresas cerveceras artesanales en el Valle del Cauca. Para realizar esto, y de manera aproximada se utilizaron los datos de producción de cerveza artesanal para Colombia del año 2019, donde se producen alrededor de 2720 toneladas de bagazo de malta [2]. Además, el INVIMA reporta que el mercado vallecaucano contribuye a la producción nacional con un 10,12% [3], lo que permite calcular de forma aproximada una producción de 275,4 toneladas de bagazo para esta región del país.

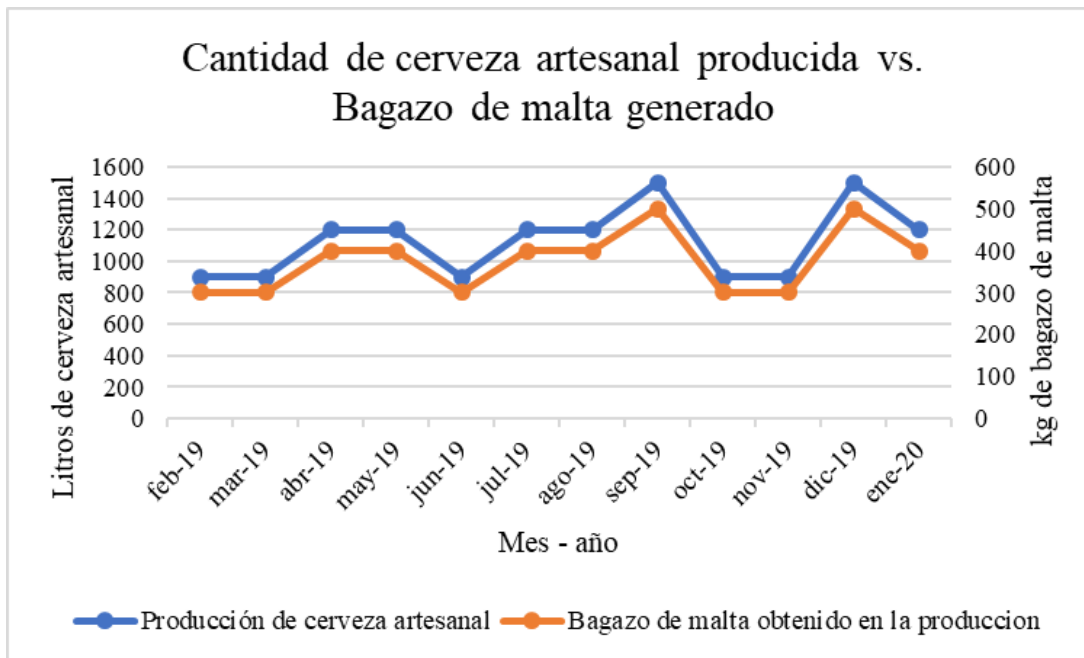


Fig. 4. Cantidad de cerveza artesanal producida vs. Bagazo de malta generado en Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S.

Modificado de: [26]

Teniendo en cuenta lo anterior, la empresa a lo largo del año ha tenido unos ingresos que dependen de la cantidad de bagazo que obtienen del proceso de elaboración de cerveza artesanal, el porcentaje de utilización y el precio de venta, los resultados de los ingresos en los últimos 12 meses se encuentran en la Fig. 5, en donde el total de los ingresos obtenidos en el horizonte de tiempo analizado corresponde a \$450.000.

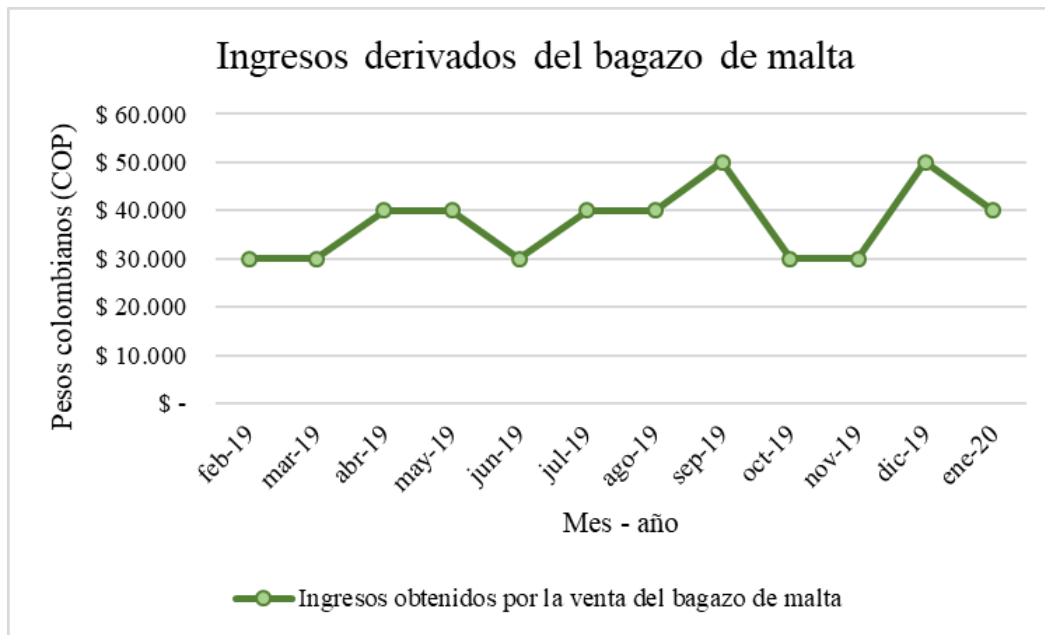


Fig. 5. Ingresos derivados de la venta del bagazo de malta
Modificado de: [26]

Para continuar con el plan de recolección de datos, las variables restantes, por cuestiones externas se obtuvieron a partir de fuentes secundarias, por consiguiente, la siguiente variable a analizar es la humedad, variable la cual determina la relación entre el peso del agua contenida en una muestra determinada de granos y el peso total de la muestra [27]. Siguiendo ese orden de ideas, el contenido de agua del bagazo de malta cuando sale del proceso de maceración se encuentra entre un 70% y 80% [28], contenido de agua demasiado alto que hace inevitable que el bagazo fresco no sea susceptible a la contaminación microbiana, principalmente por mohos, coliformes, estafilococos y demás [28]. Por ende, debe existir un tratamiento de este bagazo, para poder ser utilizado como materia prima para el desarrollo de un producto de valor agregado.

En cuanto a la composición química del bagazo de malta, se sabe que es una variable de suma importancia dentro del desarrollo del proyecto, debido a que se tiene como objetivo diseñar un producto aprovechando al máximo las propiedades nutricionales que este posee. Diversos autores que han estudiado y analizado la composición del bagazo, han encontrado que es una buena fuente de proteínas (entre 15% y 30%) y fibras (entre 44 y 85%), las cuales se dividen en 3 fracciones: celulosa (entre 16% y 26%), hemicelulosa (entre 19% y 30%) y lignina (entre 11% y 28%), además, este subproducto presenta otros compuestos tales como las cenizas (entre 1% y 5%) y lípidos (entre 3% y 10%) [28], estos componentes presentan esa variación debido a factores como el tipo de cebada que se usa en el proceso, métodos y técnicas en el malteado, maceración y la tecnología implementada para la elaboración de la cerveza [10]. En la Fig. 6, se puede observar la composición del subproducto, y en la Fig. 7 la distribución porcentual correspondiente [28].

Composición química del bagazo de malta											
Componente	Kanauchi et al. 2001	Santos et al. 2003	Carvalho et al. 2004	Silva et al. 2004	Mussatto y Roberto 2006	Celus et al. 2006	Xiros et al. 2008	Jay et al. 2008	Robertson et al. 2010	Waters et al. 2012	Meneses et al. 2013
Proteína	24	31	24,6	n.r	15,2	26,7	14,2	15 - 17	20 - 24	22,1	24,7
Fibra	59,1	n.r	73,2	84,1	73		63,5	51 - 53	35 - 46	48,2	60,3
Cenizas	2,4	4	1,2	4,6	4,6	3,3	3,3	n.r	n.r	1,1	4,2
Lípidos	10,6	3-6	n.r		n.r	n.r	n.r	6 - 8	n.r		

Todos los valores están en gramos / 100 gramos de bagazo de malta seco; n.r, no registra

Fig. 6. Composición química del bagazo de malta

Modificado de: [28]

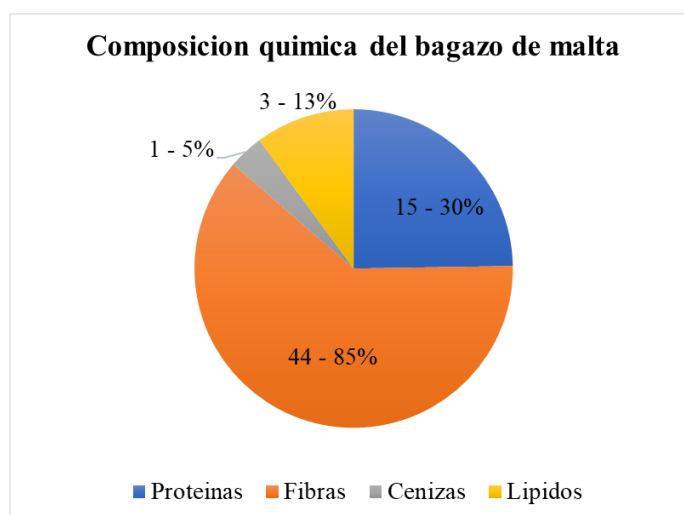


Fig. 7. Distribución porcentual de la composición química del bagazo de malta

Modificado de: [28]

Al conocer que el desarrollo del plan de recolección de datos y la elaboración de un producto derivado del bagazo de malta, tiene una base de investigación multidisciplinaria, para el análisis microbiológico del bagazo, se entrevistaron a dos expertas en el tema de microbiología (ver anexo 6). Usando como base de la entrevista, y fuente primaria de discusión el artículo titulado “Profiling brewers’ spent grain for composition and microbial ecology at the site of production” de la revista *Food Science and Technology* [29], el cual contiene información importante acerca de los contenidos bacterianos y microbianos en diez muestras diferentes de bagazo de malta.

Las profesionales entrevistadas fueron una microbióloga de la Universidad de Antioquia con un doctorado en biología y una bióloga de la Universidad del Cauca con un doctorado y postdoctorado en patología molecular en la Universidad de Brasilia. A partir de esta entrevista se obtuvo información relevante con respecto al momento en que se debe realizar un ensayo microbiológico y bajo qué normativas se deben seguir para obtener un producto apto para su consumo, teniendo en cuenta el alcance y el presupuesto que se tenga en el proyecto, además, expresaron la importancia de aplicar las buenas prácticas de manufactura en el desarrollo de un producto, donde se debe tener cuenta las medidas de seguridad y salubridad, esto debido a que la probabilidad de contaminación de la materia prima aumenta cuando no se tienen las medidas preventivas respectivas, por otro lado, este subproducto al ser originalmente cebada que se adquiere a partir de un proveedor certificado por el Invima, se garantiza que el producto tiene las condiciones adecuadas para su debida comercialización.

Por último, según el documento analizado, se identificó que las diez pruebas frescas de bagazo de malta obtenidas en un día de producción tenían presencia de los siguientes microorganismos: mesófilos, termófilos, pseudomonas, mohos y levaduras, microaerófilos y anaerobias [29], sin embargo, en las muestras de la producción en donde se realizaron los análisis, la

contaminación microbiana es baja y se encuentra dentro de los límites aceptables de uso como alimento [29], adicionalmente, las expertas llegaron a la misma conclusión que la referencia presentada, es decir, que la presencia de dichos microorganismos no es lo suficientemente alta como para impedir que se pueda elaborar un producto a base del bagazo de malta.

Teniendo en cuenta que se va a desarrollar un producto para consumo humano, se debe tener en cuenta la normatividad para un producto a base de cereales, la NTC 3749 establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir dicho producto [30], en la Fig. 8 se muestran los requisitos fisicoquímicos y en la Fig. 9 se puede observar los requisitos microbiológicos correspondientes.

Requisito	Valor	
	Mínimo	Máximo
Humedad ¹⁾ , % (m/m)	-	6.0%
Proteína X 5,70, % (m/m)	3.5%	-
Cenizas, % (m/m)	-	5.0%

Fig. 8. Requisitos Fisicoquímicos [30]

Donde,

- 1) Para productos con trozos de fruta deshidratada

Microorganismo	n	c	m	M
Recuento de bacterias aerobias mesófilas, UFC/g	3	1	5 000	10 000
NMP coliformes /g	3	1	9	110
NMP coliformes fecales/g	3	0	<3	-
Estafilococos aureus/g	3	0	100	-
Mohos y levaduras/g	3	1	1 000	2 000
Salmonella/25 g	3	0	0	-

Fig. 9. Requisitos Microbiológicos [30]

Donde,

- n : Numero de muestras que se van a examinar
- c : Numero de muestras permisibles con resultados entre m y M
- m : Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad
- M : Índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable

Con la finalidad de evaluar el entorno en el que se introducirá el nuevo producto que se desarrollará mediante el aprovechamiento del bagazo de malta, se decide utilizar la metodología PESTEL para identificar las situaciones externas que puedan intervenir favorable y desfavorablemente en el desarrollo del proyecto. Esta metodología que se mencionó anteriormente tiene como fin analizar el entorno Político, Económico, Sociocultural, Tecnológico, Ecológico y Legal.

En la Fig. 10 se puede evidenciar las investigaciones que se realizaron por cada entorno [31] [32] [33] [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40], esta información se obtuvo a partir de las fichas diseñadas en el plan de recolección, las cuales se pueden encontrar en el anexo 7.

Favorable					
Aumento en los tratados de importación y exportación para la obtención de materia prima	Creación de valor a un coproducto	Tendencia creciente en desarrollo de coproductos	Mayor oportunidad de emprendimiento a partir de la creación de nuevos sabores y texturas	Aumento de empresas con pensamiento de producción verde y economía circular	Existencia de organismos reguladores encargadas de la protección al consumidor como el Invima e ICONTEC
	El consumo de bebidas alcohólicas está concentrado en cervezas, donde hay una tendencia importante de incremento	Creciente preocupación por la contaminación ambiental			
Político	Económico	Sociocultural	Tecnológico	Ecológico	Legal
P	E	S	T	E	L
Desfavorable					
La creación de un impuesto plurifásico, el cual significa que el impuesto que paga la cerveza se cobra a los que la producen y no al que las consumen	La participación de la cerveza artesanal en comparación a la industrial es baja, debido a que Bavaria monopoliza el mercado nacional	Por la coyuntura que vive el mundo actualmente con el COVID-19, se afecta la confianza de dirigirse establecimientos donde se venden cervezas artesanales	Altos costos en insumos e investigación de mercado	Uso incorrecto de los desperdicios que se obtiene al final de la producción	Incumplir en sanciones por no cumplir con los requisitos que exige las normas y leyes en Colombia
	Aumento del precio del dólar y devaluación del COP, complicando la obtención de la malta importada		Posibles altas inversiones para adquisición de maquinarias		

Fig. 10. Análisis del entorno basado en la metodología PESTEL

Posteriormente, se realizó un análisis D.O.F.A para el producto que se va a desarrollar y verificar la existencia de una oportunidad en el mercado, adicionalmente, estas se clasificaron en una matriz que permite evidenciar las estrategias correspondientes para alcanzar los objetivos establecidos en este proyecto. En la Fig. 11 se presenta la matriz D.O.F.A.

<p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p>	<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tendencias crecientes de reutilización y aprovechamiento de residuos orgánicos con altas propiedades nutricionales 2. Propuesta de valor agregado para el diseño y elaboración de un producto a base de un coproducto industrial a bajo costo 	<p style="text-align: center;">Amenazas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Riesgo de multas por incumplimiento a las normativas de protección al consumidor 2. Posibilidad de incurrir en altos costos de inversión para el desarrollo del proyecto
	<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Disponibilidad del bagazo de malta en la empresa 2. Facilidad de experimentación y pruebas dentro del laboratorio de nutrición de la Universidad Javeriana Cali 	<p style="text-align: center;">Estrategias FO</p> <p>F1-O1. Introducir al mercado un producto innovador y nutritivo, teniendo en cuenta las propiedades del bagazo</p> <p>F2-O2. Realizar ensayos en el laboratorio para el diseño del producto propuesto en este proyecto</p>
<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El bagazo de malta es considerado un coproducto altamente perecedero 2. Desconocimiento de la factibilidad financiera del proyecto 	<p style="text-align: center;">Estrategias DO</p> <p>D1-O2. Realizar tratamientos en el proceso de aprovechamiento que garantice la conservación del bagazo</p> <p>D2-O1. Llevar a cabo un estudio de la posible demanda del producto, con el fin de establecer la capacidad de producción del proceso para satisfacer dicha demanda</p>	<p style="text-align: center;">Estrategias DA</p> <p>D2-A2. Estudiar la factibilidad económica del proyecto y establecer un tiempo de recuperación de la inversión para el aprovechamiento del bagazo</p>

Fig. 11. Estrategias matriz D.O.F.A

Una vez obtenida la información para continuar con el proyecto, se procede a dar respuesta a los indicadores de desempeño y a determinar unas metas de cada variable. La meta de la utilización se obtuvo a partir del empresario cervecero, donde busca que la utilización del bagazo de malta este destinada en un 100% para elaborar un producto derivado de dicho material siempre y cuando este supere sus ingresos actuales por ventas de bagazo. Por otro lado, las metas de la cantidad de bagazo generadas y la producción de cerveza artesanal, fueron determinadas con un pronóstico simple, debido a que el empresario no logró determinar unas metas para estas variables por sí mismo ya que el mercado está pasando por un momento crítico. Finalmente, las variables de humedad, composición química y microbiológica tienen como meta cumplir con los requerimientos que la NTC 3749 exige. Cabe resaltar que al no haber normativa que rijan el contenido de lípidos y fibras, el grupo de trabajo decidió como meta el aprovechar al máximo la cantidad de estos componentes con el fin de ofrecer el mayor beneficio para el producto final. En la TABLA V se puede observar los resultados de los indicadores de desempeño que se explicaron previamente con su respectiva meta.

TABLA V
RESULTADOS DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Variable	Actualidad	Meta
Humedad	70 - 80% de humedad	En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se encuentra la meta de la humedad según la NTC 3749
Ingresos anuales a partir de la venta de bagazo de malta	Aproximadamente \$450.000	Aumentar al máximo los ingresos por ventas de un producto a partir del bagazo de malta (> \$450.000)
Utilización	100% de utilización en ventas/kg a una empresa que procesa alimentos para animales	Redirigir la utilización del bagazo de malta en un 100% para el diseño del proceso que se va a desarrollar en este proyecto
Cantidad de bagazo de malta generado por producción de cerveza artesanal en el año	Aproximadamente 4,5 toneladas en la empresa Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S., y 270,9 toneladas adicionales de las otras empresas cerveceras del Valle del Cauca	Procesar la cantidad de bagazo de malta que sea necesario para el desarrollo de este proyecto
Composición microbiológica	Presencia de los siguientes microorganismos: mesófilos, termófilos, pseudomonas, mohos y levaduras, microaerófilos y anaerobias	En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se encuentra la meta de la composición microbiológica según la NTC 3749
Composición química	La composición química del bagazo de malta se puede observar en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.	En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se encuentra la meta de las proteínas según la NTC 3749
		En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se encuentra la meta de las cenizas según la NTC 3749
		Aprovechar la máxima cantidad de fibras
		Aprovechar la máxima cantidad de lípidos
Producción de cerveza anual	Aproximadamente 13500 Litros	Aproximadamente 14400 Litros

IV. ANALIZAR

A. Análisis de Oportunidad

Con el fin de conocer la oportunidad de mercado, se realizó un análisis histórico de la cantidad de cerveza artesanal producida entre enero de 2019 y enero de 2020, y la cantidad de bagazo de malta derivado de este proceso, tales resultados son mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, como la relación entre la cantidad de litros producidos de cerveza artesanal, la cantidad en kilogramos de bagazo de malta en función del mes de producción.

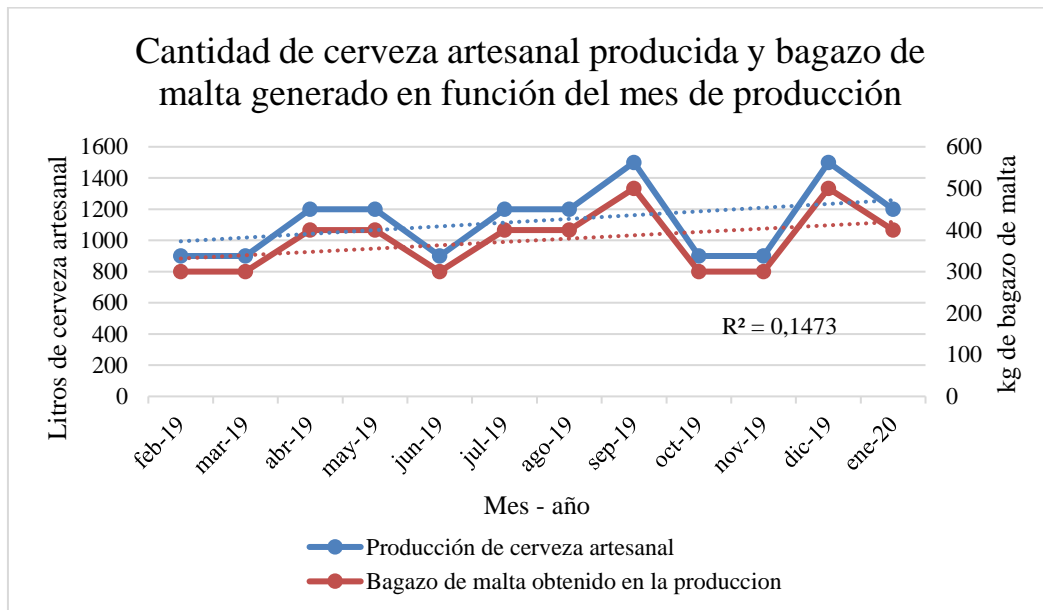


Fig. 12. Análisis de la cantidad de cerveza artesanal producida y bagazo de malta generado en función del mes de producción

Modificado de: [26]

En la Fig. 12, se puede observar la relación directa entre el volumen de cerveza producida en litros y la cantidad de masa de bagazo de malta obtenida, la relación entre estas variables es propia de la receta de preparación de la cerveza que tiene la empresa Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S. Donde, la cantidad de afrecho producido es proporcional a la producción total de la cerveza y para el caso de esta empresa es aproximadamente un 30% de su producción total, otras cerveceras manejan relaciones diferentes entre estas variables, pero manteniendo su proporcionalidad. Con los datos de la Fig. 12, se estima el coeficiente de determinación en 14.73%, lo que implica la poca posibilidad de predecir el comportamiento futuro de estas variables. Sin embargo, se ha calculado el coeficiente de variación (CV) para esta serie de datos, como la relación entre la desviación estándar (σ) y el promedio (\bar{x}) representada en la siguiente fórmula: $CV = \sigma / \bar{x}$, obteniendo un valor de 0.20, que de acuerdo a Vidal [41], un valor menor que 1 indican que los datos de estas variables se comportan de manera estable, con esto se puede afirmar que las proyecciones de producción pueden ser calculadas mediante un promedio móvil en función del tiempo, mostrando una leve tendencia creciente de las variables, lo que puede ser apreciado en la Fig. 12 como las líneas de tendencia punteadas, lo anterior ha permitido concluir que la producción de bagazo de malta tiene una tendencia a aumentar, lo que ofrece una mayor cantidad de afrecho para ser aprovechado en el futuro, aumentando así la oportunidad de mercado planteado en este proyecto.

Con el fin de determinar los requisitos críticos del cliente del proyecto, se ha definido unos controladores de requerimientos críticos seis sigma (CTx), que influyen significativamente en el diseño del proceso para el aprovechamiento del bagazo de malta obtenido de la producción de cerveza artesanal, los cuales se han establecido por medio de toda la información recolectada en la etapa definir, haciendo referencia a los requerimientos propuestos por los principales interesados del proyecto, así mismo con la información recopilada en la etapa medir, en donde se definieron los indicadores de desempeño, se realizaron entrevistas a los clientes potenciales del proyecto, y se realizó un análisis del entorno con el fin de plantear estrategias que permitan afrontar aquellas situaciones externas e internas que puedan afectar al proyecto, con base a las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que pueden influir en el desarrollo del mismo. Para el caso de este proyecto, se definieron los siguientes controladores críticos: calidad, costo y satisfacción. Cabe resaltar, que las empresas cerveceras artesanales al ser los principales interesados del proyecto se establecen como los clientes potenciales del mismo

Los controladores críticos de calidad CTQ (*Critical To Quality*) están determinados en función del proceso que se elaborará y el producto que se diseñará a partir del aprovechamiento del bagazo de malta. En primer lugar, el controlador crítico de calidad del proceso es:

- Realizar controles de calidad en el proceso: El proceso que se va a desarrollar para el producto final debe cumplir con ciertos factores de calidad como la implementación de medidas sanitarias y de seguridad que los operarios de la planta

deben acatar obligatoriamente para evitar accidentes y contaminación en el proceso, es decir, hacer uso de guantes, tapabocas, gorros de malla y botas de seguridad. Además, los equipos que se van a implementar deben cumplir unos parámetros de higiene para que no contaminen el producto final durante el proceso.

En segundo lugar, los controladores críticos de calidad referentes al producto son los siguientes:

- **Composición físico-química del bagazo:** En cuanto a este indicador es importante tener un control riguroso de la humedad en el subproducto, debido a que, al salir del proceso de maceración, este sale con un alto contenido de agua, lo cual implica el posterior tratamiento de la muestra, de tal forma se puede asegurar la reducción en la cantidad de agua según la norma establecida por la NTC 3749. Además, el bagazo de malta contiene una serie de propiedades nutricionales que requieren ser aprovechadas en el producto final, así pues, al controlar la humedad del subproducto es fundamental que no afecte significativamente el contenido de estas.
- **Composición microbiológica:** Con respecto a esta variable, los procesos microbiológicos y su control son de suma importancia porque pueden determinar si el producto es inocuo o no para el consumo humano en caso de encontrar la presencia de hongos, bacterias u otros elementos microbiológicos que lo puedan afectar, por ende, el uso de las buenas prácticas de manufactura cumple un papel muy importante para prevenir el crecimiento de microorganismos no deseados y la contaminación del bagazo. Es por esta razón que se deben diseñar tratamientos que garanticen la conservación del bagazo y sea apto para su posterior uso, además, debe asegurarse que el producto que se va a desarrollar en este proyecto cumpla con los requerimientos microbiológicos que la norma NTC 3749 establece.

Los controladores críticos de costo CTC (*Critical To Cost*) son fundamentales para el buen manejo del dinero y se definieron a partir de requerimientos expresados por las empresas cerveceras artesanales en la etapa definir, la cual consiste en:

- **Tener un retorno de inversión favorable para las empresas:** Las empresas cerveceras artesanales desean que, con el diseño del proceso, el aprovechamiento del bagazo de malta planteado en el proyecto, se obtengan mayores ingresos a los que se obtiene actualmente de la venta por kilogramo del subproducto, también, es conveniente tener en cuenta que existe la posibilidad de incurrir en altos costos de inversión y que no existe conocimiento de la factibilidad económica del proyecto, por tal razón, es importante realizar un estudio de factibilidad financiera que establezca un tiempo de recuperación de la inversión para la reutilización del bagazo. Además, es preciso destacar que este subproducto tiene una gran oportunidad de aprovechamiento económicamente, debido a que según las entrevistas que se realizaron a las empresas cerveceras, el bagazo es vendido a un costo relativamente bajo.

Finalmente, los controladores críticos de satisfacción CTS (*Critical To Satisfaction*), son los controladores que hacen alusión a los requerimientos de los clientes, y que no necesariamente deben tener una relación con la calidad del producto.

- **Cantidad de bagazo de malta reutilizado:** Este indicador es importante para determinar la satisfacción de los clientes potenciales del proyecto, debido a que las empresas cerveceras artesanales buscan generar un valor agregado al bagazo de malta derivado de su producción, y darle una utilización diferente al que se maneja actualmente, se espera que en un futuro se reutilice todo el bagazo como subproducto.

A continuación, por medio de los requerimientos planteados por los clientes del proyecto, durante las entrevistas realizadas y con el apoyo de las expertas en microbiología, se concibió la mezcla comercial (3 P's) con el fin de explicar el funcionamiento de marketing de una manera integral y completa.

El producto que se va a desarrollar a partir del bagazo de malta según requerimientos de las empresas cerveceras artesanales debe cumplir con la necesidad de ser un producto para consumo humano, aprovechando la cantidad de proteínas, azúcares y fibras de alto valor nutricional que presenta dicho bagazo y que son potencialmente valiosos para este tipo de productos.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que existe en el mercado productos similares al producto a desarrollar, y que se debe procurar manejar precios similares o inferiores a los de estos, razón por la cual el bagazo de malta presenta una gran oportunidad, ya que actualmente las empresas cerveceras lo consideran un residuo y lo venden a un precio bajo, este factor resulta conveniente para otro tipo de empresas que deseen implementar el proceso de aprovechamiento planteado en este proyecto, sin embargo, las empresas cerveceras presentan una ventaja en este aspecto evitándose un costo adicional en la adquisición de la materia prima (bagazo). Por último, al tratarse de un subproducto obtenido en las cerveceras artesanales, el producto tendrá su punto de fabricación dentro de estas, por ende, la distribución y el transporte se originarán en ese lugar y los costos presentarán una serie

de variaciones dependiendo del volumen transportado y la ubicación del cliente. Además, si las empresas cerveceras plantean la posibilidad de generar nuevas plantas, debe realizarse un correcto estudio de mercado que garantice una ventaja competitiva con relación al costo-beneficio del producto.

Finalmente, con la mezcla comercial de marketing anteriormente expuesta, el respectivo análisis de los datos recolectados en la etapa medir y las estrategias propuestas en el análisis del entorno DOFA, se ha establecido que la tendencia de oportunidad de mercado muestra la necesidad de diseñar un proceso para elaborar un producto aprovechando el bagazo de malta que surge a partir de la elaboración de la cerveza artesanal, esto con el fin de generar un valor agregado a las empresas cerveceras por medio de un método estandarizado de reutilización.

B. Revisión de literatura

Como se mencionó en la etapa medir, el bagazo de malta es considerado un material rico en proteínas y fibras, donde las empresas suelen optar por la opción más fácil al ofrecer este subproducto como alimento para animales [6]. Sin embargo, debido a su bajo costo, la alta disponibilidad en la industria y su valiosa composición química, el bagazo se ha considerado como una materia prima de gran interés con distintas alternativas [6]. En esta sección se mostrarán algunas investigaciones, proyectos y estudios relevantes sobre el uso de este subproducto, además, en el anexo 8 se puede evidenciar el resumen de la revisión realizada.

En el estudio realizado por Arcia et. al. [42], se elaboraron panes enriquecidos con las fibras del bagazo, donde este subproducto tuvo que ser secado a 50°C en un horno de convección forzada, molido y tamizado en una malla de 1 mm con el fin de obtener la harina de bagazo. Posteriormente, se elaboraron dos fórmulas principales para la elaboración de diferentes tipos de panes, la idea principal del estudio presentado por Arcia et. al., es sustituir un porcentaje de la harina de trigo por bagazo de malta, para ser exactos, se realizaron formulaciones con 7.8% y 15.6% de afrecho respectivamente. Por último, se evaluó en un panel sensorial la aceptación del producto por parte de los catadores, donde se encontró que formulaciones con 7,8% de bagazo eran bien aceptadas en los consumidores del producto [42].

En otros estudios, como el realizado por Ajanaku et. al. [43], se elaboraron galletas a partir del bagazo de malta, donde este fue secado previamente a 40°C en un horno para asegurar su conservación, posteriormente, molido y tamizado en una malla de 610 µm para garantizar tamaños de partículas similares. Se realizaron galletas con diferentes formulaciones, las cuales sustituyen la harina de trigo con el bagazo de malta en un 0, 3, 6, 9, 12 y 15% respectivamente. Finalmente, en este estudio se llegó a la conclusión que las galletas que contenían 3 y 6% de bagazo resultaban tener mayor aceptabilidad en los consumidores que realizaron la evaluación sensorial del producto [43].

Al revisar en la literatura otras posibles alternativas para el aprovechamiento del bagazo de malta en el área de consumo humano, se encontró un trabajo realizado por Özyural et. al [44] que estudió la posibilidad de utilizar este material como un suplemento de contenido de fibras en la producción de salchichas de Fráncfort o más conocidas en el idioma alemán como *Frankfurters*. En primer lugar, el bagazo fue secado a 45°C por 24 horas en un horno eléctrico hasta que se alcanzó una humedad inferior al 10%, luego fue molido y tamizado a través de una serie de mallas con apertura de 212, 425 y 850 µm, haciendo referencia a partículas pequeñas, medianas y grandes respectivamente. Después de haber realizado los tratamientos descritos anteriormente, realizaron una serie de ensayos, donde el bagazo de malta fue incorporado en la receta de las salchichas de Fráncfort en niveles de 0, 1, 3 y 5% en lugar de almidón. Además, se añadió un 4% de agua y se extrajo un 2% de grasa de carne de la fórmula de las *Frankfurters* cada que se agregaba 2% de bagazo. En este estudio, se llegó a la conclusión que el bagazo de malta puede ser usado como sustituto de la grasa de carne y además, tiene un gran potencial como fuente de fibras pudiendo ser incluido en la formulación de las salchichas, lo que permite productos con altos contenidos fibrosos y con menores cantidades de grasas, adicionalmente, determinaron que la mejor fórmula es adicionar 1% del bagazo del tamaño de partículas pequeñas según una evaluación sensorial que realizaron [44].

Por otro lado, el servicio investigativo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), ha investigado diferentes maneras de convertir los “desperdicios” de las industrias en alimentos, para así, darles un valor añadido a los productos [45]. De tal forma que el USDA ha fusionado su investigación con ReGrained [46], una empresa local que busca reutilizar el bagazo de malta para producir barras a base de cereal, la empresa actualmente ya produce sus barras de cereal, así como otros productos a base del bagazo. ReGrained es una empresa en donde sus cofundadores, al ser productores de cerveza artesanal, se dieron cuenta que la malta resultante de la elaboración de cerveza, tiene una concentración significativa de fibras, proteínas y nutrientes, aparte de su fácil asequibilidad, ya que la materia prima la obtienen de otras cerveceras artesanales que colaboran con ellos, de manera que la empresa afirma que los productos que estos manejan tienen alrededor de un 55% más de fibra y un 26% menos de calorías que la harina de trigo, y un 24% más de proteína que la quinoa [46], consolidando productos beneficiosos para los consumidores y con un alto contenido nutricional.

Otra de las alternativas innovadoras que se han propuesto a partir del bagazo de malta, fue la desarrollada por la organización “*Plant Chicago*” para el crecimiento de hongos [47]. En esta investigación se asegura que mientras el proceso de macerado en la producción de cerveza extrae una gran cantidad de azúcares en la malta, en el bagazo aún se pueden encontrar altos contenidos de proteínas y fibras, lo que genera un ambiente atractivo para el crecimiento de los hongos, debido a que estos se alimentan en gran medida de estas. Aun así, el tratamiento del bagazo de malta para este tipo de procesos es complejo porque, la exposición de esta a la intemperie recién sale del proceso de maceración, y sin el cuidado adecuado, hará mayores las probabilidades de que acumule otros microorganismos que puedan interferir en el crecimiento de algún tipo de hongo, por esto, es recomendable que si se desea cultivar un hongo en especial, es preciso recolectar este subproducto en cuanto salga del proceso de elaboración de la cerveza, de lo contrario, tendrán que realizar un proceso de pasteurización en el lugar de cultivo. Así pues, “*Plant Chicago*” realizó un estudio en donde inocularon en el bagazo de malta un hongo llamado *Pleurotus djamor*, o mejor conocido como el hongo ostra rosado, el cual sorprendentemente creció en tan solo 5 días, casi dos o tres veces más rápido que en el medio tradicional, en donde luego adicionaron serrín y otros componentes para nutrir el hongo, el cual crece exitosamente. Finalmente, una vez usado el bagazo de malta como medio para el crecimiento del hongo, este puede ser utilizado como material de compostaje para así seguir el ciclo sostenible.

El bagazo de malta también es una materia prima de interés para procesos químicos, donde se han propuesto diferentes aplicaciones posibles en esta área como material absorbente para tratamientos de aguas residuales [6]. Un estudio realizado por Mussatto et. al. [48] evidencio que, a través de la lignina separada del bagazo de malta, es posible generar carbón activo, el cual es capaz de absorber metales y colorantes en aguas residuales. En primer lugar, el método realizado por el estudio se basa en secar el bagazo a $50 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta alcanzar un contenido de humedad inferior al 10%, después de obtener este material en base seca se realizó un pretratamiento con ácido sulfúrico diluido, asegurando que se encontrara en óptimas condiciones, posteriormente, se realizó la hidrólisis alcalina del producto y se obtuvo el denominado licor negro, y la lignina precipitada que fue separada. Con esta lignina separada, se produjo el carbón activado, que según los autores, mostró una alta capacidad para absorber metales como níquel, hierro, cromo y silicio. La fabricación de carbón activado de esta manera genera un producto que tiene mejores características como material absorbente que muchos de los productos comerciales disponibles.

Además de las alternativas previamente expuestas, se han propuesto diferentes alternativas para el uso del bagazo de malta en la producción de biogás y etanol, esto se debe a la crisis energética que el mundo está experimentando actualmente [6]. Además, la alta disponibilidad de este material junto con su composición química y bajo costo, motiva la aplicación de este subproducto como materia prima en esta área [6].

Un proyecto muy importante que se desarrolló en Europa y que sirve como referencia para la producción de biogás a partir del bagazo de malta se denomina “*THERCHEM*” [49]. Este proyecto se realizó con el fin de alcanzar los objetivos de la Unión Europea para el 2020 [50], el cual tiene como objetivo encontrar nuevas fuentes de energía renovable. Por esta razón, los integrantes del proyecto desarrollaron un proceso termoquímico de pre- y post-tratamiento para la digestión anaeróbica del bagazo de malta, buscando incrementar la producción de biogás y garantizando ser factible en plantas de digestión anaeróbica de menor dimensión, sin embargo, este material contiene un componente de lignocelulosa que es difícil de degradar, motivo por el cual, es necesario realizar este pre tratamiento termoquímico a altas temperaturas que necesita un catalizador ácido, el cual resulta bastante complejo. Finalmente, el proyecto logró resultados alentadores, donde en un prototipo del sistema de pretratamiento alcanzó aumentar la productividad del bagazo de malta en un 30% en comparación con el proceso convencional de digestión anaeróbica, esto se traduce en la posibilidad de que las industrias cerveceras puedan aumentar su competitividad, reducir sus costos y consumo de energía en las plantas.

Continuando con la aplicación del bagazo de malta en el sector energético, se encontró un estudio realizado por Xiros et. al [51] que busca mejorar la producción de bioetanol por medio de un sistema consolidado que utiliza este material junto con el maíz como fuente principal del proceso. En este estudio, se llegó a la conclusión que el perfil enzimático del extracto extracelular de la especie de hongo *F. oxysporum* inmerso en el bagazo de malta y el maíz como fuente de carbón, demostraron alcanzar con éxito la hidrólisis del bagazo, pero es importante tener en cuenta que en el estudio evidenciaron que esta hidrólisis representa ser el cuello de botella del proceso de bioconversión. También, se obtuvo una producción de 109 g de etanol por cada kilogramo de bagazo en base seca, correspondiente al 60% del rendimiento teórico basado en el contenido total de glucosa y xilosa del bagazo de malta, es por esta razón, que los autores afirman que el desarrollo de este bioproceso es digno de una mayor investigación con fines de aplicaciones comerciales.

Teniendo en cuenta todos los estudios, trabajos y proyectos comentados anteriormente, se puede evidenciar la oportunidad de mercado mencionada en la sección Análisis de oportunidad, considerando que existen diversos sectores para el aprovechamiento del bagazo de malta obtenido en la producción de cerveza artesanal, los cuales incluyen la elaboración de productos para consumo humano, procesos químicos y la implementación del bagazo como materia prima generadora de energías renovables.

C. Exploración de ideas y selección de alternativa

Con el fin de determinar una de las alternativas mencionadas en la sección anterior, es necesario realizar un filtro en donde se escojan las propuestas que mejor se ajustan al proyecto, por esto, el grupo de trabajo decidió hacer uso del método Disney, ya que esta es una técnica eficiente y relativamente sencilla de aplicar. El método Disney consiste en realizar un filtro por medio de tres fases que adoptan un rol distinto en cada una, las cuales son: “soñador”, “realista” y “crítico” respectivamente [52], en donde las alternativas que pasen por cada una de las fases serán consideradas para el desarrollo de un producto y la posterior selección del más adecuado. En la Fig. 13 se puede observar la disposición de las alternativas en cada una de las fases.

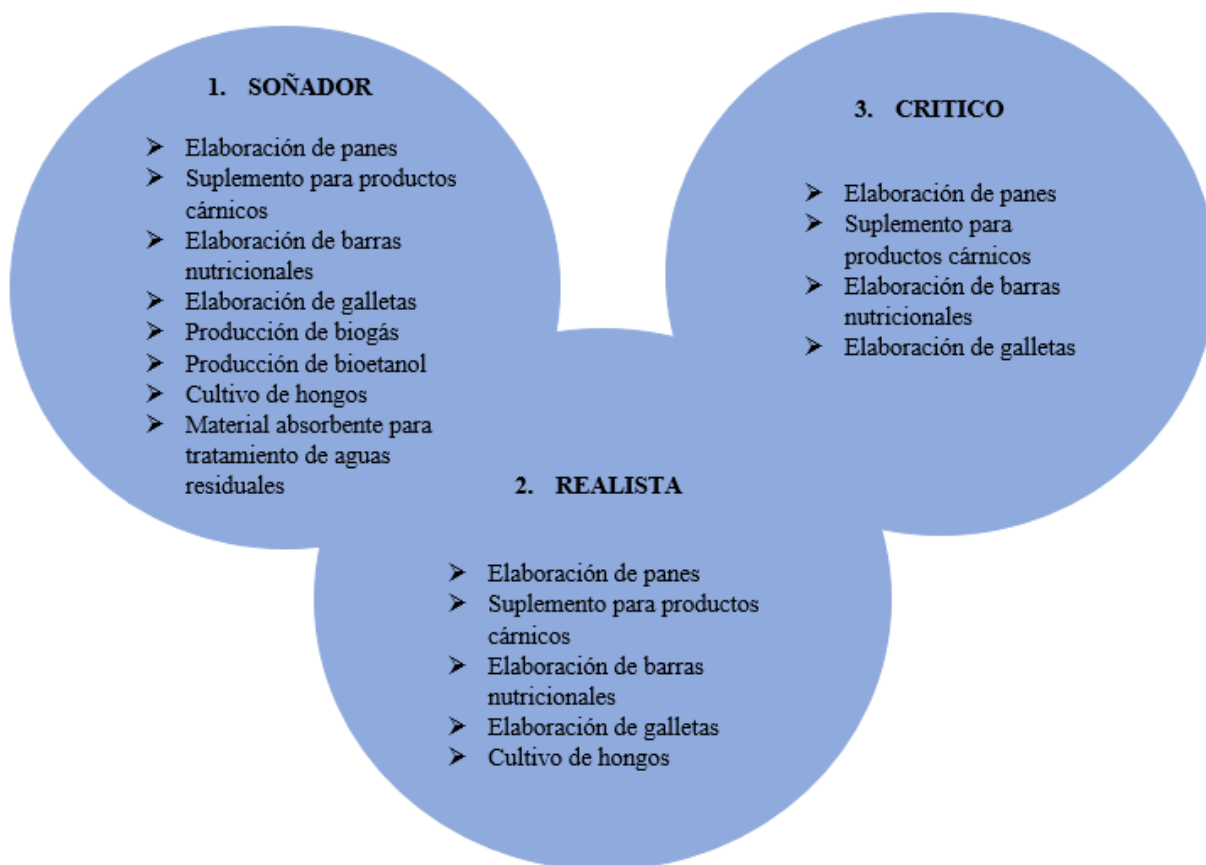


Fig. 13. Ideación mediante método Disney

En la Fig. 13 se puede observar que en un principio el rol del soñador acató todas las alternativas encontradas en la literatura, en donde la imaginación y la creatividad de cada una de estas puede pasar por esta fase sin cuestionamiento alguno.

Siguiendo con el método, se asumió un rol realista en donde las propuestas de la fase anterior fueron analizadas de forma individual, con el fin de determinar la posibilidad de su implementación. De manera que, las alternativas de “Producción de biogás”, “Producción de bioetanol” y el “Material absorbente para tratamiento de aguas residuales” a partir de bagazo de malta, fueron descartadas como posibles alternativas a causa de la complejidad de su proceso y por el requerimiento de equipos especiales que los laboratorios de química y nutrición de la Universidad Javeriana de Cali no disponen. Además, algunas de estas propuestas según lo investigado en la literatura no cuentan con la suficiente experiencia para su desarrollo.

Por último, siguiendo con el rol crítico, las propuestas que surgieron a partir de la fase anterior fueron analizadas a partir de sus ventajas y desventajas. Así pues, la alternativa relacionada al cultivo de hongos tiene una serie de desventajas relacionadas al proceso, en donde la pasteurización resulta ser más sencilla que los procesos de las alternativas anteriormente descartadas, pero se debe tener más cuidado en el control, ya que se considera sensible al crecimiento de microorganismos que puedan afectar a los resultados deseados [47]. Adicionalmente, según los requerimientos expresados por los clientes potenciales del proyecto, el

cultivo de hongos al no ser una alternativa para consumo alimentario será descartado. Por esta razón, las alternativas definitivas que posteriormente serán evaluadas son: elaboración de panes, suplemento para productos cárnicos procesados, elaboración de barras a base de cereal y elaboración de galletas.

En la TABLA VI, se puede observar las alternativas resultantes después de implementar el método Disney considerando tres dimensiones P del mercado. Esta información fue obtenida a través de la revisión de la literatura que se realizó en la sección anterior y un benchmarking que efectuó el grupo de trabajo.

*TABLA VI
MEZCLA DE MERCADO PARA LAS ALTERNATIVAS ELEGIDAS EN EL MÉTODO DISNEY*

Alternativa	Producto	Precio	Plaza
Proceso para la elaboración de panes	El bagazo de malta servirá como suplemento que sustituirá en pequeñas proporciones el uso de la harina de trigo en la elaboración del pan.	A través de un benchmarking realizado en diferentes marcas que compiten en esta categoría de productos, se estableció un precio de venta promedio de \$8.210/kg	El producto evaluado tendrá una prueba piloto en los laboratorios de la Universidad Javeriana de Cali, sin embargo, el diseño y la distribución del proceso estarán situados en las empresas de cerveza artesanal y de otros sectores que deseen aprovechar el bagazo de malta.
Proceso para la utilización del bagazo de malta como suplemento en productos cárnicos procesados	El bagazo de malta es molido en pequeñas partículas para luego ser agregado como suplemento nutricional en los productos cárnicos procesados.	A través de un benchmarking realizado en diferentes marcas que compiten en esta categoría de productos, se estableció un precio de venta promedio de \$21.260/kg	El producto evaluado tendrá una prueba piloto en los laboratorios de la Universidad Javeriana de Cali, sin embargo, el diseño y la distribución del proceso estarán situados en las empresas de cerveza artesanal y de otros sectores que deseen aprovechar el bagazo de malta.
Proceso para la elaboración de barras a base de cereal	A partir del bagazo de malta se elaborarán barras de cereales con altos valores de proteínas y fibras.	A través de un benchmarking realizado en diferentes marcas que compiten en esta categoría de productos, se estableció un precio de venta promedio de \$48.986/kg	El producto evaluado tendrá una prueba piloto en los laboratorios de la Universidad Javeriana de Cali, sin embargo, el diseño y la distribución del proceso estarán situados en las empresas de cerveza artesanal y de otros sectores que deseen aprovechar el bagazo de malta.
Proceso para la elaboración de galletas	Se sustituirá en pequeñas proporciones el uso de harina de trigo con bagazo de malta para la elaboración de galletas, con el fin de aportar mayor contenido de fibra a la tabla nutricional del producto.	A través de un benchmarking realizado en diferentes marcas que compiten en esta categoría de productos, se estableció un precio de venta promedio de \$43.092/kg	El producto evaluado tendrá una prueba piloto en los laboratorios de la Universidad Javeriana de Cali, sin embargo, el diseño y la distribución del proceso estarán situados en las empresas de cerveza artesanal y de otros sectores que deseen aprovechar el bagazo de malta.

Una vez obtenidas las alternativas a evaluar para el proyecto, se procedió en escoger la mejor entre estas mediante el método analítico jerárquico AHP. Para el desarrollo de este método se definieron los siguientes criterios con su respectiva preferencia:

- Complejidad del proceso: consiste en identificar el tipo de equipos, herramientas o máquinas que serían necesarios para el desarrollo del producto. Según lo mencionado, se analizaron el tipo de operaciones necesarias para producir cada una de las propuestas. De manera que a partir de la revisión de literatura realizada en la sección anterior, se logró identificar que antes de comenzar con la producción de todos los productos, es necesario someter el bagazo de malta a un proceso de secado el cual busca reducir la humedad del mismo a niveles especificados por la norma, así mismo, se identificó que los procesos en donde se utiliza el bagazo de malta como suplemento para la elaboración de panes, galletas y productos cárnicos, requieren de la conversión del subproducto en harina, esto indica que para el desarrollo de los respectivos productos es necesario moler y tamizar el material con el fin de obtener pequeñas partículas, por otro lado, en cuanto al proceso de elaboración de las barras a base de cereal, no será necesario convertir el bagazo en harina, en cambio, una vez se haya reducido su humedad, estará listo para ser procesado [53]. Teniendo en cuenta el tipo de operaciones, se definió que la utilización del subproducto como suplemento para la elaboración de panes, galletas y productos cárnicos son igualmente preferidos, mientras que la elaboración de barras nutricionales es fuertemente preferida que las demás.
- Accesibilidad al mercado: este criterio hace referencia al posible mercado potencial que cada alternativa podría alcanzar. En la Fig. 14 se puede observar las ventas anuales en billones de pesos colombianos de cada alternativa, este análisis del mercado se realizó a partir de datos obtenidos en Euromonitor dentro de la industria colombiana desde al año 2017 al 2019 [54].

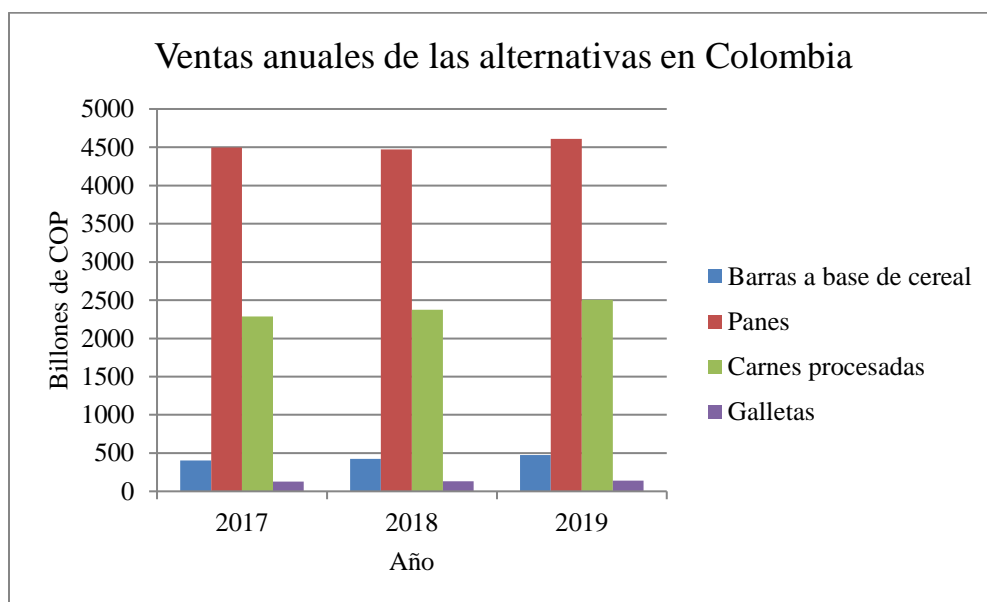


Fig. 14. Ventas anuales de las alternativas en Colombia del 2017 al 2019

Según la Fig. 14 en los últimos tres años, se puede observar que las ventas de barras nutricionales y de productos cárnicos han tenido un leve incremento constante a través del tiempo, mientras que las galletas y los panes, muestran un comportamiento uniforme. Aun así, las ventas por panes superan significativamente las demás alternativas, lo que permite afirmar que los panes son muy fuertemente preferidos ante las barras a base de cereales y las galletas, y fuertemente preferido ante los productos cárnicos. Teniendo en cuenta el crecimiento y el mayor nivel de ventas de las barras de cereales sobre las galletas, se estima que las barras tendrán un nivel de preferencia moderado ante estas últimas.

- Posible precio de venta: Teniendo en cuenta el benchmarking realizado en la TABLA VI, se han identificado unos precios de venta promedio por kilogramo en cada una de las alternativas. Dado que el bagazo de malta es una materia prima de bajo costo, al comparar los precios de venta entre las propuestas, es probable considerar que, a mayor precio de venta, mayor será el margen de contribución del producto resultante, esto pues, sin considerar otros costos que podrían estar incluidos dentro del proceso productivo de cada alternativa. Por tal motivo; las barras a base de cereal al tener el mayor precio de venta, ha sido la alternativa con el mayor margen de contribución considerando solo el costo adquisitivo

del bagazo de malta, se estima que en cuanto a este criterio las barras nutricionales son muy fuertemente preferidas ante los panes, ligeramente preferidas ante las galletas y fuertemente preferidas ante los productos cárnicos.

- Aprovechamiento de las propiedades nutricionales del bagazo de malta: este criterio busca mostrar qué tanto porcentaje de las propiedades nutricionales del bagazo de malta se están aprovechando dentro de las alternativas propuestas, así que a partir de la revisión de literatura realizada en la sección anterior, se identificaron los porcentajes de aprovechamiento principalmente en fibras y proteínas en cada producto, de manera que los panes, galletas y carnes procesadas utilizaron un 7,8, 6 y 1% de bagazo de malta respectivamente, con el fin de aumentar el contenido de fibras en el producto final, mientras que en las barras nutricionales hicieron uso de hasta un 30% del subproducto con el objetivo de aportar altos niveles de fibras y proteínas. Por este motivo, se definió que las barras a base de cereal tendrían una fuerte preferencia sobre las demás alternativas, los panes y las galletas son igualmente preferidos entre ellos y moderadamente preferidos sobre las carnes procesadas.

Ya con los criterios definidos, es preciso continuar con el desarrollo de la metodología AHP, de modo que se decidió utilizar el método visual realizado por Álvaro Figueroa Cabrera; docente de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, el cual está ilustrado en el anexo 9, con el propósito de ponderar los criterios y calcular la consistencia de los datos recolectados. También, se elaboró una matriz por pares tanto para los criterios como para las alternativas evaluadas.

Una vez completada la matriz de comparación por pares, se procede a calcular los porcentajes que muestran el valor de cada criterio, los cuales servirán como base para la elección de la mejor alternativa. En la TABLA VII se indican los resultados del vector prioridad de cada criterio.

*TABLA VII
CONSISTENCIA DE LOS CRITERIOS DE LA METODOLOGIA AHP*

Criterios	Vector prioridad
Posible precio de venta (\$/kg)	18%
Complejidad del proceso	6%
Mercado	29%
Aprovechamiento propiedades nutricionales	47%
Razón de consistencia CR	2%
¿Es consistente?	SI

Finalmente, en la TABLA VIII se pueden ver los resultados obtenidos por la metodología AHP, donde es posible afirmar que la mejor alternativa según los criterios previamente definidos fue la elaboración de barras a base de cereal a partir del bagazo de malta, dado a que dicha alternativa obtuvo un porcentaje de preferencia mayor al de las demás (46%). cabe resaltar que esta metodología es subjetiva, y que la decisión final sobre una propuesta no es definitiva, de modo que, si el desarrollo de esta alternativa se torna infactible, será preciso continuar con la segunda, haciendo referencia a la elaboración de panes la cual obtuvo un porcentaje de preferencia del 27%. En el anexo 9 se puede evidenciar todo el proceso para desarrollar la metodología AHP.

*TABLA VIII
RESULTADOS DE LA METODOLOGIA AHP*

Alternativa	Total	Mejor alternativa
Elaboración de panes	27%	Elaboración de barras a base de cereal
Elaboración de galletas	14%	
Elaboración de barras a base de cereal	46%	
Utilización del bagazo de malta como suplemento en carnes procesadas	13%	

D. Objetivos

OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un proceso industrial para la elaboración de barras a base de cereal a partir del bagazo de malta generado en las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ❖ Caracterizar la composición físico-química y microbiológica de las barras nutricionales.
- ❖ Realizar el estudio técnico del proceso de producción de barras nutricionales a partir del bagazo de malta.
- ❖ Evaluar la factibilidad financiera de la implementación del proyecto.

E. Plan de trabajo (PdT)

Después de haber definido el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto, se realizó un plan de trabajo con el fin de establecer los entregables de cada actividad, los cuales deben ser presentados en Proyecto de Diseño II. En la TABLA IX se pueden identificar las actividades que deben realizarse en cada objetivo específico con el fin de alcanzar el objetivo general.

TABLA IX
PLAN DE TRABAJO

Objetivo General						
<i>Diseñar un proceso industrial para la elaboración de barras a base de cereal a partir del bagazo de malta generado en las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca</i>						
Objetivo específico	Actividades	Área IISE	#	Herramienta	Entregable	Fecha
Caracterizar la composición físico-química y microbiológica de las barras nutricionales	1.1. Definir las materias primas e insumos necesarios para la elaboración de las barras	12. Design manufacturing Engineering	K	Planeación del proceso	Listado de las materias primas, materiales e insumos que requiere el proceso	10-14 de agosto 2020
	1.2. Realizar pruebas piloto para la elaboración de las barras de cereal	13.2 System Design & Engineering	F	Pruebas de diseño	Resultados de la elaboración de barras nutricionales a partir del bagazo de malta	10-14 de agosto 2020
	1.3. Realizar ensayos del producto final en laboratorios	13.2 System Design & Engineering	F	Ensayos de laboratorio	Composición físico-química del producto	18-22 de agosto 2020
					Composición microbiológica del producto	18-22 de agosto 2020
1.4. Análisis de la composición físico-química y microbiológica del producto	13.2 System Design & Engineering	F	Verificación y validación	Tabla de resultados obtenidos en comparación con los requisitos de la norma y pruebas de concepto a las barras de cereal	24-28 de agosto 2020	
Realizar el estudio técnico del proceso de producción de barras nutricionales a partir de bagazo de malta	2.1 Definir el proceso para la elaboración de las barras a base de cereal	11. Information Engineering	K	Diseño del proceso	Diagrama de flujo del proceso	7-11 de septiembre 2020
	2.2 Definir los requisitos del proceso final: mano de obra, materia prima y maquinarias	4. Facilities Engineering & Energy Management	B	Análisis de los requerimientos	Requerimientos de materia prima e insumos para el proceso	14-18 de septiembre 2020
					Requerimientos de personal para el proceso de producción	14-18 de septiembre 2020
					Requerimientos de maquinarias y equipos para el proceso	14-18 de septiembre 2020
2.3 Realizar el diseño de planta para el proceso final	4. Facilities Engineering & Energy Management	B	Distribución de planta	Plano y diseño de la planta	21-25 de septiembre 2020	
Evaluar la factibilidad financiera para la implementación del proyecto	3.1 Estudiar la demanda del producto en Cali	7. Operations Engineering & Management	F	Encuestas	Formatos de entrevistas con posibles consumidores del producto	28 de septiembre - 2 de octubre 2020
					Informe de los resultados obtenidos de las entrevistas	5-9 de octubre 2020
					Proyecciones de ventas	5-9 de octubre 2020

Objetivo General						
<i>Diseñar un proceso industrial para la elaboración de barras a base de cereal a partir del bagazo de malta generado en las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca</i>						
Objetivo específico	Actividades	Área IISE	#	Herramienta	Entregable	Fecha
	3.2 Evaluar financieramente el proyecto	3. Engineering Economic Analysis	E	Finanzas	Análisis de los costos de inversión y operación del proceso final	12-16 de octubre 2020
Estado de resultados proyectados					19-23 de octubre 2020	
Flujos de caja proyectados					26-30 de octubre 2020	
Análisis de TIR y VPN					26 de octubre – 6 de noviembre 2020	

Adicionalmente, en el anexo 10 se muestra el cronograma detallado que elaboró el equipo de trabajo en Project® de las actividades previamente definidas, de igual manera, se elaboró un reporte del cronograma, el cual puede ser consultado en el anexo 11. También, es importante tener en cuenta que las actividades que requirieron de ensayos de laboratorio para el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo por el grupo de trabajo mediante entes certificados que aseguren la composición real del producto elaborado, los costos de dichos ensayos fueron asumidos por el grupo de proyecto de diseño.

V.DISEÑAR

A. Desarrollo del diseño de la solución

Con el fin de desarrollar un diseño adecuado sobre la elaboración de barras de cereal a base de bagazo de malta, se ha realizado una revisión extensa de literatura a nivel global, encontrando que un proyecto de grado de la Universidad Técnica del Norte en Ecuador, el cual se titula “Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra.” [55]. Tiene similitudes en los objetivos a desarrollar, con base a esta publicación hemos logrado identificar cómo el porcentaje de asignación del bagazo de malta y la textura de éste, influyen sobre la aceptación de las barras en los consumidores potenciales de este proyecto. Así pues, se elaboró un panel de degustación con público en general con diferentes ensayos de las barras de cereal, de tal forma que podamos ajustar una receta y determinar el mejor concepto del producto final, llegando a la conclusión de que la barra con 20% de bagazo de malta molida fue la más atractiva según los encuestados. En el anexo 12, se puede observar el informe realizado de las pruebas de concepto a las barras de cereal y en el anexo 13 los resultados de las encuestas realizadas.

El bagazo de malta utilizado para el diseño propuesto en este proyecto fue recibido de la empresa Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S., donde se determinó una humedad inicial de 68,4%, este bagazo fue secado hasta que la humedad no fuera superior a un 10%, con el fin de que pueda ser utilizado en la producción de barras de cereal y que el producto sea inocuo para el consumo humano, de acuerdo a los requerimientos de la NTC 3749. Cabe resaltar que una vez obtenido el bagazo de malta, este debe de ser refrigerado a una temperatura de $2^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ para su conserva, o someterlo a un tratamiento de secado como se mencionó anteriormente para evitar el crecimiento de microorganismos.

Después de haber secado este afrecho durante 3 horas a una temperatura de $120^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, se observó que la materia prima presentó una humedad del 5,3%, en el anexo 14 se muestran estos resultados, los cuales fueron realizados en el laboratorio de Química de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, además, de acuerdo con los experimentos que se realizaron del secado, se logró evidenciar que el peso de bagazo de malta se reducía en un 63% aproximadamente luego de salir de este proceso. Una vez secado el bagazo de malta se moltura para reducir el tamaño de sus partículas y mejorar la textura del producto final, en la Fig. 15, se puede observar el resultado del bagazo de malta seco y molido para su posterior utilización en la producción de las barras.



Fig. 15. Representación del bagazo de malta seco y molturado

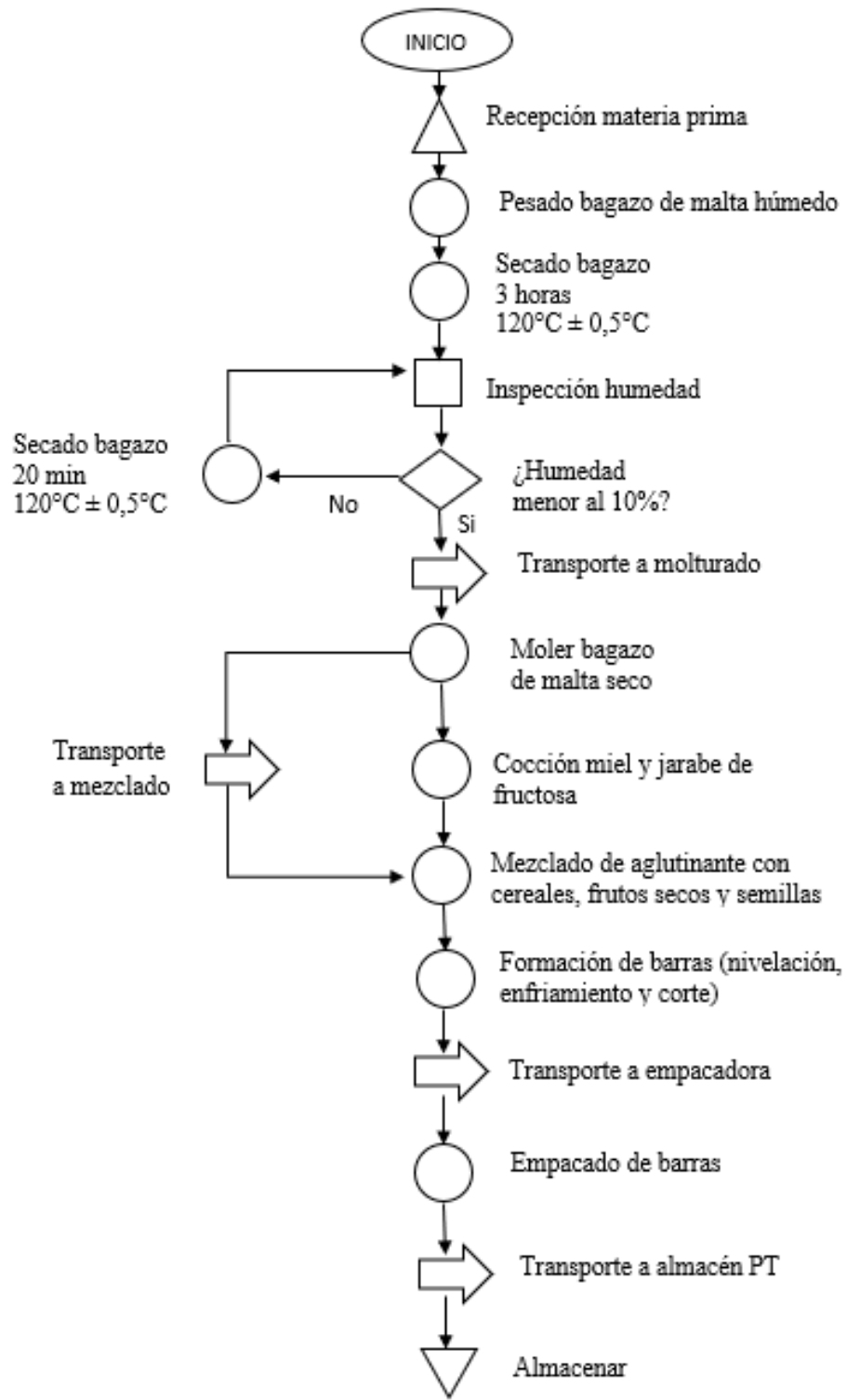
Una vez obtenida esta materia prima, se decidió formular los ingredientes de las barras de cereal, a tener en cuenta: bagazo de malta en base seca, arándanos, nueces, maní, quinua, cereal de arroz, jarabe de fructosa y miel. En la **TABLA X**, se puede observar los ingredientes utilizados con su respectiva proporción definidos por el grupo, de acuerdo con los paneles de degustación que se realizaron.

*TABLA X
FORMULA DE LAS BARRAS DE CEREAL A PARTIR DE BAGAZO DE MALTA*

Ingredientes	Proporción
Bagazo de malta	20%
Miel	20%
Jarabe de fructosa	10%
Arroz inflado	10%
Maní	15%
Nueces	10%
Arándanos	10%
Quinua	5%

Después de determinar el proceso de secado al bagazo de malta, y de haber definido los ingredientes de las barras y su respectiva proporción, el grupo de trabajo estableció lo que sería el proceso de elaboración de las barras a base de cereal, en la Fig. 16 se muestra el proceso productivo del sistema de aprovechamiento, y en la Fig. 17 la barra de cereal elaborada en el proyecto, además, en el anexo 15 se puede evidenciar un balance de masa realizado en las operaciones del proceso.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO PARA LA ELABORACION DE BARRAS DE CEREAL A PARTIR DE BAGAZO DE MALTA



RESUMEN DE OPERACIONES

- Operaciones	8
- Inspecciones	1
- Transportes	4
- Decisiones	1
- Almacenamientos	1

Fig. 16. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de barras de cereal a partir de bagazo de malta



Fig. 17. Representación del producto final del proyecto

Con el fin de determinar el tamaño del proyecto y conocer la potencial demanda de este, se realizó un estudio de mercado a partir de fuentes primarias, en el cual se entrevistaron 376 personas de la ciudad de Santiago de Cali, para así conocer la proporción de los encuestados que estarían interesados en consumir las barras de cereal a partir de bagazo de malta, la frecuencia de consumo, el precio que estarían dispuestos a pagar por ellas y los factores que consideran importantes en la compra de este tipo de productos. Adicionalmente, en el anexo 16, se puede evidenciar el informe que se realizó para determinar la demanda potencial del proyecto y en el anexo 17 los resultados de las encuestas realizadas para el estudio de mercado.

Teniendo en cuenta lo anterior, para poder pronosticar la demanda del producto en los siguientes cinco años, se tuvieron en cuenta las proyecciones de la población de la ciudad Santiago de Cali suministradas por datos del DANE [56], y considerando que el 49,73% de los encuestados contestaron que estarían dispuestos en adquirir el producto, se determinó la demanda potencial anual de la cantidad de barras de cereal a partir de bagazo de malta contemplando la frecuencia de consumo que respondieron los encuestados, tal como se muestra en la TABLA XI.

TABLA XI
PROYECCION DE LA DEMANDA POTENCIAL DEL PROYECTO EN LOS PROXIMOS 5 AÑOS

Año	Población proyectada Santiago de Cali	Consumidores potenciales en adquirir el producto	Demanda potencial anual en número de barras
2021	2.483.312	1.235.051	69.110.019
2022	2.507.743	1.247.201	69.789.899
2023	2.532.022	1.259.276	70.465.583
2024	2.556.178	1.271.290	71.137.853
2025	2.580.242	1.283.258	71.807.549

Es importante tener en cuenta que la cantidad disponible de bagazo de malta que generan las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca, no son suficientes para satisfacer toda la demanda hallada, sin embargo, la industria cervecera artesanal es un segmento que se encuentra en constante crecimiento, y según el periódico La República, es posible afirmar que dicho segmento crece un 30% en el mercado cada año [34], es decir, que mientras el consumo de cerveza artesanal crezca, así mismo crecerá la oferta del bagazo de malta. No obstante, el equipo estableció que para los fines del proyecto, el crecimiento de la oferta de bagazo cada año sería del 10%, esto se debe a que en el estudio de mercado, la diferencia de la oferta del bagazo entre el último año y el primero es muy amplia, de modo que el 10% de crecimiento se ajusta para que la inversión inicial del proyecto se mantenga durante el periodo de tiempo evaluado. Cabe resaltar que el equipo del proyecto trabajó bajo el supuesto en el que se podría adquirir el 100% de la oferta de bagazo proveniente de las empresas cerveceras del Valle del Cauca.

Tomando como referencia lo anteriormente mencionado, se presenta una lista de los requisitos operativos del sistema de aprovechamiento de bagazo de malta.

Requisitos operativos del sistema de aprovechamiento del bagazo de malta generado las empresas cerveceras artesanales del Valle del Cauca:

- El sistema debe tener una capacidad mínima de reutilizar 1344 kg diarios de bagazo de malta y producir al menos 99.459 barras de cereal por día.
- Los requerimientos de los espacios se determinaron según criterios del grupo de trabajo, el tamaño del almacén de producto terminado está diseñado para guardar hasta cinco días de producción diaria, el almacén de materia prima deberá almacenar hasta 10 días de materia prima y se estableció que el bagazo de malta llegará cada tres días a la planta, lo que determinó que se deben de adquirir neveras para almacenar un mínimo de 2688 kg de bagazo de malta, la cantidad exacta para dos días de producción.
- Teniendo en cuenta que para producir las barras es necesario tener el bagazo en base seca, se definió que ambos procesos, tanto el de la producción de las barras como el de secado para el bagazo, se deben desarrollar de manera simultánea, es por esto que la planta todos los días produce la cantidad necesaria por día con el bagazo de malta que se procesó un periodo anterior.
- Se debe contar con las maquinarias necesarias para poder reutilizar el bagazo de malta en la elaboración de barras de cereal. Estas máquinas son: hornos, neveras, basculas, molinos, cocción de aglutinantes, mezcladoras, formadoras de barras y empacadoras. Las cantidades de cada máquina se definen según el flujo diario de material y con su respectiva capacidad de trabajo.
- El sistema debe contar con el número de operarios necesarios para el proceso de producción, además, es necesario que cada persona esté capacitada para el uso de maquinarias.
- Los operarios deben portar elementos de seguridad e higiene para no contaminar con microorganismos no deseados el producto. Estos equipos son: tapabocas, gorros de malla, guantes, botas e implementos de limpieza para los equipos y máquinas de la planta.
- Con el fin de asegurar la protección de la integridad del personal que realiza el trabajo, labor o actividad, con la identificación de prácticas, procesos, situaciones peligrosas y de acciones de intervención en los riesgos propios de la empresa, esta deberá cumplir con las normas impuestas por el Decreto 1072 de 2015, el cual regula el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Seguido de los requisitos operativos planteados, se establecieron las especificaciones de la maquinaria necesaria que debe tener el sistema. De manera que las máquinas responsables de la ejecución de la planta de barras de cereal se dividen en dos procesos, el proceso para el secado del bagazo y el proceso de la elaboración de las barras, en cuanto al proceso de secado del bagazo las máquinas que se deberán de utilizar son el horno industrial Carbolite Gero LGP2/2160 con alta capacidad de procesamiento [57], el molino eléctrico JZSY modelo SYYB-20, encargado de reducir en pequeñas partículas todo el bagazo que fue secado [58], la báscula industrial con capacidad de hasta 200 kg, la cual permite conocer con precisión el peso de los materiales a utilizar, y por último, el analizador de humedad Mb23 Ohaus que servirá para tener bajo control la calidad de los productos en la planta según la norma [59]. Del mismo modo, las máquinas encargadas del proceso de la elaboración de las barras son el cocinador de aglutinante eléctrico modelo CG200, el mezclador térmico modelo M200, el cual se encarga de mezclar los ingredientes líquidos y sólidos de la barra, la formadora de barras de cereal [60], y finalmente, la empacadora de barras de cereal modelo HY-P400, capaz de empacar 250 barras por minuto [61]. En el anexo 18 se encuentra la información detallada de cada máquina, sus características y respectiva función.

Para poder establecer el diseño de la planta, fue necesario determinar con anterioridad la cantidad de máquinas que se requieren en el sistema, así como la cantidad de trabajadores que se necesitan para operar. En el anexo 19 se muestran los cálculos que se realizaron para determinar el número de máquinas, equipos y operarios que requiere el sistema, en el anexo 20 se encuentra el modelo que se desarrolló en el programa de simulación SIMIO y en el anexo 21 el informe del modelo de la producción de las barras, en donde se obtuvo que el sistema requiere una máquina de cada tipo, debido a que el tiempo total de ambos procesos es menor al tiempo de horas laborables por día, donde en el proceso de horneado del bagazo de malta es necesario considerar la adición de un turno en el proceso, esto se debe a que la adquisición de otro horno en el proceso de secado implicaría mayor inversión en el proyecto, por esto, económicamente resulta más favorable adicionar un nuevo turno. Con el fin de comprobar que los cálculos efectuados en el estudio técnico fueran correctos, el grupo de trabajo decidió implementar una simulación del proceso productivo de la planta con el programa de simulación SIMIO. Dicho esto, los resultados del programa fueron semejantes a los que se realizaron anteriormente, mostrando que en cada proceso es necesario adquirir una sola máquina, sin embargo, con la simulación, el tiempo total de los procesos sí cambió, con un total de 12,25 horas en la producción de las barras, y 14,98 horas para el proceso de secado del bagazo, es necesario adicionar un turno para cada proceso, y cada turno con dos operarios, personal suficiente para que la planta opere correctamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, el grupo de trabajo procedió a realizar el diseño y distribución de la planta mediante el método de Planeación Sistemática de Distribución (SLP por sus siglas en inglés), el cual fue creado Richard Muther en los años 70 [62]. Este método tiene como objetivo principal mejorar la productividad de las empresas, minimizando distancias recorridas, espacios innecesarios, congestiones, cuellos de botella, y generando satisfacción y seguridad a los operarios. Agregando a lo anterior, este método se divide en cuatro fases: la Fase I, radica en definir el lugar en donde se hará la planta. La Fase II, hace una distribución generalizada de la planta solo considerando los departamentos principales de esta, con respecto a la Fase III, es la encargada de mostrar con mayor detalle la posición o distribución de las maquinarias y equipos. Por último, la Fase IV, consiste en implementar los diseños realizados en las fases previas considerando restricciones que se puedan presentar durante su instalación.

La Fase I de localización fue definida según tres criterios de decisión; costo de servicios públicos, disponibilidad materia prima y cercanía a empresas cerveceras artesanales, con los cuales se buscó determinar qué zona de la ciudad de Cali sería la mejor para ubicar la planta, las zonas de evaluación fueron, la zona sur, norte, oriente, occidente y centro. El método consiste en definir un factor de importancia a cada criterio y otorgar una calificación de este en cada zona, así pues, con un puntaje de 4.15, se decidió que la zona oriente de la ciudad de Cali sería la más adecuada para localizar la planta. En el anexo 22, se pueden observar los cálculos efectuados para la toma de esta decisión.

Continuando con la metodología SLP, en la Fase II, se realizó la distribución generalizada de la planta, en primer lugar, el equipo de trabajo definió los departamentos que deben existir dentro de la empresa para su operación y definir las relaciones que existen entre ellas según su flujo o secuenciación del proceso, esto con el fin de construir la matriz de relaciones entre los departamentos. Por otro lado, la matriz se simboliza bajo una calificación en la relaciones de proximidad que toman valores entre A, E, I, O, X, dependiendo de su relación, siendo A el de mayor importancia de cercanía y X el de una proximidad no deseable. En la TABLA XII, se puede observar la tabla con las relaciones correspondiente a cada departamento de la distribución general.

TABLA XII
MATRIZ DE RELACIONES DE LOS DEPARTAMENTOS

Departamentos	Almacén MP	Almacén PT	Oficinas	Baños	Molurado	Secado	Inspección	Producción Barras de Cereal
Almacén MP	-	I	U	X	E	I	A	A
Almacén PT	I	-	O	X	U	U	U	A
Oficinas	U	O	-	I	U	X	U	O
Baños	X	X	A	-	U	X	U	O
Molurado	I	U	U	U	-	A	A	U
Secado	I	U	X	X	A	-	E	U
Inspección	A	U	U	U	A	E	-	U
Producción Barras de Cereal	A	A	O	O	U	U	U	-

Valor	Cercanía
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	No deseable

En esa misma línea, es necesario determinar los requerimientos de espacio en cada departamento. De acuerdo con lo anterior, se recurrió a emplear el método Guerchet, el cual consiste en calcular el área total requerida mediante la suma de tres superficies parciales; la superficie parcial estática, referente al área ocupada básicamente por las máquinas, la superficie de gravitación, espacio reservado para los operarios y los materiales necesarios en cada máquina, por último y no menos importante, la superficie de evolución, que tiene en cuenta la zona de desplazamiento y manutención. El siguiente paso fue generar distintas propuestas de distribución a partir de dos algoritmos, el primero consiste en construir la distribución de acuerdo con la secuencia de los departamentos calculando un ratio de proximidad total (TCR), y el segundo, se desarrolla a partir de las áreas encontradas en el método Guerchet de cada departamento multiplicándolas por el número de relaciones importantes (tipo A) que cada uno tiene con otros departamentos. Después de obtener el producto de estos valores, el resultado se utilizó para determinar el orden del ranking y así formar la propuesta de distribución. En el anexo 22, se explican los métodos de distribución general explicados de manera detallada.

Por último, para la selección final de la distribución general de planta se evaluaron todas las propuestas obtenidas para seleccionar la más eficiente. siendo la propuesta 3 la más adecuada con un 100% de eficiencia. En la Fig. 18, se puede observar la distribución general de la propuesta con mayor eficiencia, y en la Fig. 19, se ilustra el plano detallado de la planta, el cual fue desarrollado mediante el software de diseño gráfico *SketchUp*. En el anexo 23 se encuentra la distribución final, en donde se encuentra el plano detallado de la planta y la distribución general con todas las medidas correspondientes. Finalmente, en el anexo 24 se puede evidenciar el modelo en *SketchUp*.

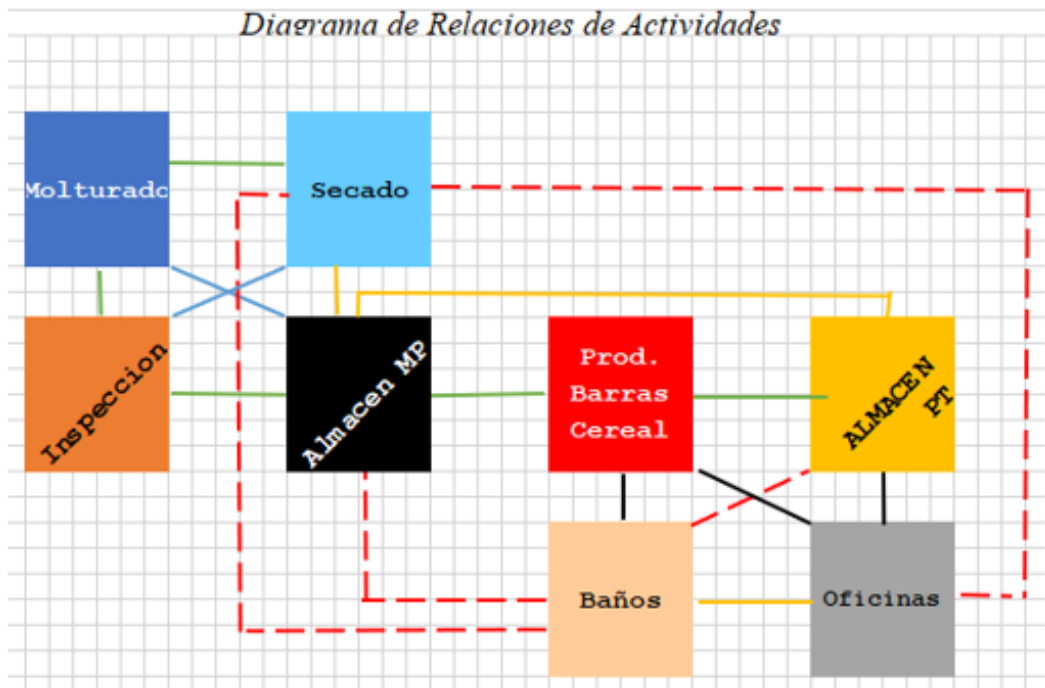


Diagrama de Relación de Espacios

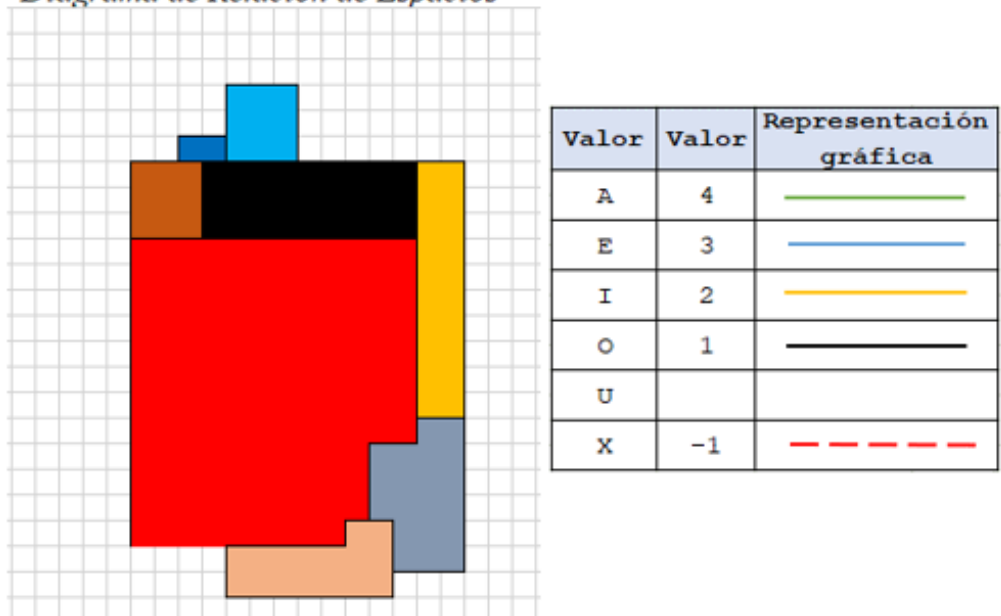


Fig. 18. Propuesta final de distribución general de la planta

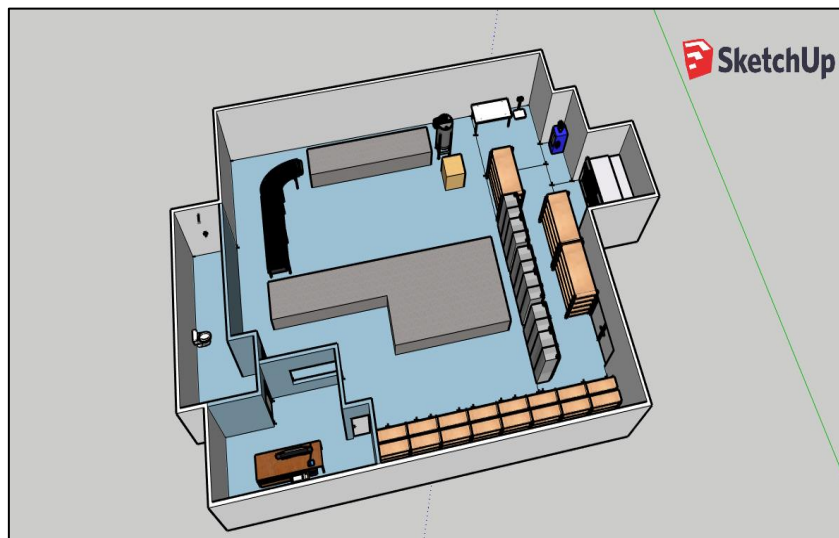


Fig. 19. Distribución detallada de la planta

B. Validación del diseño propuesto

Para poder validar que el diseño propuesto previamente cumple con los KPI's establecidos en la etapa medir, se realizó una prueba piloto para producir barras de cereales a partir de bagazo de malta, el cual fue analizado por medio de un panel de degustación con el fin de conocer las opiniones del producto en los posibles consumidores. Además, dado a que el proyecto tiene como finalidad diseñar un producto para el consumo humano, es necesario que el producto final cumpla con los requisitos físico-químicos y microbiológicos de la Norma Técnica Colombiana 3749, la cual establece los parámetros que indican si el producto es apto o no para el consumo humano.

Teniendo en cuenta lo anterior, el grupo de trabajo realizó un ensayo como prueba piloto para determinar la composición físico-química y microbiológica de las barras de cereal en un laboratorio certificado de la ciudad Santiago de Cali, llamado "MICROQUIM", en donde a partir de los ensayos realizados se llegó a la conclusión de que el producto es aceptable microbiológicamente, es decir, los resultados arrojaron que el producto se encuentra dentro de los parámetros exigidos por la NTC 3749, señalando que es inocuo y apto para el consumo humano. En la Fig. 20, se muestran los resultados del análisis microbiológico proporcionados por el laboratorio, además, en el anexo 25 se puede observar el informe de los resultados.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y METODO UTILIZADO	RESULTADOS	PARAMETROS DE COMPARACIÓN CON NTC 3749	UNIDADES
041 RECUENTO DE BACTERIAS MESOFILAS NTC 4519	< 100	100 UFC/g	UFC / g
032 NMP DE COLIFORMES TOTALES TUBOS MULTIPLES	< 3	< 3/g	NMP / g
031 NMP DE COLIFORMES FECALES TUBOS MULTIPLES	< 3	< 3/g	NMP / g
014 ESTAFILOCOCO COAGULASA POSITIVO NTC 4779	< 100	MENOR QUE 100 UFC/g	UFC / g
051 RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS RECUENTO EN PLACA	< 100	MENOR QUE 100 UFC/g	UFC / g
060 SALMONELLA NTC 4574	AUSENCIA	AUSENCIA	/25g

Fig. 20. Resultados del análisis microbiológico a las barras de cereales

Fuente: [63]

Por otro lado, respecto a la evaluación de las características físico-químicas del producto final, relacionadas al porcentaje de humedad, cenizas y proteínas presentes en la barra, se logró concluir que el producto final cumple con los parámetros exigidos por la norma en cuanto a las cenizas y las proteínas, sin embargo, el producto presentó una humedad superior a la exigida por la norma, esta condición se debe a los demás ingredientes incorporados en la barra, tales como la miel y el aglutinante, más no por el bagazo de malta, ya que éste al ser molido y secado presentó unos niveles de humedad inferiores al 10% estipulado por la NTC 3749. Por esto, es importante mencionar que ante tal situación se puede considerar reducir la cantidad de miel y aglutinante que se usa en la barra, como también, podría aumentarse la temperatura en el mezclador térmico. En la Fig. 21 se encuentran los resultados de las características físico-químicas de la barra de cereal.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y METODO UTILIZADO	RESULTADOS	PARAMETROS DE COMPARACIÓN CON NTC 3749	UNIDADES
863 PROTEINA AOAC 920.87	9.28	> 3,5%	%
082 CENIZAS AOAC 942.05	1.34	< 5%	%
115 HUMEDAD NTC 287	22.9	< 10%	%

Fig. 21. Resultados del análisis físico-químico a las barras de cereales

Fuente: [63]

Para validar los tiempos, la cantidad de máquinas, los operarios y los tiempos de la planta, el grupo de trabajo busco una herramienta que permita observar el comportamiento de la planta de manera virtual, mediante diferentes variables las cuales pueden ser modificadas según la información y los parámetros que se ingresen en el modelo, así pues, el grupo de trabajo eligió el programa SIMIO como la herramienta que llevaría a cabo dicha simulación. El objetivo principal de la simulación es el de conocer la cantidad de máquinas y operarios que deben tener los procesos dentro de la planta, tanto en el tratamiento del bagazo como en el de la producción de las barras, para esto se evaluaron diferentes condiciones como la inversión, el tiempo total de cada proceso y el porcentaje de utilización de algunos procesos. En la se muestra el modelo de la planta productiva de barras de cereal.

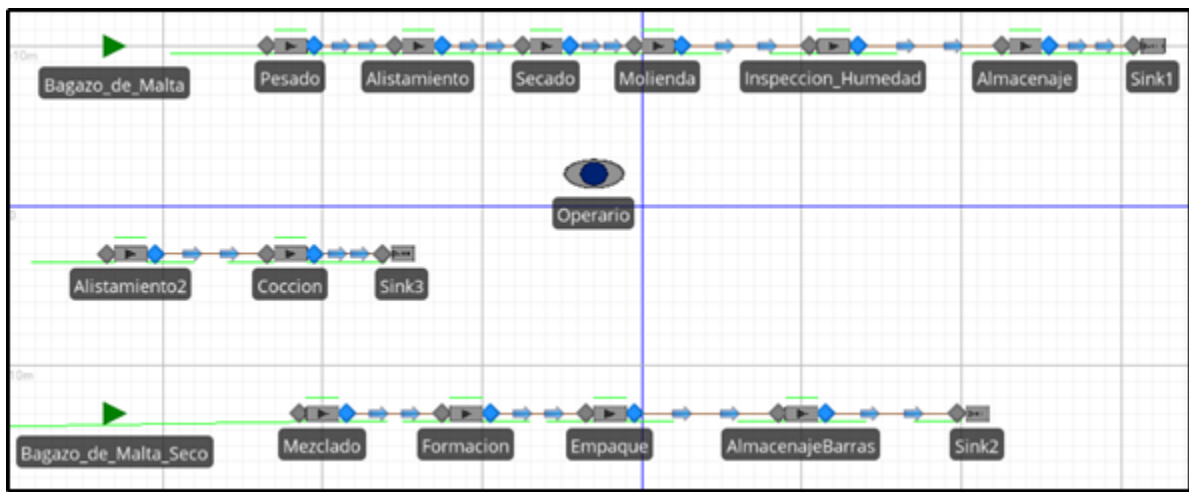


Fig. 22. Ilustración del modelo de simulación para el sistema de aprovechamiento

Con este modelo, se validaron los tiempos, la cantidad de máquinas necesarias en los procesos y la cantidad de operarios necesarios en la planta, arrojando resultados que le permitieron al grupo de trabajo tomar las mejores decisiones con respecto a la

inversión inicial del proyecto y a los requerimientos de la distribución de la planta. De manera que en el modelo se evaluaron diferentes escenarios para conocer diferentes opciones en el modelo y elegir el mejor, así que el escenario que mejor se adapta a las necesidades económicas, de espacios y del grupo de trabajo respecto a la planta, fue en el que solo se implementa una máquina para cada proceso, dos turnos en un día, dos operarios en cada turno, y con respecto al proceso de secado del bagazo y la producción de las barras, tiempos totales de 12,25 y 14,98 horas respectivamente de 16 horas disponibles, es decir, que cada proceso cuenta con un tiempo de holgura destinado para descansos, tiempos en cambios de turno, aseo, alistamiento de maquinarias y fluctuaciones o errores que se puedan presentar en la operación del proceso. Los detalles de los escenarios y el modelo se encuentran en el anexo 21.

VI. VERIFICAR

A. Medición de los impactos

Para la medición del impacto financiero del diseño propuesto, se realizó un estudio de factibilidad financiera del proyecto mediante el análisis de los costos de implementación del mismo, es decir, las inversiones que se requieren para el correcto funcionamiento de la planta, donde posteriormente se estudiaría el costo unitario de las barras de cereal planteadas, el precio de venta final, los estados de resultados y el flujo de caja proyectado para los siguientes 5 años y un análisis de riesgo. En el anexo 26 se puede evidenciar la evaluación de factibilidad financiera del proyecto.

Lo primero que se estableció en este estudio fue la demanda potencial de las barras de cereal a partir del bagazo de malta en la ciudad de Cali, la cual se definió previamente en la etapa Diseñar para establecer la capacidad de producción de la planta (anexo 16). También, se cotizaron en empresas de la región los precios de venta de materias primas e insumos que requiere el producto, y se consideraron los costos de mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, con el fin de poder calcular el costo unitario del producto, dando como resultado aproximadamente \$500 (COP). Los cálculos que se realizaron para determinar el costo del producto se pueden observar en el anexo 26.

De igual manera, se calculó el requerimiento de capital para inversión en activos fijos, diferidos y en capital de trabajo necesarios para la evaluación de factibilidad. La inversión en activos que requiere el proyecto es de \$912.662.856, en la cual se consideran los valores de maquinarias, equipos de oficina, muebles y estanterías para los almacenes de la planta, y la adquisición de una planta en el sector oriente de la ciudad. Teniendo como base esta información, se estableció que las ventas cubrirán inicialmente un rango entre el 15% y 25% de la demanda potencial con un crecimiento anual en participación entre el 8% y %, donde el promedio de cada rango se definió como valor base para proyectar los flujos de caja. Adicionalmente, se realizó un benchmarking de las marcas con las cuales la barra de cereal propuesta competiría en el mercado (ver anexo 26), donde se estableció un precio de venta de \$900 (COP); precio aproximadamente menor al 27% del valor promedio que se encuentra en el mercado (\$1.240). Por otro lado, el inventario final de materia prima y producto terminado, la cartera de la empresa y las cuentas por pagar se calcularon a partir de unas políticas de la empresa que se establecieron como se muestra en la TABLA XIII, donde las políticas del inventario fueron definidas según las capacidad de almacenamiento que poseen los almacenes de la planta, las demás políticas fueron asumidas por el equipo de trabajo. Finalmente, la inflación que se utilizó para incrementar el valor de los precios y costos fue del 1,75%, de acuerdo con la información establecida por el Banco de la Republica [64].

*TABLA XIII
POLÍTICAS DE LA EMPRESA*

POLÍTICAS EMPRESA		
Política Inventario MP	10	Días
Política Inventario PT	5	Días
Política Proveedores	30	Días
Política Cartera	40	Días

Continuando con el estudio económico, se proyectó los flujos de caja libre que arroja el proyecto. Para los gastos, se consideraron tres categorías principales, las cuales son: gastos de administración y ventas, comerciales y logísticos, estos se calcularon a partir de una proporción del valor de los ingresos anuales de 5%, 3% y 4%, estos datos fueron asumidos, además, se consideraron diversos escenarios, es decir, se tomó un rango entre el 13% y el 17% de los gastos totales con respecto a los ingresos. Por último, para el cálculo del costo promedio ponderado de capital con el cual se descuentan los flujos, se utilizó una tasa interna de oportunidad (TIO) para los accionistas del 20% y una tasa de deuda del 10% E.A, donde la TIO se consideró por razones personales del grupo de trabajo como la rentabilidad esperada sobre el proyecto y la tasa, mediante información suministrada por el Banco de la Republica [65], donde en el último año en promedio, las entidades financieras ofrecen tasas de colocación al 10% aproximadamente. Adicionalmente, se estableció una estructura de financiación del 60% capital propio y 40% de recursos con terceros. En la Fig. 23 se puede observar el flujo de caja del proyecto con los valores base.

ESTADO DE RESULTADOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas Netas		\$ 3.668.328.000	\$ 6.158.664.171	\$ 9.190.779.831	\$ 12.858.475.123	\$ 17.270.218.112
Costo de Ventas		\$ 2.203.000.857	\$ 3.527.753.152	\$ 5.125.364.015	\$ 7.056.981.746	\$ 9.379.603.435
UTILIDAD BRUTA		\$ 1.465.327.143	\$ 2.630.911.019	\$ 4.065.415.816	\$ 5.801.493.377	\$ 7.890.614.677
<i>Margen bruto</i>		<i>39,9%</i>	<i>42,7%</i>	<i>44,2%</i>	<i>45,1%</i>	<i>45,7%</i>
Gastos de administracion y ventas		\$ 183.416.400	\$ 307.933.209	\$ 459.538.992	\$ 642.923.756	\$ 863.510.906
Gastos Comerciales		\$ 110.049.840	\$ 184.759.925	\$ 275.723.395	\$ 385.754.254	\$ 518.106.543
Gasto de Logistica		\$ 146.733.120	\$ 246.346.567	\$ 367.631.193	\$ 514.339.005	\$ 690.808.724
Gastos totales		\$ 550.249.200	\$ 923.799.626	\$ 1.378.616.975	\$ 1.928.771.268	\$ 2.590.532.717
UTILIDAD OPERATIVA		\$ 915.077.943	\$ 1.707.111.393	\$ 2.686.798.841	\$ 3.872.722.109	\$ 5.300.081.960
Gastos financieros		\$ 65.951.684,9	\$ 53.763.056,9	\$ 40.355.566,0	\$ 25.607.326,1	\$ 9.384.262,2
Otros Ingresos						
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS		\$ 849.126.258	\$ 1.653.348.336	\$ 2.646.443.275	\$ 3.847.114.783	\$ 5.290.697.698
Impuestos		\$ 280.211.665	\$ 545.604.951	\$ 873.326.281	\$ 1.269.547.878	\$ 1.745.930.240
UTILIDAD NETA		\$ 568.914.593	\$ 1.107.743.385	\$ 1.773.116.994	\$ 2.577.566.904	\$ 3.544.767.458

FLUJO DE CAJA LIBRE	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
EBITDA		\$ 915.077.943	\$ 1.707.111.393	\$ 2.686.798.841	\$ 3.872.722.109	\$ 5.300.081.960
Impuestos		\$ 280.211.665	\$ 545.604.951	\$ 873.326.281	\$ 1.269.547.878	\$ 1.745.930.240
UODI		\$ 634.866.278	\$ 1.161.506.442	\$ 1.813.472.560	\$ 2.603.174.231	\$ 3.554.151.720
Depreciaciones		\$ 69.422.340	\$ 69.422.340	\$ 69.422.340	\$ 69.422.340	\$ 69.422.340
FLUJO DE CAJA BRUTO		\$ 704.288.618	\$ 1.230.928.782	\$ 1.882.894.901	\$ 2.672.596.571	\$ 3.623.574.060
Amortización del credito		\$ 121.886.280	\$ 134.074.908	\$ 147.482.399	\$ 162.230.639	\$ 178.453.703
Inversion en activos	-\$ 912.662.856					
Inversion CT	-\$ 327.550.361	-\$ 222.500.493	-\$ 269.442.655	-\$ 325.893.627	-\$ 392.010.474	
FLUJO DE CAJA LIBRE	-\$ 1.240.213.217	\$ 359.901.844	\$ 827.411.219	\$ 1.409.518.875	\$ 2.118.355.458	\$ 3.445.120.357
FLUJO NETO DE CAJA PRESENTE	-\$ 1.240.213.217	\$ 321.283.561	\$ 659.371.647	\$ 1.002.730.421	\$ 1.345.292.010	\$ 1.953.109.341

Fig. 23. Flujos de caja proyectados para los siguientes 5 años con valores base.

Los criterios de evaluación que se eligieron para el proyecto fueron, el valor presente neto (VPN), el tiempo de recuperación de la inversión (PP) y la tasa interna de retorno (TIR). De acuerdo con los resultados del flujo de caja proyectados con los valores base, se pudo llegar a la conclusión que el proyecto es factible económicamente, esto debido a que el VPN del proyecto fue de \$4.045.375.625 (COP); valor superior a cero, el tiempo de recuperación de la inversión es de 2,39 años y la TIR dio superior al WACC, con un valor del 72%.

Por último, al proyecto se le realizó un análisis de riesgo y sensibilidad, por medio de una herramienta llamada *Risk Simulator*, a la cual se le proporcionaron unas variables de entrada que pueden ser observadas en la TABLA XIV, y se explican a continuación. El porcentaje de ventas inicial fue establecido como variable debido a que se optó por dejar abierta la posibilidad de que las ventas estimadas en el estudio de mercado, no se efectúen como se había establecido. El crecimiento de la participación de las ventas es otra variable que puede afectar considerablemente el proyecto, ya que este porcentaje es el que determina qué tanto crecen las ventas a través de los años, además, esta variable tiene una relación directa con el VPN. El porcentaje de gastos totales por año se convierte en una variable que puede alterar el resultado final del proyecto ya que su cálculo se efectúa con porcentajes estimados y no considera datos reales. Y por último y no menos importante la variación del valor de las inversiones, considerando que las

maquinarias se cotizaron en USD y el valor en pesos colombianos puede variar de acuerdo con las fluctuaciones de la tasa representativa del mercado (TRM).

*TABLA XIV
VARIABLES DEL ANÁLISIS DE RIESGO Y SENSIBILIDAD*

Variable	Distribución	Parámetros
Rango porcentaje participación ventas inicial	Uniforme	(0,15;0,25)
Crecimiento participación ventas	Triangular	(0,08; 0,10; 0,12)
Porcentaje Inversiones	Uniforme	(0,8; 1,2)
Porcentaje gastos	Uniforme	(0,13; 0,17)

Una vez definidas las variables anteriormente mencionadas, se elaboró una simulación de 1000 réplicas con el propósito de encontrar el valor promedio del VPN y la TIR. En la TABLA XV se observa los indicadores de riesgo del proyecto. De manera que el VPN arrojó unos intervalos de confianza entre \$2.707.554.278 y \$5.419.791.968, con un nivel de confianza del 95%, asegurando que, a partir de los escenarios y las consideraciones hechas en el modelo, el proyecto siempre es factible, y esto se debe a que el VPN siempre es mayor a cero, como se muestra en la Fig. 24. El coeficiente de variación del VPN al ser menor al 20%, indica que el nivel de riesgo del proyecto es relativamente bajo con una probabilidad de pérdida del 0% aproximadamente. El valor de pérdida máximo (VaR) es de \$546.296.519 con un nivel de confianza del 95%, es decir, existe un 5% de probabilidad de que en 5 años el proyecto podría perder como máximo esa cantidad de dinero. Así mismo, la TIR presentó un valor mayor al del WACC (12,02%) en todos los escenarios simulados, como se muestra en la Fig. 25, demostrando una vez más que el proyecto es factible según los supuestos empleados.

*TABLA XV
INDICADORES DEL ANÁLISIS DE RIESGO FINANCIERO*

Indicador Riesgo	Resultado
TIR Promedio	71,98%
Límite inferior	53,87%
Límite superior	91,00%
VPN Promedio	\$4.045.375.625
Coefficiente de variación del VPN	12,57%
z	1,64
VaR	\$546.296.519
TIR= 0; Z=	-9,77
P TIR <0 =	0%
z	-7,953787553
Probabilidad de perdida	0,0%

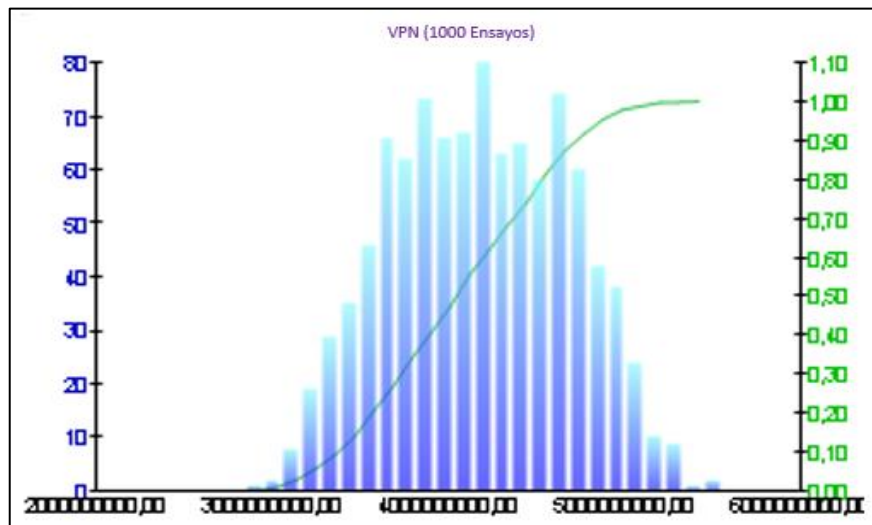


Fig. 24. Pronostico VPN en Risk Simulator

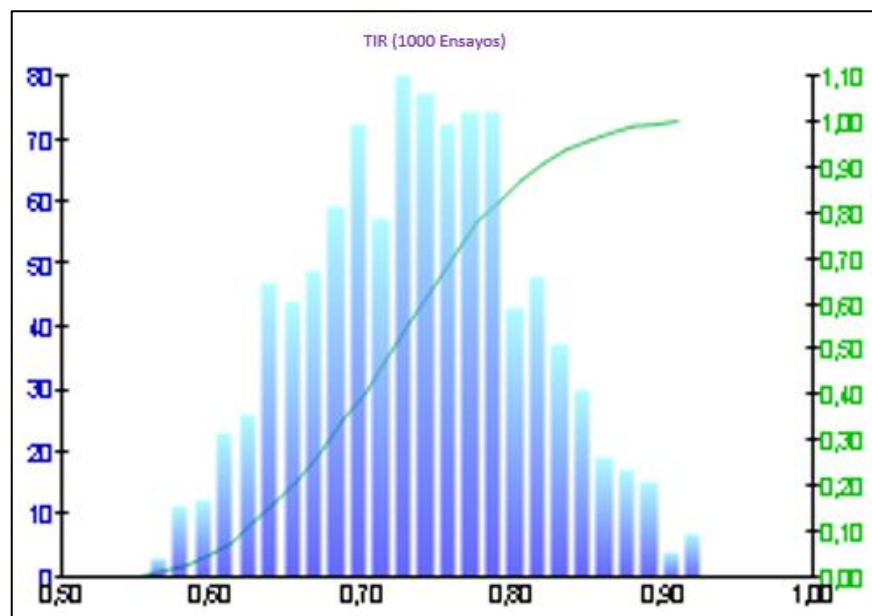


Fig. 25. Pronostico TIR en Risk Simulator

Finalmente, en el análisis de sensibilidad se evidencia que la variable que más influye en el cálculo del VPN y la TIR, es el porcentaje de participación de ventas inicial, el cual se puede observar en el gráfico tornado representado en la Fig. 26. Adicionalmente, en el anexo 27 se puede evidenciar un informe detallado del análisis de riesgo y sensibilidad.

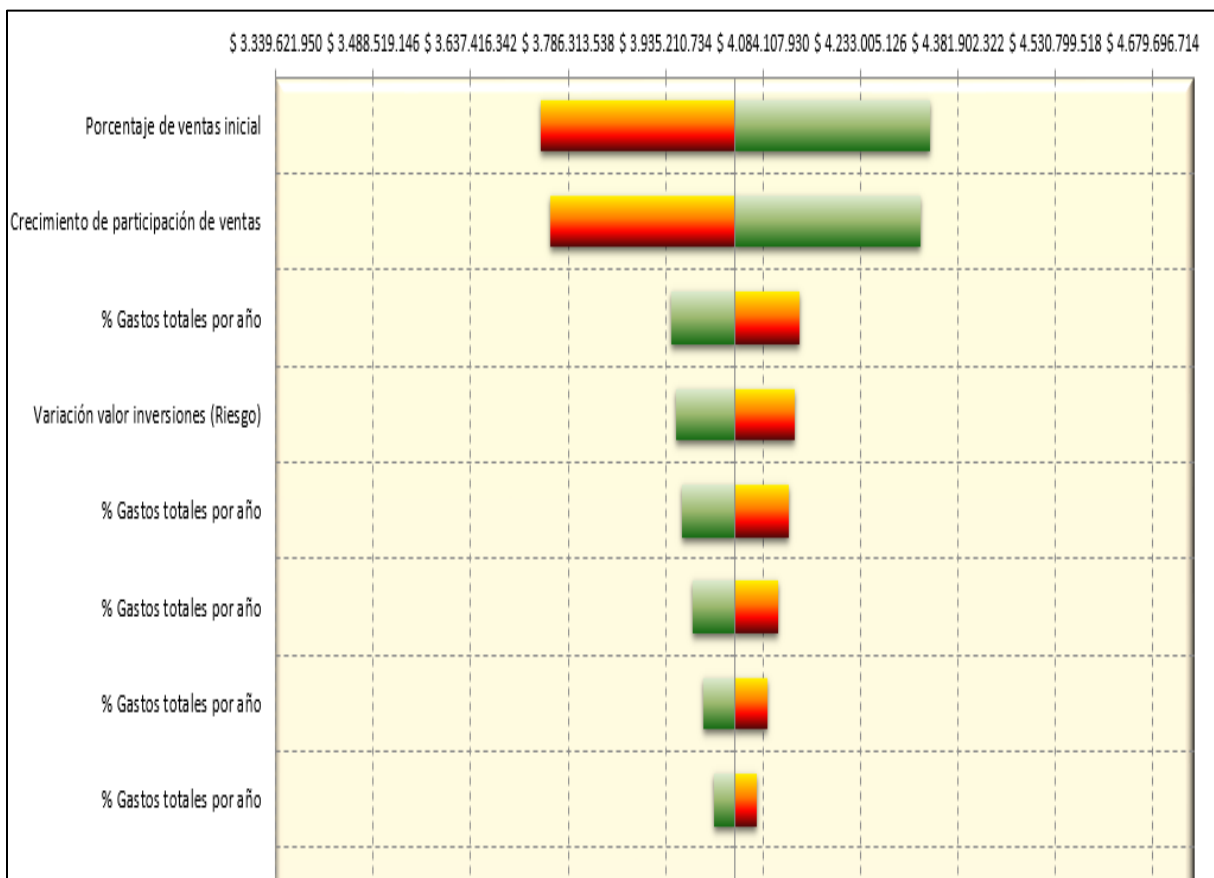


Fig. 26. Gráfico tornado del análisis de sensibilidad

Para el análisis ambiental, se estimó que el diseño propuesto en este proyecto tiene la capacidad de aprovechar hasta 403 toneladas anualmente de bagazo de malta en base húmeda para la elaboración de las barras de cereal, de esta manera se evita que este termine en algún vertedero del Valle del Cauca como producto orgánico en descomposición. Así mismo, se llegó a la conclusión que, aunque la acumulación de grandes cantidades de bagazo de malta es preocupante, la principal consecuencia a nivel medioambiental recae en que durante su proceso de descomposición este libera cantidades de CO₂, que pueden representar en un futuro problemas en el medio ambiente.

Por otra parte, la instalación de una planta que produzca barras de cereal a partir de este bagazo generará empleos de forma directa e indirecta si tenemos en cuenta el montaje y posterior funcionamiento. De la forma que se ha diseñado la planta, esta puede generar cinco empleos directos (cuatro operarios y un gerente planta), influyendo de manera positiva sobre ellos y su núcleo familiar, ya que representa una fuente estable de ingresos mensuales.

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

En este apartado se presenta una serie de formatos que se diseñaron con el fin de llevar un plan de control y seguimiento al sistema de aprovechamiento, y así establecer un procedimiento operativo estandarizado (POE) del proceso. En la TABLA XVI, se encuentra la propuesta del POE, el objetivo del formato, su alcance y el proceso detallado de la elaboración de las barras de cereal a partir del bagazo de malta, con el propósito de estandarizar el proceso, y que las empresas o futuros emprendimientos interesados en el proyecto puedan tenerlo disponible. Adicionalmente, se pueden identificar los registros o documentos que deben ser diligenciados para el seguimiento y control del sistema. Este formato se puede consultar en el anexo 28.

TABLA XVI
FORMATO POE DEL SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA

LOGO DE LA EMPRESA	Planta de producción de barras de cereal a partir de bagazo de malta Cali - Colombia	Versión del formato: 1
PROCEDIMIENTO FUNDAMENTAL PARA EL APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE MALTA		
1. Objetivo		
Este formato tiene como objetivo principal proporcionar la información detallada del proceso de elaboración de barras de cereal a partir de bagazo de malta y que formatos diligenciar para llevar un registro del proceso en la planta de producción		
2. Alcance y campo de aplicación		
Su alcance se centra en las actividades y operaciones que se realizan en la elaboración de las barras de cereal reutilizando el bagazo de malta en la planta de producción que se diseño		
3. Definiciones		
Bagazo de malta: afrecho resultante en la producción de la cerveza cuando se filtra el mosto producido en la maceración del proceso.		
Molurado: Operación que reduce el tamaño del grano del bagazo de malta después de secarlo, esta operación se realiza con el fin de mejorar la textura final del producto terminado.		
4. Desarrollo		
Paso	Descripción	Responsable
1	Recepción de materias primas y bagazo de malta húmedo	Gerente de planta
2	Pesar el bagazo de malta en base húmeda	Operario
3	Registrar el peso inicial del bagazo de malta húmeda en el formato de registro de secado	Operario
4	Alistar el horno para el proceso de secado del bagazo	Operario
5	Secar el bagazo de malta por 3 horas a 120°C ± 0,5 °C	Operario
6	Comprobar el porcentaje de humedad del bagazo de malta	Operario
7	En caso de tener humedad superior al 10%, debe volver a secarse el lote hasta conseguir una humedad inferior al 10%	Operario
8	Pesar el bagazo de mata en base seca	Operario
9	Registrar el peso final del bagazo después del secado, la temperatura, los tiempos del proceso y la humedad de este material	Operario
10	Alistar el molino para molturar el bagazo de malta seco	Operario
11	Molturnarlos granos secos del bagazo en pequeñas partículas, hasta convertirlas en harina	Operario
12	Registrar en el formato de registro de molturado los tiempos del proceso y la cantidad de bagazo que se molturó	Operario
13	Alistar el cocinador de aglutinantes y la línea de producción para las barras de cereal	Operario
14	Cocinar la miel y el jarabe de fructosa	Operario

15	Revisar la ficha con la formulación estándar del producto y preparar la cantidad necesaria de cada ingrediente para lotes de 15 kilogramos de barra de cereal	Operario
16	Mezclar los ingredientes secos de la barra con el aglutinante anteriormente realizado en el mezclador térmico	Operario
17	Registrar en el formato de registro de producción de barras de cereal la cantidad de ingredientes que se utilizaron para cada lote de producción	Operario
18	La mezcla de los ingredientes pasa a la formación de las barras de cereal, la cual tiene como finalidad nivelar, enfriar y cortar las barras con las dimensiones que se deseen	Operario
19	Revisar la producción de las barras de cereal	Operario
20	En caso de existir barras defectuosas por el corte, retirarlas de la línea de producción	Operario
21	Por medio de una banda transportadora se transfieren las barras para empacar en la maquina empaquetadora	Operario
22	Almacenar 120 barras en una caja corrugada	Operario
23	Transportar las cajas corrugadas con el producto terminado listo al almacén de PT	Operario
24	Registrar la cantidad de barras de cereal que se obtuvieron por lote de producción en el formato de registro de producción de barras de cereal	Operario
25	Almacenar las cajas con el producto final en el almacén de PT	Operario
26	Supervisar el nivel de ocupación del almacén de PT	Gerente de planta
27	Elaborar los indicadores del sistema de aprovechamiento del bagazo de malta	Gerente de planta
5. Responsable		
Gerente de planta		
6. Registro		
Paso en donde se genera el registro	Nombre del registro	Lugar del archivo
3, 9	Formato registro de secado	Área de trabajo correspondiente
12	Formato registro de molturado	Área de trabajo correspondiente
16, 23	Formato registro de producción de barras de cereal	Área de trabajo correspondiente
26	Formato de indicadores del sistema de aprovechamiento	Excel
Elaborado por	Revisado Por	Aprobado por
Nombre		
Firma		
Cargo		
Fecha		

Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboraron los formatos de registro del sistema de aprovechamiento, con respecto al área de secado y molturado del bagazo, y la producción de las barras de cereal. En la Fig. 27, se puede observar uno de los formatos diseñados, correspondiente al área de molturado. Este formato también se puede consultar en el anexo 29, así mismo los demás formatos de registro que se elaboraron se pueden evidenciar en los anexos 30 y 31. Es importante destacar que estos formatos, tienen como objetivo dar seguimiento de cada proceso y llevar un control de cómo está funcionando cada puesto de trabajo en la planta, para que el gerente de planta pueda identificar oportunidades de mejora en el proceso. Además, en el anexo 32 se puede observar una ficha con la formulación estándar del producto, la cual permite guiar a los operarios en la elaboración de las barras de cereal con la cantidad exacta por unidad de ingredientes o materias primas. Por último, se diseñó un formato de control de

- A partir de la metodología SLP, se elaboró la distribución de la planta productiva de las barras, en donde la propuesta final obtuvo un nivel de eficiencia del 100% respecto al cumplimiento de las relaciones entre los departamentos y las restricciones del sistema.
- Empleando un modelo de simulación, se logró determinar la cantidad de operarios, máquinas y equipos que requiere la planta, en donde los resultados arrojados por el modelo sugieren que la planta debería operarse en dos turnos diarios de 8 horas cada uno, dos operarios en cada turno y una máquina de cada tipo para la producción de las barras de cereal.
- Con un precio de venta relativamente inferior al comparado con las demás marcas de barras de cereal, el proyecto es factible financieramente, debido a que bajo un análisis de riesgo del flujo de caja libre proyectado, se evidenció un VPN promedio de \$4.045.375.625, una probabilidad de pérdida del $9,04 * 10^{-16}$ y un tiempo de recuperación de la inversión total menor a tres años. Con base a lo anterior, se puede concluir que el proyecto es factible económicamente y tiene bajo nivel de riesgo.

D. Recomendaciones

- En el caso de comercializar el producto diseñado en este proyecto, se recomienda utilizar conservantes con el fin de evitar su deterioro y prolongar su vida, a su vez, los conservantes evitan que el consumidor padezca infecciones o enfermedades a partir de algún microorganismo no deseado en el producto.
- Mientras que los niveles de humedad de los ensayos de la barra fueron del 23%, es conveniente mencionar que a quienes les interese la idea de ejecutar el proyecto, se les sugiere que reduzcan el nivel de humedad del producto final, como mínimo a un 10% según la NTC 3749.
- Se recomienda implementar el sistema de aprovechamiento de bagazo de malta resultante de la producción de cerveza industrial, puesto que es replicable en este tipo de industria y generaría un aprovechamiento significativamente mayor al que se obtiene actualmente con el segmento de la cerveza artesanal.
- Se sugiere realizar una óptima gestión logística en el proyecto, a causa de que el bagazo de malta es un material con un alto contenido de humedad, es decir, que la obtención de este producto requiere uso de cadena fría hasta que llegue a la planta de producción, evitando así el crecimiento de microorganismos.
- Se propone realizar nuevas investigaciones con el bagazo de malta aplicando otros métodos de secado, que permitan ser más eficientes en tiempos y en consumo de energía eléctrica, considerando a su vez la alta capacidad de procesamiento.
- Se propone realizar otros proyectos de investigación que validen las alternativas que se definieron en la etapa analizar, que evalúen la posibilidad de diseñar un proceso para el aprovechamiento del bagazo de malta en productos de otros sectores como lo son: productos panificados, suplemento para productos cárnicos, galletas, material absorbente para tratamiento de aguas residuales y producción de bioenergía.
- Se recomienda realizar un análisis más profundo sobre cómo determinar los gastos administrativos, comerciales y logísticos del proyecto, con el objetivo de estudiar y evaluar de manera más precisa la factibilidad financiera del proyecto.
- Se propone realizar un rotulado o etiquetado nutricional del producto, que cumpla con los requisitos técnicos establecidos por la Resolución 0333 del 2011 expedida por el Ministerio de la Protección Social para los alimentos envasados para consumo humano.

VII.ANEXOS

TABLA XVII
ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo	Tipo de Archivo
1	2020101 - Entrevista a empresas cerveceras artesanales.	Propio	Word
2	2020101 - Formatos del plan de recolección de datos.	Propio	Word
3	2020101 - Plan de recolección de datos.	Propio	Excel
4	2020101 - Entrevista a Sultana Cerveza Artesanal Del Valle S.A.S.	Propio	Word
5	2020101 - Informe de situación actual de la empresa Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S.	Propio	Word
6	2020101 -. Entrevista a expertos en microbiología.	Propio	Word
7	2020101 - Fichas para el estudio del mercado por metodología PESTEL.	Propio	Word
8	2020101 - Revisión de literatura.	Propio	Word
9	2020101 - Selección de alternativa por el método AHP.	Propio	Excel
10	2020101 - Cronograma en el programa Project®.	Propio	Project ®
11	2020101 - Reporte del cronograma.	Propio	Word
12	2020101 – Informe de las pruebas de concepto realizadas a las barras	Propios	Word
13	2020101 - Resultados encuestas para la prueba de concepto de las barras	Propio	Excel
14	2020101 – Resultados de la prueba de humedad del bagazo de malta	Terceros	PDF
15	2020101 - Balance de masa del proceso productivo	Propio	Word
16	2020101 - Informe de estudio de mercado para determinar demanda potencial	Propio	Word
17	2020101 – Resultados encuestas del estudio de mercado de las barras	Propio	Excel
18	2020101 - Información maquinarias y equipos	Propio	Word
19	2020101 - Estudio técnico para la elaboración de barras de cereal a partir de bagazo de malta	Propio	Excel
20	2020101 – Modelo del sistema de aprovechamiento	Propio	.spfx
21	2020101 - Informe del modelo de simulación del sistema	Propio	Word
22	2020101 - Diseño de la planta para el sistema de aprovechamiento	Propio	Excel
23	2020101 - Distribución general y detallada de la planta	Propio	PDF
24	2020101 - Modelo de la planta para el sistema de aprovechamiento	Propio	.skp

25	2020101 - Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos a las barras de cereales	Terceros	PDF
26	2020101 - Estudio de factibilidad financiera del proyecto	Propio	Excel
27	2020101 - Informe análisis de riesgo y sensibilidad	Propio	Word
28	2020101 - Formato POE del sistema de aprovechamiento	Propio	Excel
29	2020101 - Formato de registro del proceso de molturado	Propio	Excel
30	2020101 - Formato de registro del proceso de secado	Propio	Excel
31	2020101 - Formato de registro de la producción de barras de cereal	Propio	Excel
32	2020101 - Formulación estándar del producto	Propio	Excel
33	202010 - Formato de control de calidad	Propio	Excel
34	2020101 - Formato indicadores de control del sistema	Propio	Excel

VIII.REFERENCIAS

- [1] El Pais, "Estas son las bebidas alcoholicas que mas consumen los colombianos," 09 12 2019. [Online]. Available: <https://www.elpais.com.co/colombia/estas-son-las-bebidas-alcoholicas-que-mas-consumen-los-colombianos.html>.
- [2] Dinero, "Otra forma de brindar, así está el consumo de cerveza artesanal," 20 10 2019. [Online]. Available: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/como-va-el-consumo-de-cerveza-artesanal-en-el-pais/278007>.
- [3] El Pais, "Valle vive un boom de produccion de cerveza artesanal: van 27 marcas registradas," 17 11 2019. [Online]. Available: <https://www.elpais.com.co/economia/valle-vive-un-boom-de-produccion-de-cerveza-artesanal-van-27-marcas-registradas.html>.
- [4] Portafolio, "En cinco años se vendería 33,8% más en cerveza en Colombia," 01 08 2019. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/en-cinco-anos-se-venderia-33-8-mas-en-cerveza-en-colombia-532179>.
- [5] J. Murcia, "La cerveza artesana revoluciona el mercado mundial," in *Distribucion y consumo*, 2017, pp. 71-73.
- [6] S. Mussato, "Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications," *SCI*, 2013.
- [7] Y. Wang, M. Yin, S. Ikram, L. Huang and H. Zhang, "Composition and Nutrient Value Proposition of Brewers Spent Grain," *Shimadzu*, 2017.
- [8] S. Mussatto, G. Dragone and I. Roberto, "Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications," *Journal of Cereal Science*, 2006.
- [9] S. Aliyu and M. Bala, "Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications," *African Journal of Biotechnology*, pp. 324-331, 2011.
- [10] I. Celus, K. Brijs and J. Delcour, "The effects of malting and mashing on barley protein extractability," *Journal of Cereal Science*, pp. 203-211, 2006.
- [11] IDEAM, PNUD, MADS, DNP and CANCELLERIA, "Segundo reporte bienal de actualizacion de Colombia ante la CMNUCC," Bogota D.C., 2018.
- [12] Fundacion basura, "¿Qué pasa con nuestros residuos orgánicos?," 19 06 2019. [Online]. Available: <https://www.fundacionbasura.org/que-pasa-con-nuestros-residuos-organicos/>.
- [13] Ministerio del medio ambiente, "Politica para la gestion integral de residuos," Bogota D.C., 1998.
- [14] Invima, "Quienes somos," Ministerio de salud, [Online]. Available: <https://www.invima.gov.co/web/guest/quienes-somos>.
- [15] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, "Articulo 1. Objetivos del Ministerio," Colombia, 2011.
- [16] Alcaldia Santiago De Cali, "DAGMA," 2020. [Online]. Available: https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/117086/sobre_el_organismo_dagma/. [Accessed 11 03 2020].
- [17] Diccionario empresarial, "Matriz interes-poder," [Online]. Available: http://diccionarioempresarial.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASMTMwNztbLUouLM_DxbIwMDS0NDQ7BAZlqIS35ySGVBqm1aYk5xKgC-hVH_NQAAAA==WKE.
- [18] Pontificia Universidad Javeriana Cali, "Reglamento del Estudiante Javeriano," [Online]. Available: https://www.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/node/field-documents/field_document_file/reglamento_estudiantes_actualizado.pdf.

- [19] Secretaría Distrital del Hábitat, "Decreto 2811 de 1974," República de Colombia, 1974.
- [20] Congreso de la Republica de Colombia , "Ley 99 de 1993," Colombia, 1993.
- [21] Congreso de la Republica, "Ley 1480 de 2011," Colombia, 2011.
- [22] Ministerio de Salud y Proteccion Social, "Resolucion 2674 del 2013," Colombia, 2013.
- [23] Alcaldia Santiago de Cali, "Marco normativo de los residuos organicos," 10 11 2019. [Online]. Available: <https://www.cali.gov.co/dagma/publicaciones/150491/marco-normativo-de-los-residuos-organicos/>. [Accessed 11 03 2020].
- [24] D. Zamora, "Cervecerías artesanales en Colombia: el club de la resistencia," Revista Diners, 2018. [Online]. Available: https://revistadiners.com.co/gastronomia/58906_cerveza-artesanal-el-club-de-la-resistencia/. [Accessed 14 04 2020].
- [25] H. Osorio, Interviewee, *Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cerveza artesanal en Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S.* [Interview]. 2020.
- [26] H. Osorio, Interviewee, *Datos e informacion historica de la empresa Sultana Cerveza Artesanal del Valle S.A.S.* [Interview]. 2019 - 2020.
- [27] Food and Agriculture Organization of the United Nations , "Trilla y desgrane," [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041S03.htm#Definici%C3%B3n>. [Accessed 26 04 2020].
- [28] K. Lynch, E. Steffen and E. Arendt, "Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health," *Institute of Brewing & Distilling*, pp. 553-568, 2016.
- [29] J. Robertson, K. Anson, J. Treimo, C. Faulds, T. Brocklehurst, V. Eijsink and K. Waldron, "Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production," *Food Science and Technology*, pp. 890-896, 2010.
- [30] ICONTEC, *Norma Tecnica Colombiana 3749*, Bogota, D.C, 1997.
- [31] Ministerio de Comercio, *Informe sobre los acuerdos comerciales vigentes de Colombia*, Bogota, D.C, 2019.
- [32] J. Piña, "La cerveza artesanal colombiana podría desaparecer por los impuestos de Duque," 07 12 2018. [Online]. Available: https://www.vice.com/es_latam/article/pa5m9g/cerveza-artesanal-colombiana-desaparecer-impuestos-duque-iva-ley-financiamiento. [Accessed 20 04 2020].
- [33] Portafolio, "Las cervezas artesanales, un negocio que pide más participación en Colombia," 04 02 2018. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/emprendimiento/las-cervezas-artesanales-en-colombia-513904>. [Accessed 21 04 2020].
- [34] La Republica, "Cerveza artesanal gana mercado y consumo crece 30% al año," 11 03 2017. [Online]. Available: <https://www.larepublica.co/consumo/cerveza-artesanal-gana-mercado-y-consumo-crece-30-al-ano-2482741>. [Accessed 20 04 2020].
- [35] Portafolio, "Emprendimientos verdes conquistan al mercado colombiano," 14 03 2019. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/negocios/emprendimientos-verdes-conquistan-al-mercado-colombiano-527455>. [Accessed 21 04 2020].
- [36] Rcnradio, "Estadios, bares y conciertos seguirán cerrados por lo menos 18 meses: Duque," 16 04 2020. [Online]. Available: <https://www.rcnradio.com/deportes/ivan-duque-ve-muy-lejano-el-regreso-de-los-colombianos-los-estadios>. [Accessed 22 04 2020].
- [37] "Conozca la ciencia tras la evolución de la 'pola'," Impacto TIC, 2 08 2019. [Online]. Available: <https://impactotic.co/transformacion-e-innovacion-en-industria-cervecera/>. [Accessed 21 04 2020].

- [38] La Voz, "La tecnología llega a la cerveza artesanal," 12 04 2019. [Online]. Available: <https://www.lavoz.com.ar/tendencias/tecnologia-llega-cerveza-artesanal>. [Accessed 21 04 2010].
- [39] Semana , "Las ciudades de Colombia, con la basura hasta el cuello," 09 10 2017. [Online]. Available: <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/basura-en-colombia-en-el-pais-se-producen-10-millones-de-toneladas-al-ano/38765>. [Accessed 21 04 2020].
- [40] Invima, "Normatividad Interna," [Online]. Available: <https://www.invima.gov.co/alimentos-y-bebidas-alcoholicas>. [Accessed 22 04 2020].
- [41] C. Vidal, in *FUNDAMENTOS DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS*, Cali, 2017, pp. 57-58.
- [42] P. Arcia, A. Curutchet, S. Cozzano and S. Rodriguez, "Bagazo de cervecería como ingrediente en el desarrollo de panificados. Impacto del rotulado en la intención de compra y aceptabilidad," *Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, 2018.
- [43] Ajanaku, Ajanaku, Dawodu and Nwinyi, "Functional and nutritive properties of spent grain enhanced cookies," *American Journal of Food Technology* , pp. 763-771, 2011.
- [44] E. Özvural, H. Vural, I. Gökbulut and Ö. Özboy-Özbas, "Utilization of brewer's spent grain in the production of Frankfurters," *International Journal of Food Science and Technology*, pp. 1093-1099, 2009.
- [45] U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, "From Research to the Marketplace: USDA Scientist Invents New Uses for Produce and Grains," 25 07 2019. [Online]. Available: <https://www.usda.gov/media/blog/2019/07/25/research-marketplace-usda-scientist-invents-new-uses-produce-and-grains>. [Accessed 30 05 2020].
- [46] ReGrained, "How it's made," 2019. [Online]. Available: <https://www.regrained.com/pages/how-its-made>. [Accessed 30 05 2020].
- [47] Plant Chicago, "spent grains in mushroom growing," 24 01 2019. [Online]. Available: <https://plantchicago.org/2017/01/24/spent-grains-mushroom-growing/>. [Accessed 30 05 2020].
- [48] S. Mussatto, M. Fernandes, G. Rocha, J. Órfao, J. Teixeira and I. Roberto, "Production, characterization and application of activated carbon from Brewer's Spent Grain lignin," *Bioresource Technology*, pp. 2450-2457, 2010.
- [49] THERCHEM, "Proyecto THERCHEM," [Online]. Available: <https://therchem.eu/content/Projektbeschreibung>. [Accessed 01 06 2020].
- [50] Community Research and Development Information Service, "Thermochemical pre-treatment technology for residues from breweries and other biomass to enhance anaerobic digestion," 2016. [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/article/id/150909-biogas-from-brewery-waste/es>. [Accessed 01 06 2020].
- [51] C. Xiros and P. Christakopoulos, "Enhanced ethanol production from brewer's spent grain by a *Fusarium oxysporum* consolidated system," *Biotechnology for Biofuels*, 2009.
- [52] Job Wizards, "El método Walt Disney: Una técnica creativa realista," [Online]. Available: <https://job-wizards.com/es/el-metodo-walt-disney-una-tecnica-creativa-realista/>. [Accessed 01 06 2020].
- [53] P. Ainsworth, S. Ibanoglu, A. Plunket, E. Ibanoglu and V. Stojceska, "Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack," *Journal Of Food Engineering*, pp. 702-709, 2007.
- [54] Euromonitor, "*Informes de país: DATAGRAPHICS*", Colombia, 2020.
- [55] S. Poveda, Aprovechamiento del bagazo de malta de cebada como insumo en la elaboración de una barra de cereales alta en fibra, Ibarra: Universidad Tecnica del Norte, 2018.

- [56] DANE, "Proyecciones poblacion Santiago de Cali segun tendencias del DANE," Santiago de Cali.
- [57] Carbolite Gero, *Horno industrial modelo LGP2 / 2160*, Neuhausen.
- [58] JZSY, *Molino electrico modelo SYB-20*, China.
- [59] OHAUS, *Analizador de humedad modelo MB23*, Colombia.
- [60] Crespo Maquinas, *"Linea de producción para elaboración de barras de cereal"*, Argentina.
- [61] HANYUAN Group, *"Granola bar packing machine model HY-P400"*, China.
- [62] R. Muther, *Distribución en planta*, vol. II, Barcelona: Hispano Europea, 1970.
- [63] MICROQUIM, *Analisis microbiologico y fisicoquimico a las barras de cereales*, Santiago de Cali, 2020.
- [64] Banco de la Republica, "Inflación total y meta en Colombia año 2020," [Online]. [Accessed Noviembre 2020].
- [65] Banco Central de la Republica de Colombia, "Promedio de las Tasas de Colocación en Colombia año 2020," [Online]. [Accessed Noviembre 2020].
- [66] UNFCCC Sites and platforms, "United Nations Climate Change," 2020. [Online]. Available: <https://unfccc.int/es/about-us/about-the-secretariat>. [Accessed 9 marzo 2020].
- [67] MERUS, "Unidades formadoras de colonias," [Online]. Available: <https://www.merus.es/ufc-unidades-formadores-colonias/>. [Accessed 27 05 2020].
- [68] Q. García, "Numero mas probable (NMP)," 30 Octubre 2014. [Online]. Available: <http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/2014/10/numero-mas-probable-nmp.html>. [Accessed 27 Mayo 2020].
- [69] A. Ortiz, 1 Junio 2019. [Online]. Available: https://www.alimente.elconfidencial.com/nutricion/2019-06-01/proteinas-aminoacidos-para-que-sirven_1522540/. [Accessed 27 Mayo 2020].
- [70] Geosalud, 2019. [Online]. Available: <https://www.geosalud.com/nutricion/tipos-de-lipidos.html>. [Accessed 28 Mayo 2020].
- [71] UNAM, "Fundamentos y tecnicas de analisis de alimentos," 2007. [Online].
- [72] Cuidateplus, "Alimentación," [Online]. Available: <https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/diccionario/fibra.html>. [Accessed 27 Mayo 2020].