



Diseño de un sistema de producción de harina para el aprovechamiento de chontaduro en el departamento del Chocó.

Alex Fernando Escobar Palomeque ^{1 a, c}, José Alberto García Satizabal ^{2 a, c}, Mauricio Gómez Urrea ^{3 a, c}, Juan Jose Mesias Correa ^{4 a, c}, Juan Camilo Paz Roa ^{b, c}

^a Estudiante de Ingeniería Industrial

^b Profesor, director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil e Industrial

^c Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Resumen en español

El proyecto se enfoca en el diseño de un sistema productivo para la fabricación de harina de chontaduro en el departamento del Chocó, Colombia. La motivación principal es aprovechar el chontaduro, que se desperdicia en gran parte debido a la falta de infraestructura de procesamiento, y generar un producto de mayor valor agregado. Con la participación de organizaciones como Agroinnova, Asopalmar y varias instituciones académicas y entes gubernamentales, el proyecto busca promover el uso eficiente de la materia prima, mejorar la competitividad del sector y crear nuevas oportunidades económicas para las comunidades rurales de la región.

El proyecto incluye el diseño detallado de los procesos productivos para transformar el chontaduro en harina, desde la recolección hasta la distribución. Se incorporan tecnologías de producción con un enfoque en la reducción de desperdicios y el aprovechamiento óptimo del fruto. La planificación contempla la integración de tecnologías modernas y la formación técnica para los productores locales, asegurando la calidad del producto final y su viabilidad económica. Se espera que el sistema productivo sea escalable y replicable en otras regiones productoras de chontaduro.

A largo plazo, el proyecto busca diversificar los productos derivados del chontaduro, como harinas y otros subproductos, para captar mercados nacionales e internacionales. Además, se espera que este sistema productivo impulse el desarrollo sostenible en las zonas rurales, generando empleo y mejorando la calidad de vida de las comunidades involucradas. El impacto económico y social del proyecto se evaluará mediante indicadores clave como la reducción de desperdicios, los ingresos generados y la participación de los productores locales.

Tabla de contenido

PROJECT CHARTER	5
I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD	6
1. Contexto y justificación	6
2. Grupos de interés	8
3. Diagnóstico del problema o necesidad	11
3.1. Plan de recolección de datos	11
3.2. Exploración del mercado	14
3.3. Análisis de oportunidad	19
4. Objetivos	22
4.1. Objetivo principal	22
4.2. Objetivos específicos	22
5. Revisión De Literatura	22
II. DISEÑO CONCEPTUAL PRELIMINAR	23
1. Requerimientos del cliente	24
2. Fijación de requerimientos del cliente	24
3. Restricciones de diseño (Factibilidad)	25
4. Leyes, normas y estándares (Buenas prácticas)	26
5. Análisis funcional	27
5.1. Determinación de características de ingeniería	28
6. Exploración de ideas y selección de alternativa	30

7. Especificación del diseño preliminar.....	35
8. Plan de trabajo (PdT).....	39
III. DISEÑO DETALLADO	42
1. Definición de los procesos productivos.....	42
2. Caracterización del producto.....	42
3. RM Cost (Costo de Materias Primas).....	43
3.1. Análisis de costos de insumos y su impacto en la rentabilidad.....	43
3.2. Materias primas esenciales.....	43
3.3. Materiales auxiliares y operacionales.....	44
4. RM Character (Características de Materias Primas).....	45
4.1. Especificación de requerimientos técnicos y de Calidad.....	45
4.2. Asegurar compatibilidad con el proceso productivo	46
4.3. Ficha tecnica del producto.....	50
5. Diseño de operaciones (Selección de tecnología).....	52
5.1. Estimación de requerimiento de personal.....	52
5.2. Selección de modelo de ventas.....	53
5.3. Estrategia de inventarios	54
5.4. Selección de Tecnología y Ruta de Procesos	54
IV. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA DETALLADA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN	64
1. Estrategia de producción	64
2. Producción total anual proyectada.....	64
3. Acumulación de inventario planificada	65
4. Diseño de puestos de trabajo	66
4.1. Estación de Recepción y pesaje.....	66
4.2. Estación de Desgrane	67
4.3. Estación de lavado.....	67
4.4. Estación de cocción.....	68
4.5. Estación de pelado.....	68
4.6. Estación de troceado.....	69
4.7. Estación de deshidratado	70
4.8. Estación de molienda	70
4.9. Estación de tamizado.....	71
4.10. Estación de empaque.....	71
4.11. Estación de etiquetadora.....	72
5. Distribución de planta	72
5.1. Matriz de relación de actividades	72
5.2. Analisis de movimientos	81
5.3. Cursograma Analítico	81
5.4. Diagrama de Recorrido del Proceso	85
V. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PROPUESTO	85
1. Estudio de viabilidad económica.....	86
2. Informe ambiental	87
2.1. Impactos ambientales identificados.....	87
2.2. Estrategias de mitigación.....	88
2.3. lineación con la sostenibilidad.....	88
2.4. Normatividad ambiental aplicable.....	88
2.5. Desempeño ambiental alcanzado	88
3. Informe social del proyecto	89
3.1. Contexto social y diagnóstico comunitario.....	89
3.2. Propósito social del Proyecto	89
3.3. Impacto social	89
3.4. Participación de la comunidad.....	90
3.5. Alineación con los ODS	90
4. Informe de seguridad del proyecto	91
4.1. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos.....	91
4.2. Medidas de Prevención y Control	92
4.3. Controles Administrativos.....	92
4.4. Controles de Ingeniería	92
4.5. Elementos de Protección Personal (EPP).....	93
5. Simulación del proceso productivo.	94
VI. CONCLUSIONES.....	98
VII. RECOMENDACIONES	99
VIII. REFERENCIAS.....	100

Índice de Tablas

Tabla 1. Departamentos y áreas productivas de chontaduro en Colombia para el año 2017[6]..... 7

Tabla 2. Indicadores de desempeño a medir [3]. 12

Tabla 3. Matriz AHP de criterios de selección de producto [28]. 13

Tabla 4. Matriz comparación de producto [28]. 15

Tabla 5. Presentación de producto [28]. 19

Tabla 6. Indicadores técnicos de desempeño [28]. 28

Tabla 7. Fijación de especificaciones [28]. 30

Tabla 8. Matriz morfológica [28]. 31

Tabla 9. Secuencia con alternativa seleccionada [28]. 32

Tabla 10. Selección de secuencia con criterios [28]. 32

Tabla 11. Montaje seleccionado [28]. 33

Tabla 12. Plan de Trabajo [28]. 40

Tabla 13. Lista de SKU 43

Tabla 14. Costos..... 44

Tabla 15. Costos unitarios por presentación..... 45

Tabla 16. Precio de venta por presentación 45

Tabla 17. Ficha técnica bolsa bio orientadas 46

Tabla 18. Ficha técnica cofia..... 47

Tabla 19. Ficha técnica etiqueta 47

Tabla 20. Ficha técnica chontaduro..... 47

Tabla 21. Ficha técnica guantes..... 48

Tabla 22. Ficha técnica delantal..... 48

Tabla 23. Ficha técnica tapabocas 48

Tabla 24. Ficha técnica botas 49

Tabla 25. Ficha técnicas gafas..... 49

Tabla 26. Ficha técnica Wypall..... 49

Tabla 27. Ficha técnica detergente 50

Tabla 28. Ficha técnica desinfectante..... 50

Tabla 29. Ficha técnica estación recepción y pesaje..... 54

Tabla 30. Ficha técnica estación desgrane..... 55

Tabla 31. Ficha técnica estación lavado 56

Tabla 32. Ficha técnica estación cocción 57

Tabla 33. Ficha técnica estación pelado 57

Tabla 34. Ficha técnica estación de troceado 58

Tabla 35. Ficha técnica estación de deshidratado 59

Tabla 36. Ficha técnica estación de molienda 60

Tabla 37. Ficha técnica estación de tamizado..... 60

Tabla 38. Ficha técnica estación de empaque..... 61

Tabla 39. Ficha técnica estación de etiqueta..... 62

Tabla 40. Tabla. Producción mensual estimada del sistema..... 65

Tabla 41. Demanda estimada 65

Tabla 42. Cantidad de producto por acumular..... 65

Tabla 43. Cantidad excedente mensual 66

Tabla 44. Producción mensual de los meses activos 66

Tabla 45. Puntuación según Código de prioridad asignada 73

Tabla 46. Códigos de motivos de la matriz. 74

Tabla 47. Puntaje de matriz de relaciones opción 1..... 76

Tabla 48. Puntaje de matriz de relaciones opción 2..... 77

Tabla 49. Puntaje de matriz de relaciones opción 3 78

Tabla 50. Relaciones de áreas. 80

Tabla 51. Estudio de viabilidad económica 86

Tabla 52. Fuente de impactos..... 87

Tabla 53. Resultado de indicadores..... 88

Tabla 54. Dimensiones e impactos sociales 90

Tabla 55. Identificación peligros..... 91

Tabla 56. Staytime 95

Figura 1. Área sembrada del cultivo de chontaduro por departamento [5].	7
Figura 2. Área cosechada y producción en Colombia. 2007-2021 [5].	8
Figura 3. Gráfica de grupos de interés, influencia frente a poder [28].	11
Figura 4. Matriz selección de producto [28].	14
Figura 5. Mapa de posicionamiento competitivo [28].	16
Figura 6. Matriz DOFA [28].	17
Figura 7. Diagrama de 5 Fuerzas de Porter [28].	19
Figura 8. Resultados de encuesta (Precio) [28].	21
Figura 9. Árbol de objetivos [28].	24
Figura 10. Requerimientos del diseño [28].	26
Figura 11. Cajas de análisis funcional del sistema productivo [28].	27
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de producción de harina de chontaduro [28].	38
Figura 13. Industrial and Systems Engineering Knowledge Areas [29].	39
Figura 14. Estructura de códigos SKU	43
Figura 15. Ficha técnica presentación 250 g[28]	51
Figura 16. Ficha técnica presentación 500 g [28].	51
Figura 17. Ficha técnica presentación 1000 g [28].	52
Figura 18. Diagrama hombre maquina	53
Figura 19. BOM presentación 250 gramos.	63
Figura 20. BOM presentación 500 gramos.	63
Figura 21. BOM presentación 1000 gramos.	64
Figura 22. Estación recepción y pesaje	67
Figura 23. Estación de desgrane.	67
Figura 24. Estación de selección de limpieza	68
Figura 25. Estación de cocción.	68
Figura 26. Estación de pelado	69
Figura 27. Estación de troceado	69
Figura 28. Estación de deshidratado	70
Figura 29. Estación de molienda	70
Figura 30. Estación de tamizado	71
Figura 31. Estación de empaque.	71
Figura 32. Estación de etiquetado	72
Figura 33. Puntuación según Código de prioridad asignada.	73
Figura 34. Códigos de motivos de la matriz.	74
Figura 35. Matriz de relaciones de actividades.	75
Figura 36. Ubicación de las zonas opción 1	75
Figura 37. Ubicación de las zonas opción 2	77
Figura 38. Ubicación de las zonas opción 3	78
Figura 39. Bosquejo de distribución de planta	79
Figura 40. Bosquejo de distribución de planta	80
Figura 41. Diagrama relacional de actividades.	80
Figura 42. Cursograma analítico 1kg	82
Figura 43. Cursograma analítico 500gr	83
Figura 44. Cursograma analítico 250 gr	84
Figura 45. Diagrama del recorrido del proceso	85
Figura 46. Representación 3D.	93
Figura 47. Representación lavada 3D.	93
Figura 48. Simulacion	94
Figura 49. Average Content	96
Figura 50. Average Content 2	97
Figura 51. State	98

PROJECT CHARTER

Diseño de un sistema de producción de harina para el aprovechamiento de chontaduro en el departamento del Chocó.

Breve resumen del proyecto			
<p>Este proyecto se enfoca en el diseño de un sistema productivo para la fabricación de harina de chontaduro, respaldado por las alianzas estratégicas de Agroinnova, que incluye a la Pontificia Universidad Javeriana Cali, la Gobernación del Valle del Cauca, el Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo (INTEP), la empresa Buxtar y Corpovalle. En colaboración con Asopalmar, logrando beneficiar a pequeños productores de la región del Pacífico colombiano, particularmente en el departamento del Chocó. Se pretende construir nuevas oportunidades en el procesamiento de la materia prima cosechada, fomentar la diversificación económica del sector y captar la atención de mercados en crecimiento que demandan productos de mayor valor agregado.</p>			
Problema	Impacto en los actores		
<p>La problemática radica en la disminución de sistemas de transformación que permitan procesar en su totalidad las cosechas producidas en el corregimiento de San José del palmar (Chocó) que evite la incurrancia en desperdicios tras pasar las temporadas de producción. Actualmente, la comercialización se limita al fruto fresco, lo que reduce la capacidad de prolongar su vida útil y explorar nuevos mercados. A esto se suma la limitada tecnología de producción, distribución y estrategia nacional que impulse la innovación en el sector. Esta situación afecta la sostenibilidad económica de 230 familias productoras, manteniéndolas en un ciclo de ineficiencia, desaprovechando una creciente demanda global por productos naturales y saludables.</p>	<p>La adecuada gestión de los grupos de interés en el diseño de la línea de producción para el aprovechamiento del chontaduro generará impactos significativos en los actores clave. Los proveedores se beneficiarán mediante el establecimiento de relaciones más sólidas y estables, lo que potenciará su capacidad empresarial. Los productores de chontaduro fortalecerán su sostenibilidad económica al diversificar sus productos y acceder a nuevos mercados. Las comunidades locales experimentarán mejoras en su bienestar, con un incremento en las oportunidades de empleo y desarrollo. Adicionalmente, el proyecto promoverá la innovación en el sector agrícola, creando un entorno propicio para la colaboración con entidades gubernamentales, grupos de inversión del sector privado e incluso asociaciones agrícolas, lo que contribuirá a un ciclo de crecimiento económico sostenible.</p>		
Objetivo general			
<p>Diseñar un sistema de producción para el procesamiento de la materia prima no aprovechada en las cosechas de chontaduro provenientes de las fincas ubicadas en el corregimiento de Puerto Palmar, departamento del Chocó. El sistema optimizará el aprovechamiento de las cosechas y promover su comercialización regional, generando valor agregado para las asociaciones productoras.</p>			
Objetivos específicos			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir los procesos productivos requeridos mediante la evaluación con principios de diseño de operaciones de diferentes métodos de producción (molienda, secado, etc.) para incrementar el porcentaje de aprovechamiento de la materia prima. 2. Desarrollar el diseño detallado del sistema de producción mediante análisis de capacidad, flujos de procesos y distribución de planta para definir la capacidad de producción, el flujo de materiales y la disposición de equipos. 3. Evaluar la viabilidad financiera, ambiental y social del sistema de producción, mediante modelos financieros, analíticos o de simulación de operaciones, para estimar el impacto en los KPI's del proyecto. 			
Equipo de trabajo			
<p>Alex Fernando Escobar Palomeque</p> 	<p>Juan José Mesías Correa</p> 	<p>Jose Alberto García</p> 	<p>Mauricio Gómez Urrea</p> 

I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA O NECESIDAD

Esta sección delimita el contexto socioeconómico y técnico que justifica el desarrollo del sistema de producción de harina de chontaduro. Se analizan las problemáticas actuales del sector agroindustrial en el Chocó, centrándose en el desperdicio de materia prima y la falta de infraestructura de procesamiento. Además, se establece la relevancia del proyecto para las comunidades locales y su alineación con iniciativas regionales de desarrollo sostenible.

1. Contexto y justificación

El sector agroindustrial en Colombia es una parte vital de la economía del país, contribuyendo aproximadamente al 7% del PIB y generando 3,2 millones de empleos, especialmente en zonas rurales. [1] Sin embargo, enfrenta desafíos significativos relacionados con la sostenibilidad, la innovación y la diversificación de productos. El chontaduro, también conocido como *Bactris gasipes*, es una fruta carnosa que crece en palmeras que pueden superar los 20 metros de altura, típicas de los bosques tropicales de América del Sur y Central. Su fruto, de forma redonda u ovalada, mide entre 4 y 10 centímetros de diámetro según la variedad. [18] El cultivo de chontaduro en la región del choco, es un recurso natural abundante ya que a diferencia de los otros departamentos las condiciones ambientales dejan que este fruto se produzca en cantidad 10 meses al año en cambio en otros departamentos productivos tienen cosecha de 5 a 8 meses, sin embargo, el sector sufre un desperdicio, de un 6% de la producción total de cada cosecha según menciona el representante legal de la empresa Asopalmar [2], esto debido a que por cosecha se produce un total de 8000 toneladas teniendo un desperdicio de 500 toneladas. Esto plantea un desafío serio para los productores, ya que limita su capacidad de procesar el fruto más allá de su estado fresco, afectando no solo la competitividad del sector sino también la estabilidad económica de las regiones productoras.[4]

Uno de los principales problemas en esta zona agrícola es la falta de sistemas de transformación que permitan procesar el chontaduro en productos de mayor valor agregado, la comercialización se centra únicamente en el fruto fresco, subestimando las oportunidades de prolongar su vida útil y explorar nuevos mercados. Además, la tecnología de producción y distribución es limitada, y la falta de una estrategia nacional que promueva la innovación mantiene a los productores en un ciclo de ineficiencia y alto desperdicio. Esta situación se agrava al considerar el creciente interés global por productos naturales y saludables, lo que representa una oportunidad desaprovechada para posicionar al chontaduro en mercados internacionales.

La falta de una estrategia clara para la transformación productiva afecta la sostenibilidad económica de 230 familias productoras, que dependen del chontaduro como fuente de ingresos. Sin soluciones adecuadas, los productores seguirán enfrentando temporadas de sobreoferta y pérdidas económicas. Desde el proyecto Agroinnova, una alianza entre la Pontificia Universidad Javeriana Cali, la Gobernación del Valle del Cauca, la empresa Buxtar y Corpovalle, busca incrementar la innovación y adopción tecnológica en la producción frutícola de la región del pacífico colombiano, asociados a once empresas productoras. debido a la extensa área sembrada por departamento, identificando las principales zonas productoras como se puede ver en la [ver figura 1 y figura 2] [3]. Estas iniciativas son clave para mitigar la desconexión con proveedores, mejorar la sostenibilidad de los productores y facilitar la adopción de tecnologías y métodos de producción más eficientes [ver anexo 1].

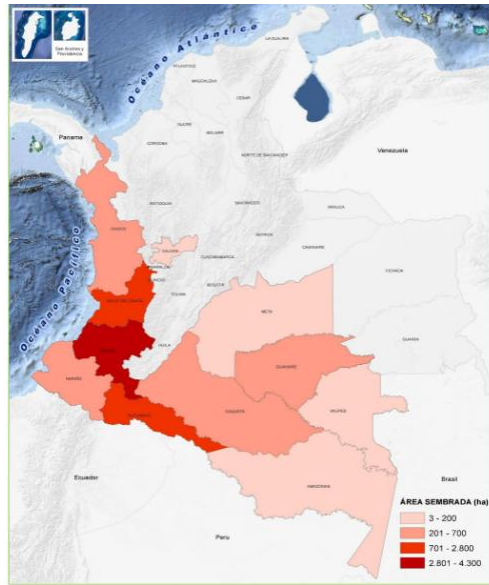


Figura 1. Área sembrada del cultivo de chontaduro por departamento [5].

A continuación, se presenta una tabla que recopila información sobre las áreas productivas de chontaduro en Colombia durante el año 2017, desglosada por departamento [ver tabla 1].

Tabla 1. Departamentos y áreas productivas de chontaduro en Colombia para el año 2017[6].

Departamento	Área sembrada	Área cosechada	Producción de fruto (Ton)	Rendimiento de fruto por ha (t/ha)
Cauca	4350,00	3482,00	18153,00	3,33
Chocó	716,00	456,00	527,00	2,10
Nariño	291,00	251,00	495,00	2,60
Valle del cauca	2961,00	1762,00	8864,00	7,00

La participación de Agroinnova en conjunto con Asoplamar es esencial para abordar problemas como el desperdicio y la baja competitividad en el sector, proporcionando acceso a herramientas de innovación y financiación. Además, su enfoque en la formación técnica de pequeños productores puede mejorar la cadena de valor, lo que ayudaría a generar productos como la harina de chontaduro, concentrado animal, aceite, pigmento, entre otros. En el largo plazo, este proyecto tiene el potencial de generar beneficios, tales como la apertura del mercado nacional para productos derivados del chontaduro, el fomento del empleo en regiones rurales, aportes a la autosostenibilidad alimentaria en zonas rurales, y la promoción del desarrollo científico e industrial en Colombia a través de la investigación en tecnologías de procesamiento de alimentos.

La producción de chontaduro a nivel nacional ha tenido una tendencia de crecimiento en los dos últimos años, este se puede evidenciar en la figura 3, la cual representa la cantidad de toneladas producidas durante el 2007 hasta 2022 [ver figura 2]. Estos crecimientos pueden justificarse bajo las iniciativas gubernamentales y programas de fomento agrícola que impulsaron la diversificación de cultivos en zonas rurales, ofreciendo apoyo técnico y financiero a los productores de chontaduro, especialmente en áreas con alto potencial agrícola, como el Valle del Cauca y el Pacífico colombiano [7].

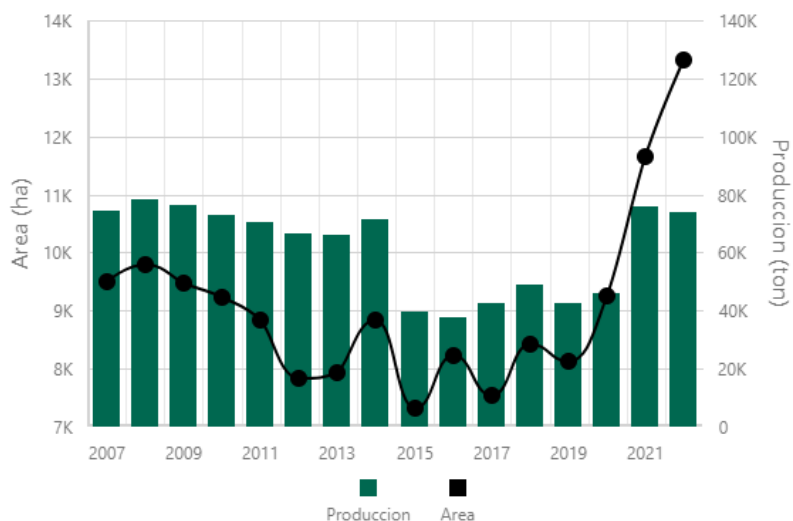


Figura 2. Área cosechada y producción en Colombia. 2007-2021 [5].

La implementación de este proyecto es fundamental para transformar la producción de chontaduro en una actividad más sostenible y rentable. Actualmente, el desperdicio de gran parte de las 537 toneladas de cosecha y la limitada capacidad de los productores para acceder a tecnologías de procesamiento más avanzadas afecta directamente la economía de las comunidades rurales. Con el desarrollo de un sistema eficiente de producción de harina de chontaduro, no solo se reducirá el desperdicio, sino que se impulsará la competitividad del sector a nivel nacional e internacional. A largo plazo, este proyecto promoverá la diversificación de productos derivados, generará nuevas oportunidades de empleo en las zonas rurales, y contribuirá al crecimiento económico de las regiones productoras, garantizando una mayor estabilidad y autosuficiencia alimentaria.

2. Grupos de interés

En este apartado se identifican los actores clave vinculados al proyecto, desde asociaciones campesinas hasta entidades gubernamentales. Se explica cómo la gestión estratégica de estos grupos garantiza la viabilidad operativa y social del sistema productivo, destacando su influencia y roles en el proceso de producción de harina de chontaduro.

Se ha evidenciado que las organizaciones que gestionan adecuadamente a sus grupos de interés, conocidos en inglés como stakeholders, obtienen rendimientos financieros superiores en comparación con aquellas que los desatienden [8]. Esto se debe a que una gestión efectiva de los stakeholders contribuye a la estabilidad y sostenibilidad a largo plazo de las empresas. Por lo tanto, para el diseño de la línea de producción para el aprovechamiento del chontaduro, es importante articular las relaciones directas con todos los grupos involucrados, como proveedores, clientes, empleados, y comunidades locales. Esto implica no solo cumplir con sus expectativas y coordinar sus intereses, sino también ser proactivos en la identificación y abordaje de sus necesidades. La comunicación continua y transparente es clave para fortalecer las alianzas estratégicas, las sociedades comerciales, los vínculos con los clientes, enlaces con los proveedores y con otros líderes empresariales e instituciones.

- **Asociaciones campesinas**

Las asociaciones campesinas son organizaciones formadas por agricultores y trabajadores rurales con el objetivo de mejorar sus condiciones de vida, promover el desarrollo agrícola y defender sus derechos. Estas asociaciones pueden ofrecer apoyo en áreas como la comercialización de productos, acceso a recursos, capacitación técnica, y pueden actuar como una plataforma para la participación política y la influencia en políticas públicas [9].

Las asociaciones campesinas son un grupo de interés clave para nuestro proyecto, que busca diseñar una línea de producción de harina de chontaduro, porque proporcionan conocimientos especializados sobre el cultivo del chontaduro y acceso a recursos locales. Su experiencia en la comercialización y distribución de productos agrícolas puede facilitar el proceso de introducción del producto al mercado. Además, su colaboración puede asegurar un suministro constante de materia prima de calidad y promover beneficios económicos para la comunidad, alineando nuestro proyecto con objetivos de desarrollo rural y sostenible

Las asociaciones campesinas son un grupo de interés clave para nuestro proyecto porque proporcionan conocimientos especializados sobre el cultivo del chontaduro y acceso a recursos locales. Sin embargo, su participación en el proyecto también está condicionada por su capacidad organizativa y por la disponibilidad de infraestructura para el procesamiento del chontaduro.

- ***Líderes de Agroinnova***

Agroinnova es una alianza estratégica entre la Pontificia Universidad Javeriana Cali, la Gobernación del Valle del Cauca, el INTEP, Buxtar y Corpovalle, enfocada en fomentar la innovación y adopción tecnológica en la producción y transformación de pequeños y medianos productores frutícolas del suroccidente colombiano. Este proyecto busca mejorar la sostenibilidad y productividad a través del desarrollo de capacidades y la implementación de procesos novedosos. Agroinnova es un grupo de interés debido a su enfoque en la modernización de procesos agrícolas y su experiencia en la integración de tecnología. Su experiencia en la promoción de la agricultura y el fortalecimiento de MIPYMES ofrece una valiosa oportunidad para aplicar y adaptar las mejores prácticas en nuestro proyecto, asegurando que el diseño de la línea de producción esté alineado con las necesidades y estándares actuales del sector agrícola, además de hacer un gran aporte a su objetivo de fomentar la innovación en dicho sector. [10]

El impacto de Agroinnova en el proyecto dependerá de la disponibilidad de recursos y de la aceptación de diferentes tecnologías por parte de los productores. Si la adopción de este tipo de tecnológica es baja, el sistema de producción podría verse afectada, limitando el éxito del proyecto.

- ***Comunidades locales y aldeñas del Chocó***

Las comunidades locales y aldeñas del Chocó son grupos rurales caracterizados por su arraigo a las tradiciones agrícolas y su dependencia de cultivos como el chontaduro, el cual es vital tanto para su economía como para su alimentación. Estas comunidades tienen un conocimiento profundo y especializado sobre el cultivo y procesamiento del chontaduro, adaptado a las condiciones particulares de su entorno. Son un grupo de interés clave para nuestro proyecto de grado porque su experiencia y comprensión del producto son fundamentales para desarrollar un diseño de producción efectivo y acorde con las características del chontaduro. Además, su participación en el proyecto puede asegurar un suministro de materia prima de calidad y contribuir al fortalecimiento económico local, promoviendo un desarrollo sostenible en la región. [11]

Si bien la participación de las comunidades en el proyecto es crucial, su impacto está condicionado por factores como el acceso a mercados, la disponibilidad de infraestructura y el grado de capacitación en el uso de las tecnologías. Si estas barreras no son superadas, la viabilidad del sistema productivo y su impacto positivo en la economía local podrían verse reducidos de cierta forma.

- ***Asopalmar***

Asopalmar es una asociación de productores de chontaduro ubicada en la región del Pacífico colombiano, específicamente en el Chocó. Esta organización agrupa a pequeños y medianos agricultores que cultivan chontaduro, y su principal objetivo es mejorar las condiciones de producción, comercialización y sostenibilidad del cultivo en la región. Asopalmar se dedica a la promoción de prácticas agrícolas eficientes y sostenibles, así como al fortalecimiento de la cadena de valor del chontaduro a través de la capacitación y el apoyo técnico a sus miembros. [12]

Asopalmar es un grupo de interés para nuestro proyecto porque su conocimiento profundo y experiencia en el cultivo del chontaduro son esenciales para desarrollar un sistema de producción adecuado y eficiente. La colaboración con Asopalmar permitirá acceder a materia prima de alta calidad y asegurará que el diseño de la línea de producción esté alineado con las prácticas y necesidades locales. Además, su experiencia en la comercialización y gestión del cultivo puede proporcionar valiosos insights para optimizar el proceso y maximizar el impacto económico y sostenible del proyecto.

La participación de Asopalmar en el proyecto es clave para garantizar un suministro estable de materia prima y para fortalecer la competitividad del chontaduro en el mercado. Sin embargo, si la asociación enfrenta dificultades en la producción o en la gestión de la cadena de valor, esto podría afectar la rentabilidad del sistema productivo propuesto.

- ***Instituto Colombiano Agropecuario***

El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) es una entidad gubernamental encargada de regular y controlar la sanidad agropecuaria en Colombia. Se enfoca en proteger cultivos y ganado de enfermedades y plagas, y en promover buenas prácticas agrícolas para garantizar la calidad y seguridad alimentaria. [13]

El ICA es crucial para nuestro proyecto de grado porque puede ofrecer asesoramiento técnico y asegurar el cumplimiento de normativas fitosanitarias y de calidad. Su apoyo en la implementación de prácticas seguras y en la obtención de certificaciones es esencial para el éxito del proyecto.

El papel del ICA en el proyecto es fundamental para certificar la calidad del producto final y garantizar su acceso a mercados regulados. Sin embargo, el cumplimiento de normativas estrictas podría representar un desafío para los pequeños productores, quienes necesitarían de un apoyo adicional para cumplir con los estándares exigidos. Si no se brinda el soporte adecuado, el acceso de la harina de chontaduro a mercados formales podría verse afectado.

En este proyecto, se utilizó la matriz poder-influencia para identificar y gestionar a los grupos de interés clave. Esta metodología nos permitirá mapear y evaluar las relaciones y expectativas de cada grupo, asegurando una gestión efectiva del poder, la influencia, la participación y el rango de acercamiento. A continuación, se presentará el gráfico y se detallará la matriz de evaluación correspondiente para garantizar una integración adecuada de los stakeholders en el diseño de la línea de producción de harina chontaduro [ver figura 3].

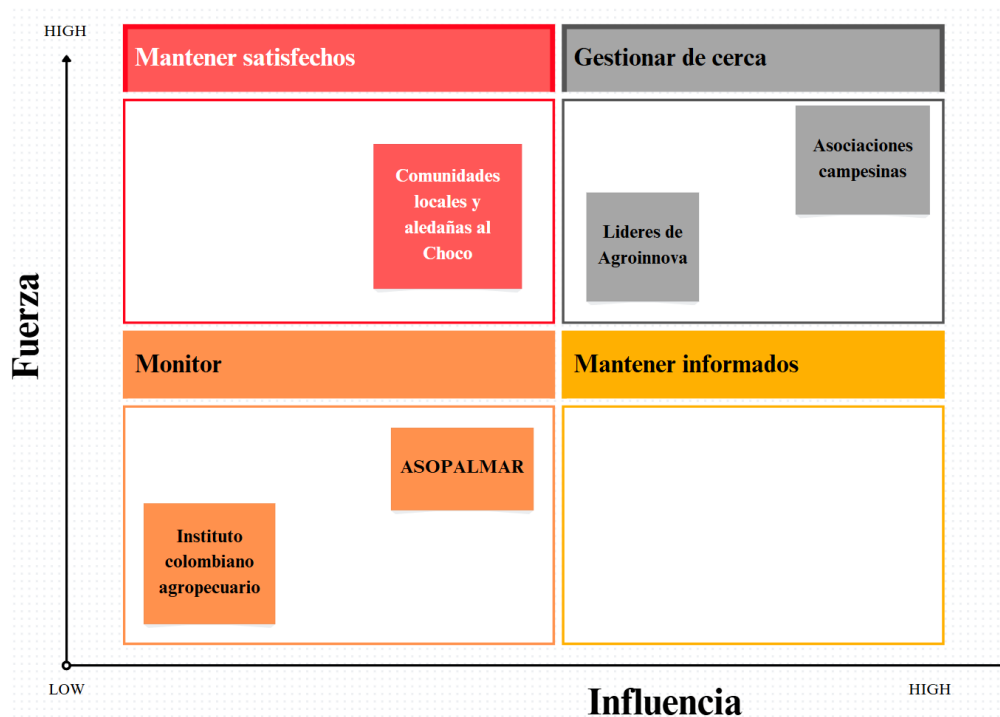


Figura 3. Grafica de grupos de interés, influencia frente a poder [28].

3. Diagnóstico del problema o necesidad

Aquí se presenta un análisis cuantitativo y cualitativo de las limitaciones actuales en el aprovechamiento del chontaduro. Mediante indicadores clave (KPIs), se evalúan aspectos como el porcentaje de desperdicio y la capacidad productiva, fundamentales para diseñar soluciones técnicas y económicas ajustadas a la realidad regional o al contexto local.

3.1. Plan de recolección de datos

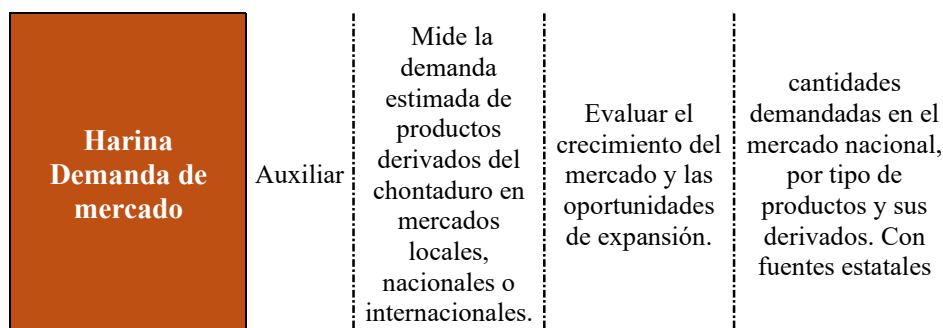
El proceso de recolección de datos se basará en el uso de herramientas robustas y fuentes de información de alta calidad. Entre estas se incluyen bases de datos especializadas en los campos de la agricultura, la producción sostenible y la economía local, así como revistas científicas que aborden temas vinculados con la agroindustria, la biotecnología y el desarrollo rural. También se tomarán en consideración estudios de caso que documenten experiencias exitosas en el aprovechamiento de materias primas similares en otras regiones, y se revisarán informes emitidos por organizaciones gubernamentales y ONGs que fomenten el desarrollo económico en zonas rurales. A su vez, se realizarán entrevistas a expertos y productores locales que desempeñen un papel activo en el cultivo y procesamiento del chontaduro, para obtener una perspectiva más contextualizada y práctica de las operaciones en la región.

Particularmente, en lo que respecta a la recolección de datos en el departamento del Chocó, se contará con apoyo de Asopalmar a través del proyecto Agroinnova. Esta asociación desempeñará un rol clave, proporcionando acceso a información detallada y precisa sobre volúmenes de producción, prácticas agronómicas, procesos de distribución, y los actores más relevantes dentro de la cadena de valor del chontaduro. La colaboración con Asopalmar aporta garantías de análisis refleje las particularidades locales y decisiones que surjan del proyecto alineadas con la realidad del territorio (ver anexo 2).

Para asegurar que el análisis se haga de manera rigurosa y completa, se identificarán y medirán unos indicadores clave, los cuales se especifican a continuación (Ver tabla 2).

Tabla 2. Indicadores de desempeño a medir [3].

Variable	Tipo	Objetivo	Descripción	Indicador
Porcentaje de aprovechamiento de la materia prima	KPI	Su propósito es evaluar la eficiencia del sistema en maximizar el uso de la materia prima, aprovechando el mayor volumen posible para la producción.	proporción de chontaduro procesado en comparación con la cantidad total cosechada, enfocándose en la reducción del desperdicio.	$\% \text{ aprovechamiento} = \frac{\text{Materia prima total cosechada}}{\text{Materia prima procesada}} \times 100$
Reducción de desperdicio	KPI	Busca evaluar la eficiencia del sistema en términos de reducción del desperdicio de chontaduro, con el fin de mejorar el uso integral de las cosechas.	Medir cuánto se ha reducido la cantidad de materia prima desperdiciada después de implementar el nuevo sistema de producción.	$\text{desperdicio} = \frac{\text{Desperdicio inicial} - \text{Desperdicio actual}}{\text{Desperdicio inicial}} \times 100$
Ingresos generados por la comercialización regional	KPI	Cuantificar el impacto económico que tiene la implementación del sistema productivo sobre las asociaciones productoras.	Medir el incremento de los ingresos derivados de la venta de productos de chontaduro en el mercado regional.	$\text{ingresos} = \frac{\text{Ingresos actuales} - \text{Ingresos anteriores}}{\text{Ingresos anteriores}} \times 100$
ROI	KPI	Medir el beneficio económico obtenido en relación con la inversión realizada en la implementación del proyecto.	Mide el retorno de la inversión en función de los beneficios obtenidos del proyecto, teniendo en cuenta la información de ASOPALMAR.	$\text{ROI} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Beneficio neto}} \times 100$
Productores locales involucrados	KPI	Determinar el número de productores locales activos para estimar presencia de mano de obra en la región.	Se mide a través de herramientas de búsqueda, al igual que información suministrada por ASOPALMAR.	P=número de productores



3.1.1. Selección del producto.

En la selección del producto de chontaduro más viable para nuestro proyecto, se han considerado varios criterios clave desde una perspectiva cualitativa realizada por diferentes expertos en el tema de productos alimenticios para asegurar el éxito de la cadena de producción. En primer lugar, la factibilidad de producción evalúa la viabilidad técnica y económica del desarrollo del producto dentro del sistema productivo establecido. Este criterio analiza la complejidad del proceso, incluyendo la necesidad de equipos y tecnologías especializadas. Dado que algunos productos derivados del chontaduro requieren procesos de producción complejos, es esencial confirmar que el proceso sea sostenible y eficiente para evitar altos costos y dificultades operativas.

Otro criterio fundamental es la percepción de la factibilidad logística, que examina la facilidad con la que el producto terminado puede ser distribuido a los mercados potenciales. Este análisis incluye la infraestructura de transporte, los costos asociados y la accesibilidad a los puntos de venta. La razón para considerar este criterio es que, en el sector agroindustrial, los desafíos logísticos pueden ser significativos, especialmente durante temporadas de alta producción. Asegurar una distribución eficiente y rentable es crucial para explotar el potencial del producto en el mercado.

Adicionalmente, el análisis de compradores potenciales investiga el interés y la demanda del mercado, evaluando el perfil de los consumidores y su disposición a pagar un precio adecuado. El aporte nutricional destaca los beneficios para la salud del chontaduro, lo cual puede atraer a consumidores interesados en opciones saludables. La rentabilidad considera el margen de beneficio en relación con los costos de producción e ingresos esperados, asegurando la viabilidad financiera del proyecto. El análisis de competencia evalúa cómo se posicionan los competidores en el mercado del chontaduro, revisando aspectos como calidad, precios y estrategias de marketing. Esto nos permite identificar oportunidades para diferenciarnos y captar una mayor cuota de mercado, asegurando una ventaja competitiva. Finalmente, la vida útil del producto evalúa cuánto tiempo puede permanecer en condiciones óptimas para el consumo, reduciendo el riesgo de deterioro y desperdicio. Estos criterios en conjunto garantizan que el producto de chontaduro sea viable desde múltiples perspectivas, abarcando la producción, la logística, la demanda del mercado y la sostenibilidad financiera.

Se toman en consideración siete criterios específicos como aporte a la escogencia de producto a desarrollar, dichos criterios tuvieron una ponderación dada las observaciones de la asociación colaboradora dentro del proyecto Asopalmar y una ingeniera en alimentos, dando así mayor veracidad en los datos cualitativos del ejercicio de escogencia. En la siguiente tabla (ver tabla 3) se especifican los criterios seleccionados y la prioridad de cada uno dentro del proyecto de diseño (ver anexo 1).

Tabla 3. Matriz AHP de criterios de selección de producto [28].

Criterios	Matriz de comparación por pares							Matriz normalizada							Vector prioridades	Vector ponderado
	Producción	Competitividad	Consumidores	Nutrición	Rentabilidad	Distribución	Durabilidad	Producción	Competitividad	Consumidores	Nutrición	Rentabilidad	Distribución	Durabilidad		
Producción	1	5	6	7	5	2	9	0.43	0.60	0.34	0.31	0.42	0.26	0.26	37%	3.09
Competitividad	1/5	1	2	3	1	4	5	0.09	0.12	0.11	0.13	0.08	0.52	0.14	17%	1.61
Consumidores	1/6	1/2	1	2	1/2	1/6	4	0.07	0.06	0.06	0.09	0.04	0.02	0.11	7%	0.48
Nutrición	1/7	1/3	1/2	1	1/3	1/6	3	0.06	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.09	4%	0.33
Rentabilidad	1/5	1	2	3	1	1/4	5	0.09	0.12	0.11	0.13	0.08	0.03	0.14	10%	0.78
Distribución	1/2	1/4	6	6	4	1	8	0.22	0.03	0.34	0.27	0.33	0.13	0.23	22%	1.70
Durabilidad	1/9	1/5	1/4	1/3	1/5	1/8	1	0.05	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	2%	0.18
TOTALES	2.320634921	8.283333333	17.75	22.33333333	12.03333333	7.708333333	35	1	1	1	1	1	1	1	1	1

En la figura 4 se presenta la evaluación final, en la cual se pueden visualizar los resultados de selección teniendo en cuenta los criterios evaluados en la matriz AHP (ver anexo 1) y las puntuaciones obtenidas bajo el criterio de especialistas en el área de la industria alimentaria (ver figura 4).

Alternativas para selección del producto

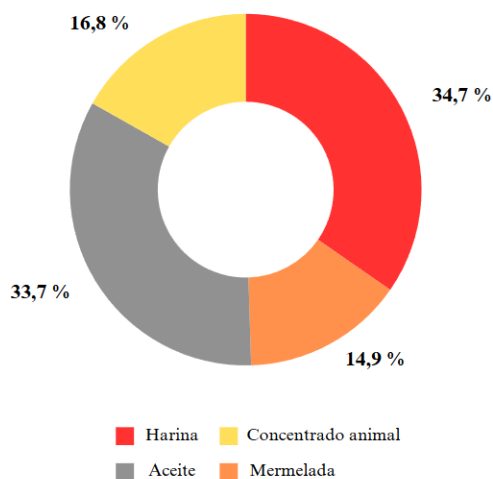


Figura 4. Matriz selección de producto [28].

A partir de la puntuación total obtenida en la matriz de decisión y de acuerdo con los criterios establecidos, se ha identificado la harina de chontaduro como la alternativa de producto seleccionada para el aprovechamiento del chontaruro en el municipio de San José del Palmar. De esta forma, los lineamientos para el diseño de la planta de producción serán enfocados a la fabricación de este producto.

3.2. Exploración del mercado

3.2.1. Análisis de tendencias del mercado.

En esta sección se presenta el portafolio competitivo de harinas complementarias, incluyendo una descripción detallada de sus precios y presentaciones. Con el apoyo de la ingeniera de alimentos Leidy Montoya, se ha elaborado un mapa de posicionamiento competitivo (ver tabla 4) que clasifica las harinas según sus beneficios nutricionales y la calidad del producto, se toma como referencia los productos existentes en el mercado, enlistados en la siguiente tabla (Ver anexo 3).

Tabla 4. Matriz comparación de producto [28].

	Producto	Referencia	Precio	Calidad y beneficios	Presentación
1	Harina de Chontaduro		\$ 48.600,00	Alta	500 g
2	Harina de Trigo		\$ 1.608,00	Baja	500 g
3	Harina de Coco		\$ 20.000,00	Alta	500 g
4	Harina de Avena		\$ 6.995,00	Media	500 g
5	Harina de Garbanzo		\$ 11.000,00	Alta	500 g
6	Harina de Almendra		\$ 35.945,00	Alta	500 g

7	Harina de Arroz		\$ 10.000,00	Media	500 g
---	-----------------	---	-----------------	-------	-------

Las harinas tradicionales y comúnmente comercializadas, como lo es la harina de trigo, avena y arroz presentan menor precio a diferencia que aquellas que se presentan como una alternativa con mayor valor nutricional, como es el caso de la harina de almendra, coco y chontaduro. Mas, sin embargo, teniendo en cuenta las consideraciones en la calidad con el precio podremos hacer la comparativa, la cual se ve reflejada en la siguiente figura, (Ver figura 5).

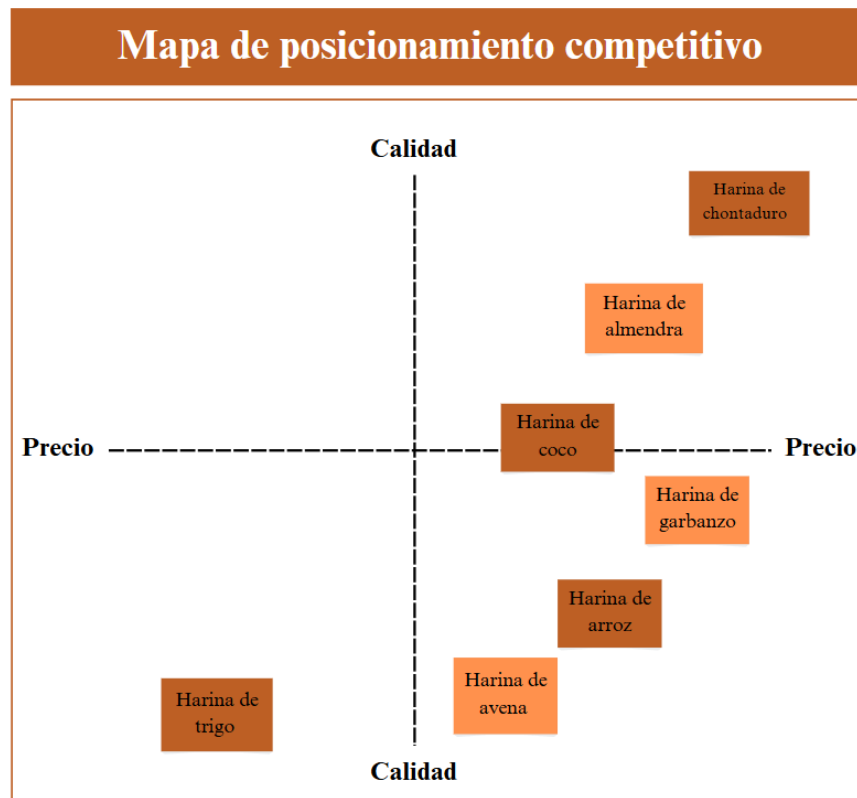


Figura 5. Mapa de posicionamiento competitivo [28].

El mapa de posicionamiento competitivo muestra que la harina de chontaduro se ubica en el cuadrante de mayor calidad y precio en comparación con las demás opciones. Aunque su precio es más elevado, la calidad superior y los beneficios nutricionales que ofrece la posicionan como una opción premium en el mercado. Esto sugiere que existe un segmento de consumidores dispuesto a pagar más por un producto que ofrezca una mejor calidad y mayor valor nutricional. Por lo tanto, la harina de chontaduro puede ser atractiva para aquellos que buscan productos de alta gama, enfocados en la salud y el bienestar, destacándose por encima de la competencia que ofrece productos de menor costo, pero con menos calidad.

3.2.2. Análisis del entorno

El Análisis DOFA es una herramienta estratégica que identifica Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de un proyecto o sector, proporcionando una visión clara para la toma de decisiones. Este análisis es una herramienta clave para el análisis del entorno de este proyecto de la harina de chontaduro, ya que permite entender su potencial en el mercado, las áreas a mejorar y los riesgos a enfrentar, ayudando a diseñar estrategias más efectivas para su posicionamiento.

Las Fortalezas de la harina de chontaduro radican principalmente en su alto valor nutricional. Es rica en proteínas, fibra, carbohidratos y vitaminas, lo que la convierte en una alternativa saludable frente a otras harinas más convencionales [14]. Además, su versatilidad permite que se utilice en diversos productos alimenticios, como panes, galletas o productos energéticos, lo que amplía su atractivo para diferentes tipos de consumidores. La conexión del chontaduro con la cultura del Pacífico colombiano también otorga un valor añadido, ya que apela a consumidores que buscan alimentos con identidad local y sostenibilidad. Sin embargo, las Debilidades que enfrenta son importantes. El producto aún es relativamente desconocido en el mercado masivo, lo que limita su aceptación y demanda. Además, la producción de harina de chontaduro no cuenta con la infraestructura adecuada para una industrialización a gran escala, lo que eleva los costos y reduce su capacidad para competir con otras harinas más establecidas como la de trigo o maíz. La falta de estandarización en los procesos de producción también puede afectar la consistencia y calidad del producto, lo que es crítico para entrar a mercados más exigentes.

En términos de Oportunidades, el mercado global está experimentando una creciente demanda de productos naturales, libres de gluten y más saludables. Esta tendencia brinda una ventana ideal para que la harina de chontaduro se posicione como una alternativa en estos nichos de mercado. Además, existe un gran potencial para la diversificación de productos derivados de esta harina, lo que permitiría crear nuevos productos como barras energéticas, galletas o mezclas para batidos, ampliando su alcance en el mercado. También, la posibilidad de exportación a mercados internacionales interesados en alimentos exóticos y saludables es una oportunidad clave para el crecimiento del producto. [15]

Por otro lado, las Amenazas incluyen la fuerte competencia de otras harinas alternativas que ya están bien posicionadas en el mercado, como la de quinua, almendra o arroz, que cuentan con un reconocimiento más consolidado entre los consumidores. Además, el desconocimiento general sobre la harina de chontaduro y su limitada presencia en los canales comerciales puede dificultar su crecimiento. También, la falta de infraestructura adecuada para el procesamiento y distribución en las regiones productoras puede generar problemas de oferta que afecten su sostenibilidad en el mercado (ver figura 6).



Figura 6. Matriz DOFA [28].

Como bien se puede apreciar en la matriz DOFA el producto en cuestión (Harina de chontaduro) presenta fortalezas clave como sus diferentes formas de uso, el alto valor nutricional que aporta esta gracias a su fruto base, y la capacidad de poder aprovechar el mercado saludable, sin embargo, este producto posee algunas debilidades, y es que, al ser un producto con una alta tasa de valor agregado, tanto su precio final como costo de producción son muy altos, a lo que desencadena una baja visibilidad

de este en un mercado más global; por otro lado este producto presenta oportunidades altas en el mercado de productos exóticos al ser conocido por sus propiedades afrodisíacas, y posibilidades altas en la exportación del producto. A pesar de esto se deben abordar amenazas como la competencia de alternativas y diferentes tipos de harinas que ahondan en el mercado, y el desconocimiento del consumidor y la falta de infraestructura para asegurar su éxito en el mercado.

La estrategia debería centrarse en potenciar las fortalezas y aprovechar las oportunidades mientras se trabaja en superar las debilidades y reducir los riesgos de las amenazas.

3.2.3. *Análisis del sector*

A nivel nacional, la producción y comercialización de harina de chontaduro es llevada a cabo principalmente por microempresas que emplean procesos predominantemente artesanales. Tras un análisis exhaustivo de la competencia en el sector de la producción de harina, se ha evidenciado que solo unas pocas empresas cuentan con la capacidad productiva necesaria para cubrir siquiera la región suroccidental del país, siendo la empresa ZIVI uno de los pocos ejemplos que reciben pedidos especiales a nivel nacional. Aunque inicialmente el producto tiene un alcance competitivo similar al de otras empresas, la diferencia clave en el proceso de comercialización radicaría en la expansión hacia la industria alimentaria, tanto como materia prima como producto terminado, y en su inclusión en cadenas de supermercados. Adicionalmente, la formalización de las zonas de cultivo y la implementación de un sistema de producción estandarizado mejorarían significativamente la competitividad. En cuanto al mercado de harinas en general, existen numerosos competidores cuyas diferencias se manifiestan en los métodos de producción, precios, aplicaciones finales y, sobre todo, en el valor nutricional de los productos, aspectos que serían abordados en un análisis de mercado más profundo.

Desde la perspectiva de proveedores, inicialmente se trabajaría con la asociación Agroinnova, la cual, a través de Asopalmar, involucra a 230 familias productoras en San José del Palmar. No obstante, a lo largo del Pacífico colombiano existen otras asociaciones, como Asochón en el departamento del Putumayo, cuya integración en la cadena de suministro podría ser estratégica. Esta colaboración permitiría expandir la red de proveedores, fomentando una articulación efectiva entre las zonas productoras del sur del país. Además, el chontaduro (*Bactris gasipaes*), con un origen probable en la cuenca occidental de la Amazonía, no se limita solo a Colombia. Actualmente, su cultivo también se extiende a países como Perú, Brasil, Ecuador, Venezuela, Bolivia, Panamá y Costa Rica, lo que genera oportunidades para la diversificación de proveedores [16]. Estas regiones ofrecen ventajas competitivas en términos de costos de producción y acceso a mercados especializados. Sin embargo, a pesar de su potencial, el chontaduro sigue siendo un producto relativamente nicho en el mercado global, que no está consolidado como otros productos tropicales.

El análisis de Porter, también conocido como el modelo de las cinco fuerzas, es una herramienta estratégica que ayuda a evaluar la competitividad de una industria y entender la dinámica del mercado, en este se plantean que las amenazas de nuevos competidores son bajas a moderadas en este sector debido a que el mercado es aún un joven, pero su expansión y la mejora en la producción podrían atraer a nuevos productores. El poder de los proveedores es moderado, ya que las asociaciones locales son clave, pero la posibilidad de diversificar la cadena de suministro con otros países reduce su influencia. Por otro lado, el poder de negociación de los clientes es moderado a alto, ya que existen muchas alternativas de harinas, aunque el chontaduro puede ganar ventaja si resalta sus beneficios nutricionales. La amenaza de productos sustitutos es alta, con harinas bien establecidas como la de trigo y avena compitiendo en el mercado, lo que pone presión en la diferenciación del chontaduro. Finalmente, la rivalidad entre competidores es baja a moderada, dado que pocas empresas operan en este sector, pero se espera un aumento en la competencia a medida que se amplíe el mercado y las empresas crezcan (ver figura 7).

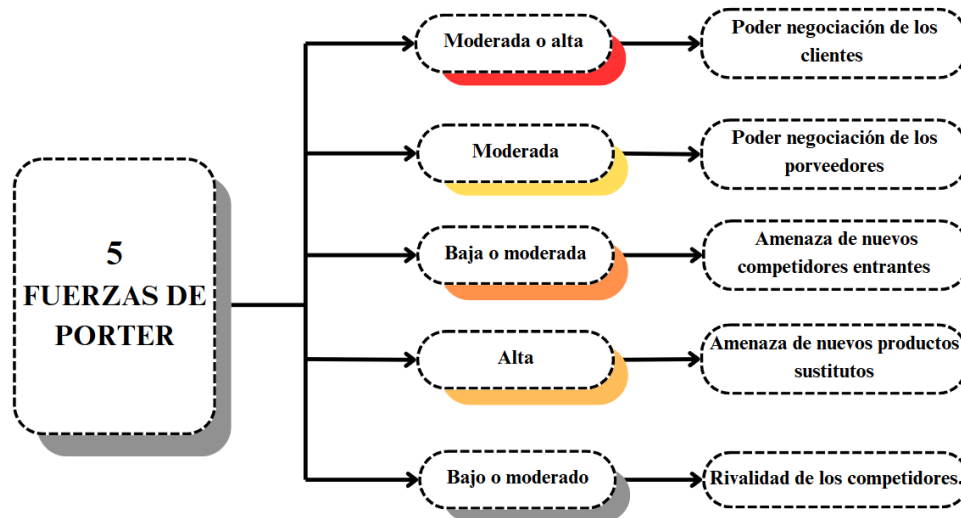


Figura 7. Diagrama de 5 Fuerzas de Porter [28].

3.3. Análisis de oportunidad

- **Producto**

La harina de chontaduro se destaca por su excepcional composición nutricional, ya que es rica en proteínas, fibra y una amplia gama de minerales esenciales como calcio, fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro y azufre. Además, contiene ácidos grasos esenciales como omega-6 y omega-9, así como ácidos grasos saturados y poliinsaturados, lo que le confiere un perfil nutricional muy completo. En cuanto a su calidad, comparada con otras harinas como la de trigo, avena o garbanzo, la harina de chontaduro sobresale por su equilibrado contenido de macronutrientes y su alta concentración de compuestos fenólicos, que aportan beneficios antioxidantes significativos, dándole una ventaja adicional en términos de salud y bienestar.[17]. Estas propiedades ofrecen múltiples beneficios para la salud como lo son el fortalecimiento de huesos y el sistema nervioso gracias a sus minerales, apoya la salud cardiovascular con sus ácidos grasos omega-6 y omega-9, y con sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que ayudan a prevenir enfermedades crónicas (ver tabla 5). Además, mejora la digestión por su fibra y favorece la hidratación en climas cálidos, en la siguiente tabla se evidencian la descripción del producto y sus presentaciones (ver anexo 4).

Tabla 5. Presentación de producto [28].

	PRODUCTO	PRESENTACIÓN	DESCRIPCIÓN	TAMAÑO	POTENCIALES COMPRADORES
1	Harina de Chontaduro		Harina de chontaduro en presentación de 250 g	250 g	Consumidores individuales, tiendas de abarrotes, cafeterías y mercados locales.
2					

	Harina de Chontaduro		Harina de chontaduro en presentación de 500 g	500 g	Cocineros caseros, panaderías pequeñas, tienda de alimentos saludables, restaurantes pequeños y catering.
3	Harina de Chontaduro		Harina de chontaduro en presentación de 1000 g	1000 g	Panaderías y pastelerías, restaurantes, fabricantes de productos horneados y distribuidor de alimentos.

- **Precio**

Teniendo en cuenta que, para abarcar el mercado anteriormente nombrado, es necesario tener un acercamiento con respecto a los precios y sus cantidades respectivamente. Por esta razón se plantea una encuesta (ver figura 8) con la disposición de una muestra poblacional con respecto al precio que consideran pertinente para comprar la harina como se muestra en su totalidad en el anexo 5 (ver anexo 5).

¿Cuánto estarías dispuesto a pagar por la harina de chontaduro de 500 g?

Teniendo en cuenta que esta es una harina de alto valor nutricional, alto en proteína, en fibra y micronutrientes, en comparación con otras harinas que hay en el mercado, ejemplo: harina de almendra, valor: 35.900.

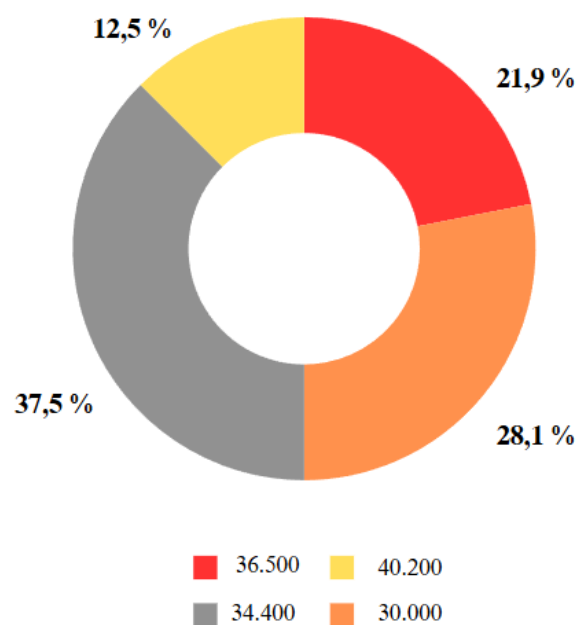


Figura 8. Resultados de encuesta (Precio) [28].

Los resultados de la encuesta indican que la mayoría de los participantes estarían dispuestos a pagar 34,400 pesos por la presentación de 500 gramos de harina de chontaduro. Dado que este es un mercado inexplorado en la región del Chocó, su implementación puede enfrentar desafíos, especialmente en esta etapa inicial de desarrollo del sistema productivo. Por ello, se propone un precio ligeramente superior al que los encuestados consideran ideal, fijándose en 37,000 pesos, con el fin de solventar las dificultades iniciales y garantizar la viabilidad del proyecto.

El objetivo de las encuestas era determinar los precios mínimos que se pueden manejar para que estos productos resulten igualmente atractivos frente a las harinas convencionales. Esto es especialmente importante, ya que las harinas elaboradas a base de frutos suelen tener precios significativamente más altos. Por ejemplo, las harinas de almendra o coco alcanzan un precio promedio de 28,000 pesos en su presentación de 500g. Los precios varían dependiendo la presentación del producto, lo cual aumenta la dificultad para establecer un precio teniendo solo en cuenta la opinión obtenida por la encuesta realizada. Sin embargo, es un punto de comparación teniendo en cuenta que las harinas existentes de chontaduro existentes en el mercado con valores que oscilan entre los 30.000 COP a 48.000 COP para 500g de producto.

• Plaza

Considerando la ubicación estratégica de las fincas asociadas a Asopalmar, situadas en el sur del departamento del Chocó, la plaza comercial de este producto a corto y mediano plazo estaría dirigida a sectores de la industria de alimentos que involucren la harina como materia prima, tiendas, supermercados, panaderías, heladerías artesanales y restaurantes en el departamento del Chocó y el Valle del Cauca. En este último, teniendo en cuenta la proximidad con el municipio de Cartago Valle, se convierte en un punto clave para el comercio en la región, ofreciendo una oportunidad crucial para la expansión del mercado.

Además, dada la demanda y el comercio existente del fruto en la región del Pacífico colombiano, se proyecta la plaza hacia tiendas naturistas, la industria de suplementos alimenticios, cadenas de supermercados con fuerte presencia regional, cafeterías, restaurantes y mercados especializados en alimentos saludables, libres de gluten. Asimismo, plataformas de entrega de comidas pueden representar otro canal de venta. Dependiendo de la capacidad productiva en la región, el objetivo a largo plazo sería abarcar el mercado a nivel nacional. Para la comercialización de un producto enfocado en la innovación alimentaria, que se presenta como una alternativa a otros productos procesados disponibles en el mercado, es fundamental destacar su alto valor nutricional, derivado de ingredientes del Pacífico colombiano. Este enfoque permite posicionarlo como una opción atractiva para el consumo consciente y saludable.

El crecimiento en la demanda de productos con mayor valor nutricional, que puedan reemplazar opciones menos saludables, está alineado con la tendencia hacia el consumo consciente y la sostenibilidad. Esto, a su vez, impulsará la economía regional. La implementación de una estrategia de marketing que resalte las propiedades nutricionales y las diversas aplicaciones de este producto en la industria alimentaria es esencial. De este modo, la plaza comercial se convierte en un espacio clave para atraer a consumidores interesados en prácticas innovadoras y responsables en la alimentación humana, expandiendo su alcance a nivel macro.

4. Objetivos

4.1. Objetivo principal

- Diseñar un sistema de producción para el procesamiento de la materia prima no aprovechada en las cosechas de chontaduro provenientes de las fincas ubicadas en el corregimiento de Puerto Palmar, departamento del Chocó.

4.2. Objetivos específicos

- Definir los procesos productivos requeridos mediante la evaluación con principios de diseño de operaciones de diferentes métodos de producción (molienda, secado, etc.) para incrementar el porcentaje de aprovechamiento de la materia prima.
- Desarrollar el diseño detallado del sistema de producción mediante análisis de capacidad, flujos de procesos y distribución de planta para definir la capacidad de producción, el flujo de materiales y la disposición de equipos.
- Evaluar la viabilidad financiera, ambiental y social del sistema de producción, mediante modelos financieros, analíticos o de simulación de operaciones, para estimar el impacto en los KPI's del proyecto.

5. Revisión De Literatura

La revisión de literatura es un análisis crítico y sistemático de los estudios previos realizados en torno a un tema de investigación específico. Su objetivo es identificar, analizar y sintetizar la información más relevante disponible en el área de estudio, con el fin de proporcionar un contexto teórico sólido y actualizado para el desarrollo del proyecto. Este proceso permite familiarizarse con los principales enfoques, metodologías y resultados obtenidos por otros investigadores, lo que facilita el establecimiento de un marco conceptual y comparativo para la investigación actual.

En el contexto de este proyecto, la revisión de literatura se enfoca en explorar los estudios previos relacionados con la transformación del chontaduro y otros productos agrícolas tropicales en derivados de mayor valor agregado, como la harina. Además, se analizan trabajos que abordan la viabilidad económica, las implicaciones sociales y ambientales, y las metodologías utilizadas para implementar sistemas productivos en áreas rurales. El propósito de esta revisión es identificar las mejores prácticas y herramientas metodológicas aplicables al diseño del sistema de producción de harina de chontaduro en el departamento del Chocó.

El chontaduro (*Bactris gasipaes*) ha sido un producto clave en la economía rural de la región del Pacífico colombiano, particularmente en el departamento del Chocó. Sin embargo, pese a su importancia, la falta de tecnologías adecuadas para su procesamiento y la limitada infraestructura han llevado a un su aprovechamiento del fruto, con altos niveles de desperdicio. La producción de harina de chontaduro se presenta como una solución viable para agregar valor al producto, mejorar la economía local y reducir las pérdidas. Esta revisión de literatura busca identificar estudios previos relacionados con la transformación de productos agrícolas en derivados de mayor valor, enfocándose en la aplicabilidad de dichas metodologías a la producción de harina de chontaduro.

Diversos estudios han investigado la producción de harinas a partir de frutos tropicales, con énfasis en la viabilidad económica, la sostenibilidad ambiental y los beneficios para las comunidades rurales. Un estudio clave en este ámbito es el análisis de factibilidad para la creación de una planta procesadora de harina de chontaduro, el cual exploró el impacto económico de transformar el fruto en un producto con un mayor valor agregado. El estudio concluyó que la producción de harina permite aumentar la vida útil del chontaduro, reduciendo las pérdidas durante las temporadas de cosecha y creando nuevas oportunidades comerciales tanto a nivel local como internacional.

Otro estudio relevante es el análisis de exportación de productos derivados del chontaduro, que se centró en identificar los mercados internacionales interesados en productos naturales y saludables. Este estudio destacó que los mercados europeos, especialmente los Países Bajos, están abiertos a la importación de productos que cumplan con estándares de sostenibilidad, lo que refuerza el potencial de la harina de chontaduro como un producto exportable. La creciente demanda por productos orgánicos y saludables en estos mercados representa una oportunidad clara para diversificar la oferta de derivados del chontaduro.

En cuanto a las metodologías para el aprovechamiento de subproductos agrícolas, varios estudios han demostrado que la implementación de tecnologías simples y accesibles es clave para asegurar la viabilidad de proyectos en zonas rurales. El uso de equipos de secado y molienda accesibles, así como la implementación de prácticas sostenibles, ha sido identificado como una estrategia efectiva para maximizar el rendimiento del fruto y garantizar la calidad del producto final. Estas metodologías son aplicables al sistema de producción propuesto para el Chocó, donde la infraestructura tecnológica es limitada.

Los estudios revisados coinciden en que el uso de tecnologías accesibles y el enfoque en la sostenibilidad son factores determinantes para el éxito de proyectos de transformación agrícola. En el caso de la producción de harina de chontaduro, los estudios muestran que la implementación de técnicas de bajo costo para el procesamiento del fruto puede generar un impacto positivo tanto en la viabilidad económica como en la sostenibilidad ambiental. Además, se ha demostrado que involucrar a las comunidades locales en el proceso productivo es esencial para garantizar el éxito del proyecto, ya que esto no solo mejora la economía local, sino que también promueve el desarrollo social.

Por otro lado, los estudios de exportación señalan la importancia de cumplir con los estándares de calidad y sostenibilidad requeridos por los mercados internacionales. El desarrollo de productos derivados del chontaduro, como la harina, no solo debe enfocarse en el mercado local, sino también en la creación de estrategias que permitan su comercialización en mercados globales, donde el consumo de productos saludables y sostenibles está en aumento.

La revisión de literatura revela que el chontaduro tiene un alto potencial para ser transformado en productos de mayor valor, como la harina, aprovechando tecnologías accesibles y prácticas sostenibles. Los estudios revisados proporcionan un marco sólido para el diseño de un sistema de producción de harina de chontaduro en el Chocó, mostrando que es posible replicar metodologías exitosas de otros proyectos agrícolas. La comparación de metodologías también sugiere que involucrar a las comunidades locales en el proceso productivo es fundamental para el éxito del proyecto, tanto desde una perspectiva económica como social. En conclusión, la propuesta de este proyecto se alinea con las mejores prácticas identificadas en los estudios anteriores y tiene el potencial de generar un impacto positivo en la región, impulsando la economía local y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

En el anexo que sigue, se presenta un resumen detallado de las fuentes consultadas para la revisión de la literatura. Se ha considerado cuidadosamente el origen de cada documento, sus objetivos principales, los resultados obtenidos y la relevancia que estos aportan al desarrollo del proyecto en curso. Esta recopilación busca no solo fundamentar el marco teórico, sino también ofrecer una visión clara del conocimiento disponible y su utilidad para apoyar el análisis y las propuestas que se están formulando en el proyecto actual. Cada fuente seleccionada ha sido evaluada en función de su calidad, pertinencia y contribución a los objetivos planteados (ver anexo 6).

II. DISEÑO CONCEPTUAL PRELIMINAR

Esta sección detalla las etapas técnicas para materializar el sistema productivo, desde la definición de requerimientos hasta la selección de alternativas de montaje. Se integran herramientas metodológicas como el árbol de objetivos y matrices morfológicas para asegurar que el diseño cumpla con criterios y restricciones adaptables al contexto local.

1. Requerimientos del cliente

Para desarrollar un sistema de producción eficiente que permita convertir Chontaduro en harina, se deben tener en cuenta varios objetivos y expectativas que reflejan las necesidades de los distintos grupos de interés involucrados. El objetivo del sistema es utilizar materias primas no utilizadas de los cultivos de Chontaduro en fincas locales para incrementar la economía regional y reducir o transformar los residuos en la producción de este producto.

Para el caso de este sistema de producción se utilizara la herramienta conocida como árbol de objetivos la cual permite descomponer el objetivo general, y los grupos de interés para determinar jerárquicamente la prioridad de los requerimientos para cada cliente (grupos de interés), esta herramienta nos ayuda a que el sistema satisfaga las necesidades del usuario final, adaptándonos a las condiciones sociales y económicas de la zona para garantizar que el producto final sea utilizable, relevante y sostenible.

La (Figura 9) muestra el árbol de objetivos del proyecto, mostrando cómo el objetivo principal se desglosa en los grupos de interés y posteriormente en los requerimientos específicos para satisfacer los requisitos de cada cliente.

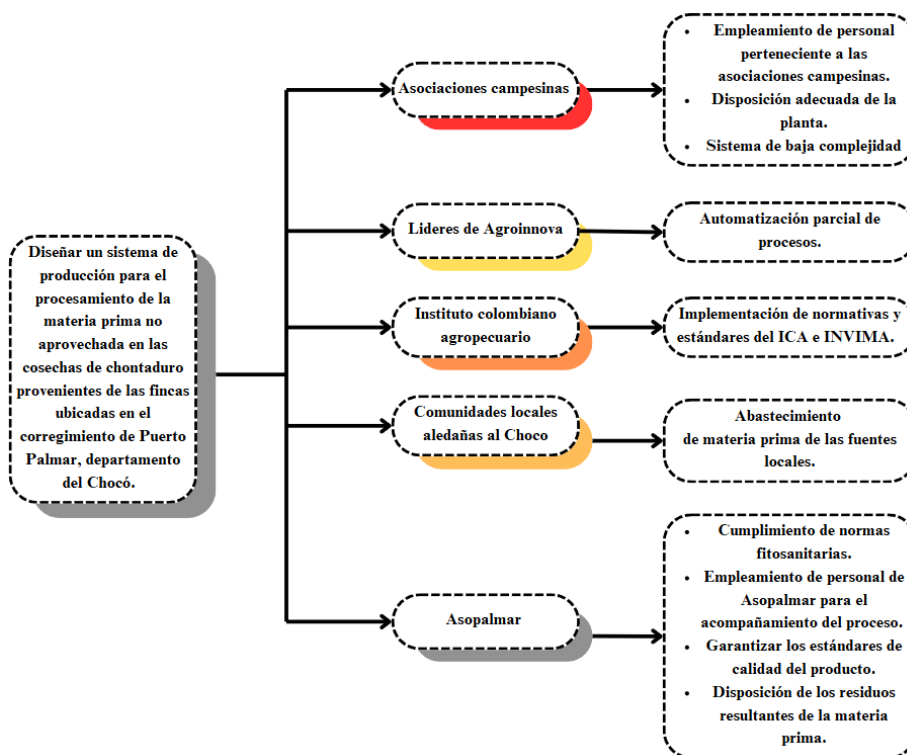


Figura 9. Árbol de objetivos [28].

2. Fijación de requerimientos del cliente

Para garantizar que el sistema productivo de harina de chontaduro sea eficiente, sostenible y cumpla con los objetivos financieros, proponemos un límite de inversión inicial de hasta 180 millones de pesos, estableciendo un presupuesto que permita mantener el proyecto dentro de un marco económico viable. Asimismo, hemos planteado un costo operativo mensual que no supere los 20 millones de pesos, lo cual consideramos esencial para asegurar la rentabilidad y alcanzar un retorno de inversión en un plazo de 5 años aproximadamente. Nuestro diseño también se ajusta a un espacio de 130 metros cuadrados, optimizando el flujo de trabajo y cumpliendo con los estándares de seguridad industrial. Con respecto a la capacidad productiva, planteamos una producción mensual de 20 toneladas de harina de chontaduro, con la posibilidad de aumentar esta capacidad en un 20% en respuesta a la demanda. Además, aseguramos que el sistema cumpla con la normativa nacional de seguridad alimentaria, garantizando así la calidad y seguridad del producto final para el consumidor.

3. *Restricciones de diseño (Factibilidad)*

El diseño del sistema de producción de harina de chontaduro enfrenta varias limitaciones que son fundamentales para asegurar su viabilidad y éxito. Estas restricciones no solo permiten controlar el alcance del proyecto, sino que también ayudan a ajustar las soluciones propuestas a las necesidades y realidades del cliente.

La inversión inicial deberá optimizarse para garantizar un retorno de inversión temprano, permitiendo a las asociaciones locales beneficiarse rápidamente de los resultados del sistema. Esta restricción económica también influye en la capacidad de expansión, ya que el proyecto dependerá de la capacidad de las asociaciones para financiar mejoras y mantener una operación sostenible.

Además, en lo social, el proyecto busca generar empleo local, priorizando a miembros de la comunidad de San José del palmar como madres cabeza de hogar y jóvenes en situación de vulnerabilidad. Sin embargo, uno de los principales desafíos es el impacto del ruido generado por el proceso de molienda, que podría ser una fuente de molestias si las instalaciones están cerca de áreas residenciales o sociales. Por lo tanto, será crucial ubicar la planta en un lugar estratégico, alejado de viviendas y centros comunitarios, para evitar conflictos con la comunidad.

Por otro lado, el impacto ambiental es una preocupación clave en el diseño del sistema. El proceso de secado del chontaduro, que utiliza grandes cantidades de energía, requiere un control estricto para minimizar el consumo de recursos y las emisiones. Además, los subproductos orgánicos, como las cáscaras y semillas, deben gestionarse de forma sostenible, buscando alternativas como su uso en biocombustibles o compostaje, en lugar de que se conviertan en desechos contaminantes. La ubicación de la planta también debe evitar áreas ambientalmente sensibles, asegurando que las emisiones y residuos no afecten la biodiversidad o los recursos hídricos locales.

En cuanto a la materia prima, el chontaduro es un fruto altamente estacional, lo que limita su disponibilidad a ciertos meses del año. Esto crea una restricción significativa en el flujo de producción, ya que el sistema no puede operar a plena capacidad durante todo el año. Para mitigar este problema, será necesario implementar soluciones de almacenamiento adecuadas, como cámaras de frío o deshidratación controlada, que permitan conservar la materia prima sin que esta se descomponga. También es importante considerar el abastecimiento de chontaduro de otras regiones o productores independientes durante las temporadas bajas para asegurar la continuidad del proceso.

Finalmente, desde el punto de vista técnico, el sistema debe ser diseñado de tal manera que su operación y mantenimiento sean simples, dado el nivel técnico limitado de la región. Las máquinas involucradas deben requerir un mantenimiento mínimo, y su operación debe ser lo suficientemente sencilla para que el personal local pueda manejarla sin dificultad. Además, el diseño debe permitir adaptarse a variaciones en la disponibilidad de la materia prima, asegurando que la producción pueda ajustarse fácilmente a los cambios en el suministro sin interrumpir la operación del sistema.

A continuación, se presenta una gráfica que detalla las especificaciones generales del diseño, destacando los elementos clave que aseguran la eficiencia, accesibilidad y adaptabilidad del sistema propuesto (ver figura 10)

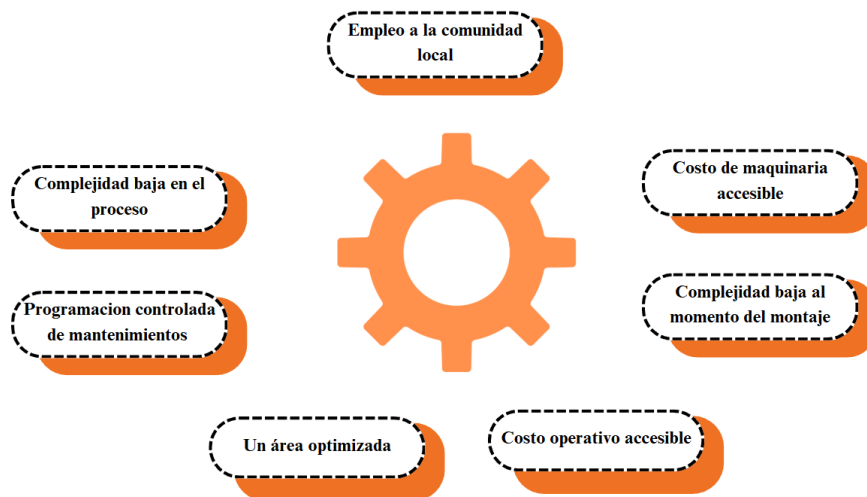


Figura 10. Requerimientos del diseño [28].

4. *Leyes, normas y estándares (Buenas prácticas)*

El diseño de un sistema productivo para la elaboración de harina de chontaduro está regido por diversas leyes, normas y estándares, tanto a nivel nacional como internacional, que deben ser cumplidos para asegurar su legalidad y sostenibilidad.

En primer lugar, el sistema deberá cumplir con las normativas colombianas sobre emisiones y gestión de residuos, como la Resolución 909 de 2008 sobre emisiones de gases y partículas. Esto garantizará que el impacto ambiental del proceso, especialmente en el secado y molienda, esté controlado y cumpla con los límites permitidos.[19] Además, el aprovechamiento de los subproductos, como las cáscaras y semillas, debe alinearse con normativas de uso sostenible de recursos naturales y gestión de residuos orgánicos, establecidas por la Resolución 1207 de 2014 sobre residuos orgánicos en la agroindustria.[20]

En cuanto a la seguridad alimentaria, la harina de chontaduro, al estar destinada al consumo humano, deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social, que regula los estándares sanitarios para productos que entran en contacto con alimentos.[21] Esto incluye controles rigurosos de calidad durante el procesamiento, almacenamiento y distribución del producto final, garantizando que la harina sea segura para el consumo y cumpla con las normas de inocuidad alimentaria.

A nivel internacional, será necesario cumplir con estándares como la ISO 22000, que regula los sistemas de gestión de seguridad alimentaria, y la ISO 14001, que establece requisitos para un sistema de gestión ambiental eficaz.[22][23] Además, se debe garantizar que el producto cumpla con la norma ISO 14855 para productos biodegradables, si se decide utilizar parte de los subproductos en la elaboración de empaques o productos complementarios.[24]

Desde el punto de vista laboral, el proyecto deberá seguir las normativas del Decreto 1072 de 2015 del Ministerio de Trabajo, que establece las condiciones de seguridad e higiene en el lugar de trabajo. Estas normativas asegurarán que el personal involucrado en la producción trabaje en condiciones seguras y que las instalaciones cuenten con las medidas necesarias para evitar accidentes laborales.[25]

El diseño de un sistema productivo para la elaboración de harina de chontaduro está regido por diversas leyes, normas y estándares, tanto a nivel nacional como internacional, que deben ser cumplidos para asegurar su legalidad y sostenibilidad.

A continuación, se presentarán otras normativas relevantes que complementan las leyes mencionadas previamente, abarcando aspectos fundamentales de protección ambiental, seguridad alimentaria y condiciones laborales. Estas regulaciones son esenciales

para asegurar que el sistema de producción de harina de chontaduro opere de manera eficiente, cumpliendo con los requisitos legales y técnicos necesarios para garantizar su sostenibilidad y seguridad.

1. Ley 99 de 1993: Establece las bases para la protección ambiental en Colombia, regulando el uso de los recursos naturales y el control de la contaminación.
2. Ley 1562 de 2012: Reforma el sistema de riesgos laborales en Colombia, protegiendo a los trabajadores frente a accidentes y enfermedades profesionales.
3. Decreto 1076 de 2015: Consolida las normativas sobre el uso de recursos naturales y control ambiental, aplicables a cualquier proceso que afecte el entorno natural.
4. ISO 14855: Método para medir la biodegradabilidad aeróbica de productos.
5. ISO 9001: Especifica los requisitos para gestionar la calidad de los procesos productivos.
6. Código Sanitario Nacional (Ley 9 de 1979): Ley marco de salud pública que incluye disposiciones sobre la producción y el control sanitario de alimentos, asegurando su inocuidad.
7. Buenas Prácticas de Manufactura (BPM): Normas que garantizan la higiene en la producción de alimentos, regulando el diseño de instalaciones y la manipulación segura de los productos.
8. NTC 4114: Regula la seguridad en la instalación y mantenimiento de maquinaria industrial.

5. Análisis funcional

A continuación, se describe el proceso productivo para la obtención de harina de chontaduro, detallando cada etapa clave, desde la recepción de la materia prima hasta el empaquetado final. Este análisis proporciona una visión integral del sistema productivo, explicando los requisitos técnicos necesarios en cada fase (Ver figura 11).

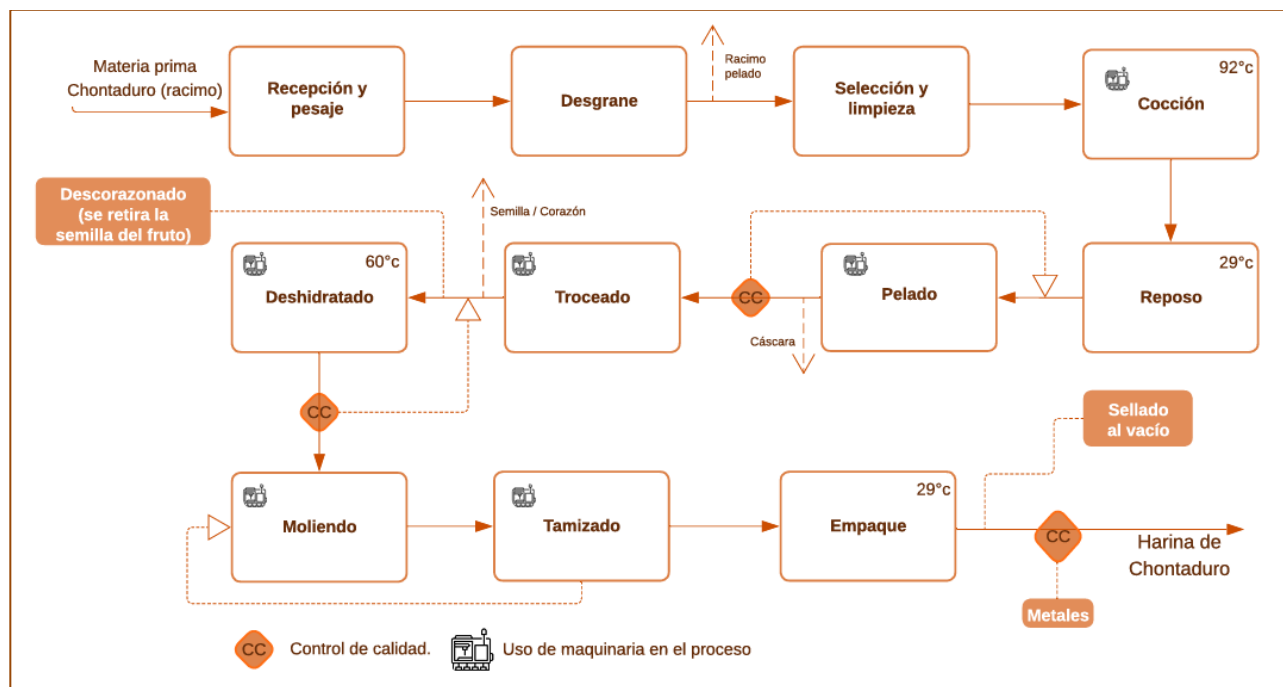


Figura 11. Cajas de análisis funcional del sistema productivo [28].

El proceso comienza con la recepción y pesaje del chontaduro en la planta, donde se descarga en un área acondicionada para grandes volúmenes y se registra su peso en básculas industriales, permitiendo llevar un control exacto de la materia prima. El personal verifica visualmente la calidad de los frutos para asegurar que cumplan con los estándares necesarios para el procesamiento. Luego, el chontaduro pasa a la fase de desgrane, en la cual se separan los frutos del racimo, eliminando restos no deseados y preparando los frutos para la siguiente etapa de selección y limpieza. En esta fase, se eliminan impurezas para garantizar que solo los frutos en buen estado avancen en el proceso; el lavado se realiza en mesa cóncava de acero inoxidable para su posterior selección y debe cumplir con normativas sanitarias para asegurar la inocuidad del producto.

Posteriormente, el chontaduro es sometido a cocción a 92°C por 45 minutos, un proceso que se lleva a cabo en marmitas industriales y permite suavizar la pulpa y eliminar microorganismos, con un control estricto de tiempo y temperatura para lograr una textura óptima del fruto. Tras la cocción, el chontaduro pasa por una fase de reposo hasta alcanzar los 29°C, enfriamiento que permite manejar el fruto de manera segura en la siguiente etapa de pelado, donde se retira la cáscara para dejar únicamente la pulpa. Esta cáscara se destina a compostaje o subproductos, promoviendo la sostenibilidad del proceso. Luego, en la etapa de troceado o triturado, la pulpa es partida en partes, dejando visible la semilla. Sin embargo, posterior a este proceso y de manera continua, se realiza el descorazonado, se extrae la semilla del fruto que ya se encuentra en trozos, obteniendo así una pulpa pura que asegura la calidad de la harina, teniendo en cuenta que este proceso se realiza a mano por un operador de la planta. Así el chontaduro troceado en partes facilita el deshidratado y la molienda posterior.

En el deshidratado, los trozos de chontaduro se someten a una temperatura de 60°C por 3 horas para reducir su humedad a un rango entre 15% y 20% de humedad, garantizando la estabilidad del producto; este proceso se realiza en secadores por convección industriales que mantienen una temperatura precisa, preservando las propiedades de la pulpa. Una vez deshidratado, el chontaduro seco se muele en molinos industriales hasta obtener una textura de harina fina y uniforme de 200 micras, cumpliendo con los requisitos de tamaño de partícula para el producto final. La harina es tamizada para asegurar una granulometría constante, eliminando cualquier partícula no deseada y mejorando la calidad del producto. Finalmente, la harina de chontaduro se empaca en condiciones controladas para evitar contaminación, empleando un sellado al vacío que protege el producto de la humedad y asegura su integridad durante el almacenamiento y transporte. A lo largo del proceso, se implementan puntos de control de calidad en etapas clave para asegurar que el producto cumpla con los estándares establecidos, garantizando así la consistencia y seguridad de la harina de chontaduro al final del proceso.

5.1. *Determinación de características de ingeniería*

Para garantizar la eficiencia, calidad y sostenibilidad en la producción de harina de chontaduro, es esencial definir con precisión las características de ingeniería del sistema productivo, así como fijar especificaciones de diseño. Estos elementos permiten asegurar que cada etapa del proceso cumpla con los objetivos planteados, alineándose con los requerimientos de los grupos de interés y optimizando el aprovechamiento de la materia prima. Los indicadores técnicos de desempeño (TPMs) se han establecido para monitorear y evaluar parámetros clave (ver tabla 6), como la capacidad de producción, la eficiencia en el proceso de molienda y el consumo energético. Estos TPMs proporcionan métricas específicas que facilitan la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones en tiempo real, permitiendo mantener un flujo de producción eficiente y alineado con los estándares de calidad requeridos [26].

Tabla 6. Indicadores técnicos de desempeño [28].

Indicadores	Valor Objetivo	Unidades	Descripción
Capacidad de producción	240	kg/día	Cantidad de harina de chontaduro producida por día.
Eficiencia del proceso de molienda	200	micras	Nivel de finura de la harina, medido en micras.

Reducción del desperdicio	80	por ciento	Porcentaje de chontaduro procesado en relación con el volumen total de la cosecha.
Consumo energético	62.28	kWh/día	Energía requerida diaria para todo el proceso de producción de harina de chontaduro.
Tiempo de procesamiento	654	minutos/día	Tiempo total desde la recepción del chontaduro hasta el envasado de la harina.
Balance de Materia	Entradas= Salidas	kg	Suma del producto final, subproductos y residuos iguale el peso de la materia prima ingresada, garantizando un flujo de masa sin pérdidas ni inconsistencias en el proceso productivo

La fijación de especificaciones o características de diseño se presenta en términos de valores específicos de TPMs, describiendo las capacidades y los requisitos de cada componente y proceso del sistema. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de cada etapa (ver tabla 7), desde la recepción de la materia prima hasta el empaqueo final del producto, asegurando que el diseño final cumpla con las características de desempeño previamente definidas. Herramientas de apoyo, como la matriz de relación requerimiento-característica, pueden ser empleadas para vincular los requerimientos del cliente con las características de diseño del sistema, facilitando una comprensión integral de cómo cada indicador contribuye a los objetivos del proyecto [27].

Tabla 7. Fijación de especificaciones [28].

Proceso	Especificación	Requisito	Indicador relacionado
Recepción y pesaje de la materia prima	Área de descarga con básculas industrial fija.	Precisión de $\pm 0.1\%$ en pesajes superiores a 500 kg.	Balace de Materia
procesoSelección y limpieza	Sistema de transporte con mesas de selección y equipos de limpieza.	Tina en acero 304, capacidad de 1000 litros.	Reducción del desperdicio.
Cocción	Marmita para cocción a 92°C, 45 min.	Capacidad de 1000 litros con control de temperatura 92°C.	Consumo energético
Pelado	Peladoras automáticas	Tasa de procesamiento de 10kg/min	Reducción de desperdicio
Molienda	Molino industrial de discos para obtener harina de 200 micras	Equipos con capacidad de molienda de 800 kg/h.	Eficiencia del proceso de molienda.
Secado	Horno de convección industrial con control de temperatura a 60°C	Reducción de humedad entre un 15% y 20% en un plazo de 710 kg cada 3 horas.	Consumo energético

6. Exploración de ideas y selección de alternativa

Después de definir los requerimientos tanto del cliente como del diseño para el sistema productivo de harina de chontaduro, se procedió a evaluar distintas alternativas que pudieran satisfacer estas necesidades. Para ello, se empleó una matriz morfológica (ver Tabla 8), que facilitó el desglose del proceso en sus funciones clave y la consideración de varias alternativas para cada etapa, teniendo en cuenta el uso de maquinaria o su operación de manera artesanal. Esta herramienta permitió organizar y visualizar las opciones de manera estructurada, combinando distintas alternativas para crear soluciones completas que respondieran a los objetivos del proyecto.

Tabla 8. Matriz morfológica [28].

Funciones	1. Montaje I	2. Montaje II	3. Montaje III	4. Montaje IV
Recepción y pesaje	Báscula industrial fija	Báscula portátil con plataforma	Báscula digital de alta precisión	Báscula con lector RFID para trazabilidad
Desgrane	Desgranadora mecánica	Desgranador manual	Desgranadora automática	Máquina combinada de desgrane y limpieza
Selección y limpieza	Mesas de selección manual con lavado en tina para limpieza	Cintas transportadoras con sistema de aire comprimido	Equipos de lavado por inmersión y cepillos rotativos	Lavadora de tambor rotativo
Cocción	Marmita Industrial 112 Litros A Gas	Marmita eléctrica ME9-10 BM. 220 L	Ollas industriales 250 L	
Pelado	Pelado manual	Máquina combinada de pelado y troceado	Peladora a vapor (pelado mediante presión de vapor)	Peladora automática de cilindros
Troceado y descorazonado	Troceadora de cuchillas	Troceadora de discos	Troceadora de rodillos	Troceado manual
Deshidratado	Secado al sol	Secadora de bandejas	Secadora con sistema de circulación de aire caliente	Secadora de túnel con control de humedad y temperatura
Pulverizado	Molino manual	Molino de martillos	Molino de discos para molienda fina	Molino de rodillos
Tamizado	Tamizado manual	Tamizadora vibratoria	Tamizadora centrífuga	Tamizadora de suelo vibratorio lineal
Empaque	Empaque manual con sellado térmico	Dosificadora y selladora industrial al vacío.	Empacadora automática con sistema de vacío	Empacadora con inyección de gas para aumentar la vida útil del producto

La Tabla 8 presenta las funciones principales del proceso productivo, junto con las alternativas de montaje identificadas para cada una. Estas alternativas incluyen opciones de maquinaria y métodos para funciones como recepción y pesaje, desgrane, selección y limpieza, cocción, pelado, troceado y deshuesado, deshidratado, pulverizado, tamizado y empaque. Cada columna representa una posible configuración de montaje (Montaje I a IV), que agrupa las soluciones seleccionadas para cada etapa del

proceso. Por ejemplo, en la etapa de cocción, el Montaje I propone una marmita industrial a gas de 112 litros, mientras que el Montaje III opta por ollas industriales de 250 litros, que ofrecen una mayor capacidad.

A partir de estas combinaciones de alternativas, se seleccionaron varias secuencias de montaje (ver Tabla 9), las cuales representan rutas específicas adaptadas a las necesidades de producción, con un enfoque en eficiencia, capacidad y recursos disponibles. Estas secuencias fueron elegidas las combinaciones más prometedoras, alineadas con las características técnicas y operativas del proyecto.

Tabla 9. Secuencia con alternativa seleccionada [28].

Alternativas	Secuencia
1	1.2, 2.2, 3.3, 4.1, 5.1, 6.2, 7.4, 8.4, 9.1, 10.3
2	1.1, 2.2, 3.1, 4.2, 5.4, 6.4, 7.3, 8.3, 9.1, 10.2
3	1.1, 2.2, 3.1, 4.2, 5.4, 6.3, 7.3, 8.3, 9.4, 10.2
4	1.2, 2.2, 3.3, 4.1, 5.1, 6.1, 7.2, 8.2, 9.2, 10.3

Para evaluar cuál de estas secuencias era la opción más adecuada, tuvo en cuenta criterios de selección que permitieran ponderar cada alternativa de acuerdo con los aspectos más relevantes para el éxito del proyecto. Los criterios considerados fueron: costo de maquinaria, costo operativo, aporte social, impacto ambiental, duración del proceso, mantenimiento, facilidad de operación, facilidad de montaje y optimización del área. A cada criterio se le asignó un peso específico (ver Tabla 10), en función de su importancia en el contexto de implementación de la planta de producción de harina de chontaduro.






Tabla 10. Selección de secuencia con criterios [28].






Criterio	Porcentaje	Montaje I	Montaje II	Montaje III	Montaje IV
Costo maquinaria	15%	2	2	2	2
costo operativo	20%	3	4	4	1
Aporte social	10%	1	2	2	5
Impacto ambiental	5%	1	5	3	1
Facilidad del proceso	15%	4	5	5	4
Mantenimiento	10%	5	5	5	2
Facilidad montaje	12%	5	2	2	5
Área optimizada	13%	2	3	4	2
TOTAL	100%	3.01	3.43	3.46	2.71

En la Tabla 10, se muestran las puntuaciones obtenidas por cada montaje en relación con los criterios establecidos. Cada montaje fue evaluado en cada criterio, y se multiplicaron las calificaciones por los pesos correspondientes. El Montaje III obtuvo la puntuación más alta (3,46), lo que lo posiciona como la alternativa más favorable para el proyecto. Esta opción fue seleccionada como la mejor alternativa para la producción de harina de chontaduro, ya que cumple de manera eficaz con los criterios técnicos planteados en el proyecto. Esta configuración permitirá implementar un proceso productivo sólido, alineado con los requerimientos del proyecto y las expectativas de los grupos de interés.

A continuación, la tabla presenta las funciones del proceso junto con el funcionamiento de cada etapa en el montaje, además de incluir la representación gráfica de la maquinaria y herramientas empleadas. Estas representaciones gráficas se basan en equipos ofrecidos por comercializadoras y fabricantes ubicados en la ciudad de Cali, Colombia, como Todo Aceros Del Valle y Depósito de Metales Gómez. Adicionalmente, algunas imágenes fueron obtenidas de plataformas de venta en línea como Alibaba y Mercado Libre, entre otras, teniendo en cuenta la utilización y especificaciones de las máquinas seleccionadas en cada proceso (ver tabla 11).

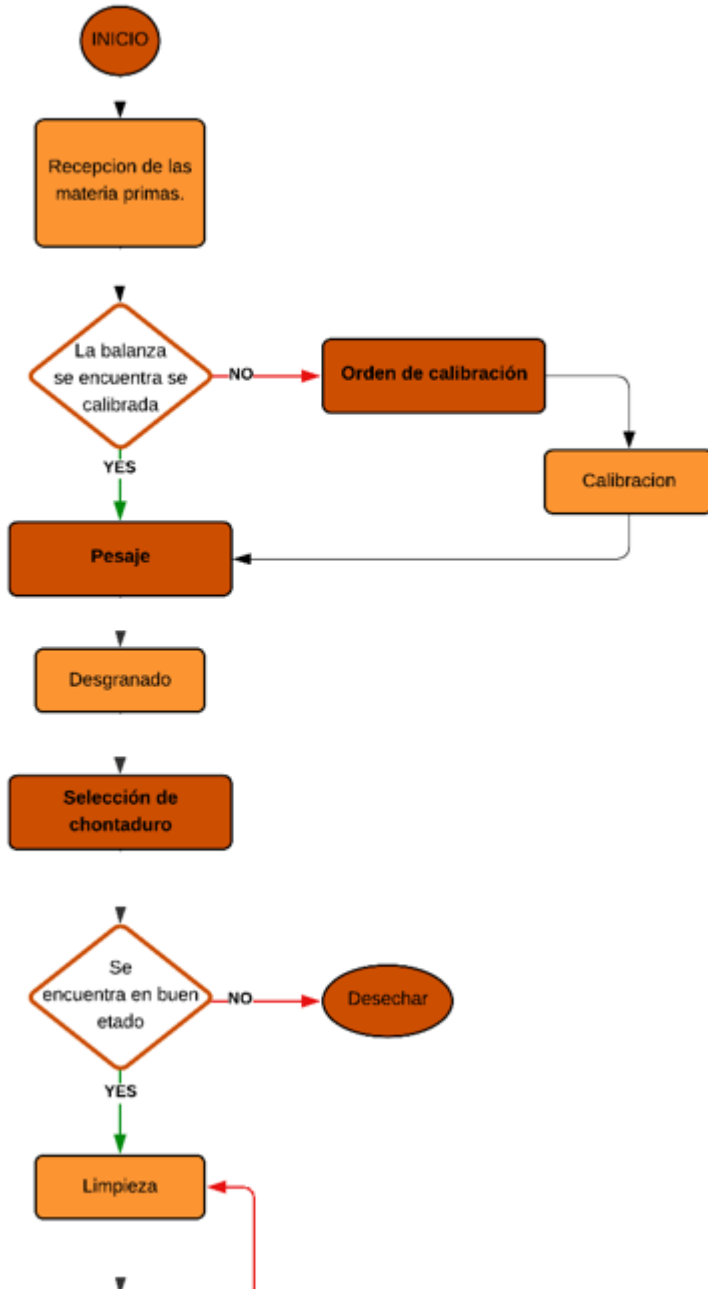
Tabla 11. Montaje seleccionado [28].

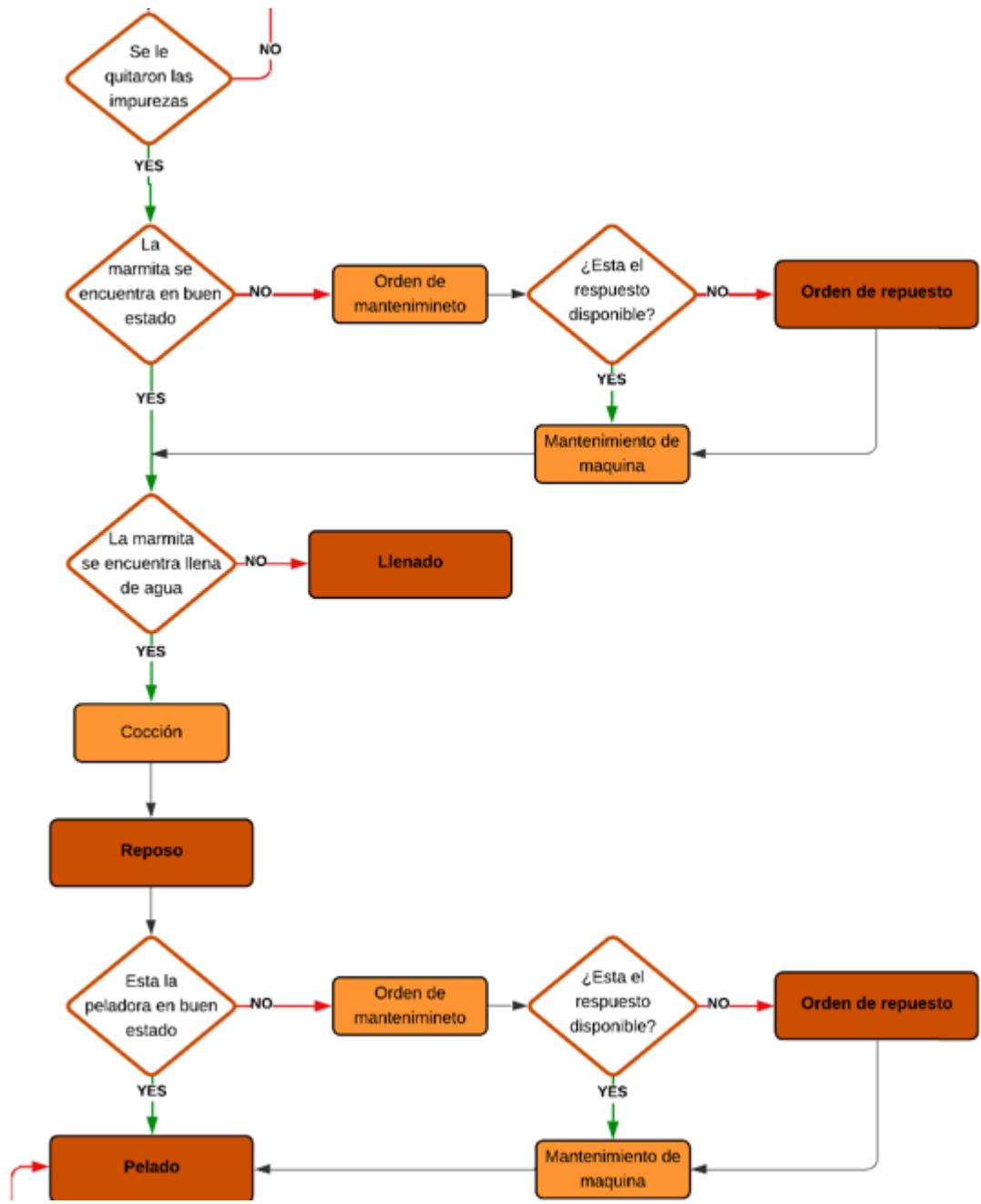
Funciones	Montaje III	Foto
1. Recepción y pesaje	Báscula industrial fija	 <p>[1]</p>
2. Desgrane	Desgranado manual	 <p>[2]</p>
3. Selección y limpieza	Mesas de selección manual con lavado en tina para limpieza	 <p>[3]</p>
4. Cocción	Marmita eléctrica ME9-10 BM. 220 L	 <p>[4]</p>
5. Pelado	Peladora automática de cilindros	 <p>[5]</p>

<p>6. Troceado y descorazonado</p>	<p>Troceadora de rodillos</p>	 <p>[6]</p>
<p>7. Deshidratado</p>	<p>Secadora con sistema de circulación de aire caliente</p>	 <p>[7]</p>
<p>8. Pulverizado</p>	<p>Molino de discos para molienda fina</p>	 <p>[8]</p>
<p>9. Tamizado</p>	<p>Tamizadora de suelo vibratorio lineal</p>	 <p>[9]</p>
<p>10. Empaque</p>	<p>Empacador a semiautomática con sellado hermético</p>	 <p>[10]</p>

7. Especificación del diseño preliminar

El proceso de producción de harina de chontaduro requiere una serie de etapas que garanticen la eficiencia del sistema y la calidad del producto final. En la figura a continuación (ver figura 12), se presenta el diagrama de flujo perteneciente al proceso de producción de harina de chontaduro.





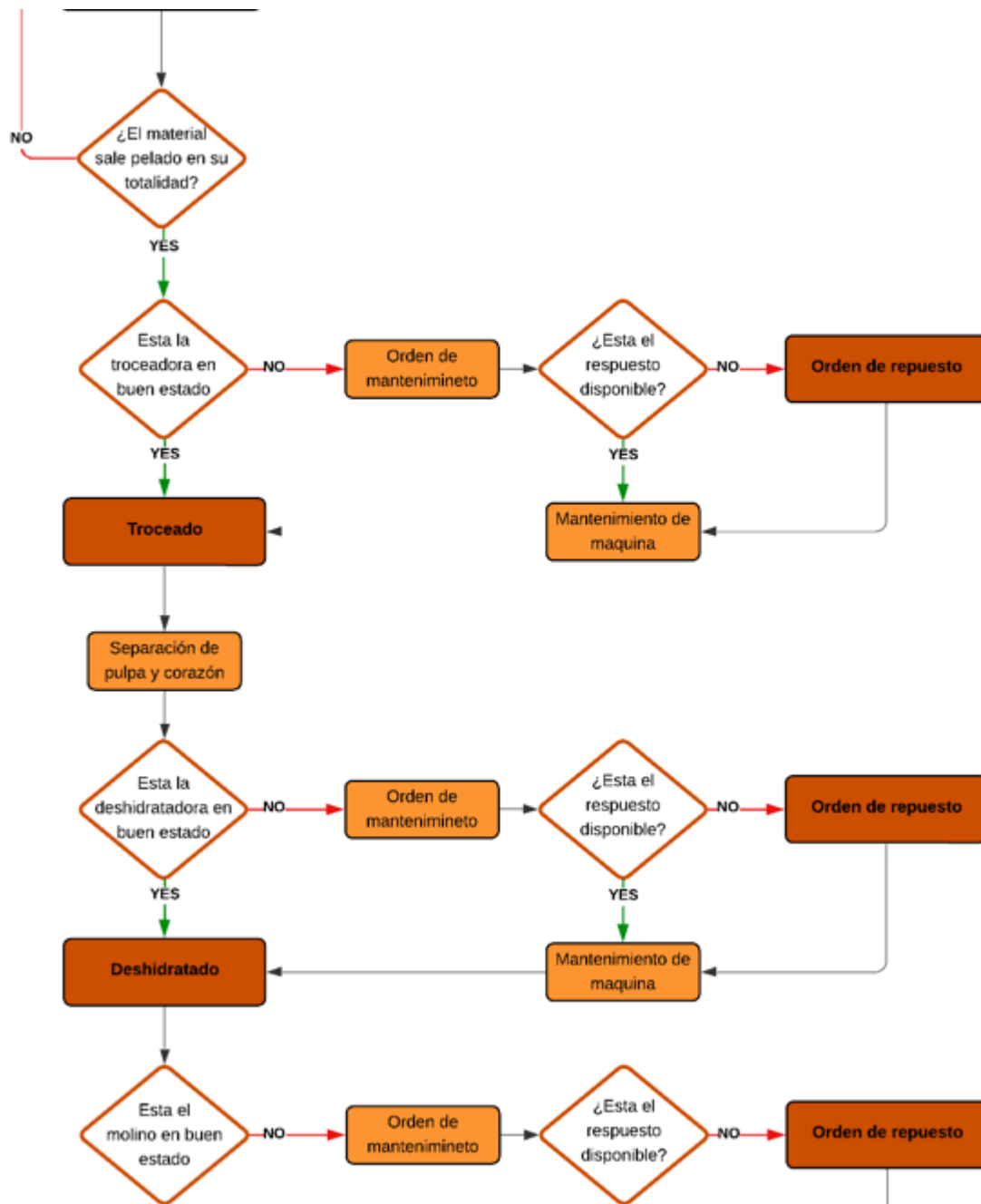




Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de producción de harina de chontaduro [28].

8. Plan de trabajo (PdT)

El plan de trabajo establecido permitirá estructurar las actividades correspondientes al proyecto, las cuales serán desarrolladas en la siguiente fase, bajo el curso de Proyecto de Diseño II. La Tabla XI presenta el desglose detallado de estas actividades, junto con su clasificación en el área IISE correspondiente (ver Figura 13), los entregables previstos y sus respectivas fechas de entrega (ver tabla 12). Además, en el [Anexo 6] se incluye el diagrama de Gantt, que proporciona una visualización temporal de las actividades del Plan de Trabajo.



Figura 13. Industrial and Systems Engineering Knowledge Areas [29].

Tabla 12. Plan de Trabajo [28].

Objetivos específicos	Area IISE	Herramientas de Ingeniería Industrial	Actividad	Entregable	Fecha de entrega
1. Definir los procesos productivos requeridos mediante la evaluación con principios de diseño de operaciones de diferentes métodos de producción (molienda, secado, etc.) para incrementar el porcentaje de aprovechamiento de la materia prima.	Product Design & Development	Ingeniería de diseño	Definir el árbol de objetivos para establecer el enfoque del sistema de producción	Árbol de objetivos	[ENTREGADO]
	Product Design & Development	Ingeniería de diseño	Definir requerimientos del cliente es en términos de calidad propiedades de la harina	Restricciones especificaciones y normas	[ENTREGADO]
	Product Design & Development	Ingeniería de diseño	Realizar el análisis funcional de los componentes del sistema productivo	Diagrama de análisis funcional	[ENTREGADO]
	Product Design & Development	Ingeniería de diseño	Definir los requerimientos de diseño para cumplir con las especificaciones de producción	Tabla de especificaciones del diseño	[ENTREGADO]
	Operations Research & Analysis	Matriz por puntuación de criterios	Seleccionar la alternativa de producción con el método más adecuado	Alternativa seleccionada para el sistema	[ENTREGADO]
2. Desarrollar el diseño detallado del sistema de producción mediante análisis de capacidad, flujos de procesos y distribución de planta para definir la capacidad de producción, el flujo de materiales y la disposición de equipos.	System Design % Engineering	Distribución de planta	Elaborar el diseño de la distribución física del sistema de producción	Plano de distribución del sistema	05/03/2025
	Work Design & Measurement	Análisis de movimientos	Determinar la ubicación óptima de los puestos de trabajo y analizar flujos de operaciones	Informe de análisis de movimientos	19/03/2025

	Safety	Seguridad y salud en el trabajo	Identificar riesgos asociados a cada operación y diseñar medidas de seguridad	Informe de seguridad	26/03/2025
3. Evaluar la viabilidad financiera, ambiental y social del sistema de producción, mediante modelos financieros, analíticos o de simulación de operaciones, para estimar el impacto en los KPI's del proyecto.	Engineering Economic Analysis	Análisis económico	Evaluar los costos de implementación y operación del sistema productivo	Estudio de viabilidad económica	02/04/2025
	Facilities Engineering & Energy Management	Análisis de impacto ambiental	Realizar una evaluación del impacto ambiental de los procesos operativos	Informe de impacto ambiental	02/04/2025
	Ergonomic & Human Factors	Análisis de impacto social	Evaluar el efecto en la comunidad y potencial de creación de empleos	Informe de impacto social	23/04/2025
	Operations Research & Analysis	Simulación de procesos	Simular el sistema productivo para evaluar sostenibilidad y eficiencia de recursos	Modelo de simulación	30/04/2025

III. DISEÑO DETALLADO

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, se definen los procesos productivos clave del sistema de producción de harina de chontaduro a partir del análisis de los flujos operativos planteados en el diseño preliminar (ver Figura 12). En esta etapa, se hace uso de herramientas de la ingeniería industrial como los principios de diseño de operaciones, con el fin de evaluar diferentes métodos tecnológicos de transformación, entre ellos la molienda, el secado y la tamización. La subsección presenta el desarrollo de la estructura del producto (BOM - Bill of Materials), los diagramas de flujo detallados y la selección de procesos, destacando cómo cada uno contribuye a mejorar el aprovechamiento de la materia prima, especialmente en temporadas de alta producción, reduciendo pérdidas y aumentando el rendimiento del sistema.

1. *Definición de los procesos productivos*

En el marco del diseño de un sistema de producción para la harina de chontaduro, el diseño de operaciones adquiere una relevancia crítica como componente estructural que permite transformar una idea agroindustrial en un sistema eficiente, adaptable y sostenible. Lejos de limitarse a una función racionalizadora, la gestión de operaciones en este proyecto se orienta hacia una visión estratégica que integra el análisis de procesos, el diagnóstico de pérdidas productivas y la alineación de la capacidad operativa con las exigencias del mercado. Este enfoque posibilita una respuesta ágil ante variaciones en la oferta del chontaduro y una mejor utilización de los recursos disponibles, mitigando así el desperdicio en un alto porcentaje de la cosecha que actualmente afecta al sector. Mediante una estructura organizativa bien definida, que promueva la participación de los operarios y garantice un flujo constante de información, se logra establecer un control efectivo de los procesos, desde la recepción del chontaduro hasta su pulverización y empaque. Además, la aplicación de herramientas como el balance de líneas, la programación de la producción y los indicadores clave de desempeño (TPMs) permite identificar cuellos de botella, optimizar el uso de las máquinas, y diseñar un sistema flexible y escalable. En conjunto, el diseño de operaciones no solo maximiza la eficiencia técnica del sistema, sino que actúa como un catalizador de valor para la cadena productiva del chontaduro, promoviendo el desarrollo económico regional, la reducción de impactos ambientales y la generación de empleo formal a partir del aprovechamiento de un recurso subutilizado.

2. *Caracterización del producto*

La harina de chontaduro es un producto derivado del procesamiento del fruto del mismo nombre, reconocido por su alto valor nutricional y su uso tradicional en diversas regiones de Colombia. Se presenta como un polvo fino de color anaranjado, obtenido a partir del secado y la molienda del fruto cocido. Su consumo está asociado a preparaciones como batidos, panes, tortas y otros productos de panadería y repostería, siendo una alternativa funcional y saludable frente a otras harinas convencionales. Su practicidad radica en su larga vida útil, facilidad de almacenamiento y versatilidad en la cocina. Generalmente, se comercializa en empaques de presentación estándar de 250 g, 500 g o 1000 g, adecuados para el consumo doméstico o institucional.

En el marco del diseño del sistema de producción, resulta indispensable establecer una estrategia que permita organizar eficientemente los procesos internos de la empresa. Para tal fin, se hace necesaria la implementación de un sistema de clasificación que facilite el control y seguimiento de los productos. En este contexto, la utilización de la lista de Unidades de Mantenimiento de Stock (SKU, por sus siglas en inglés) se constituye como una herramienta fundamental, al permitir una gestión ordenada y precisa del inventario. Dado que el presente proyecto contempla un componente significativo de diseño de producto, la figura a continuación (ver figura 14) incluye una representación de dicha lista, estructurada a partir de criterios como el tipo de producto, la cantidad de unidades, las dimensiones y el grado de finalización de este, aparte se puede apreciar la lista de sku (ver tabla 13) expresada por cada tipo de harina de chontaduro que resulta del proceso productivo de este producto con alto valor nutricional.

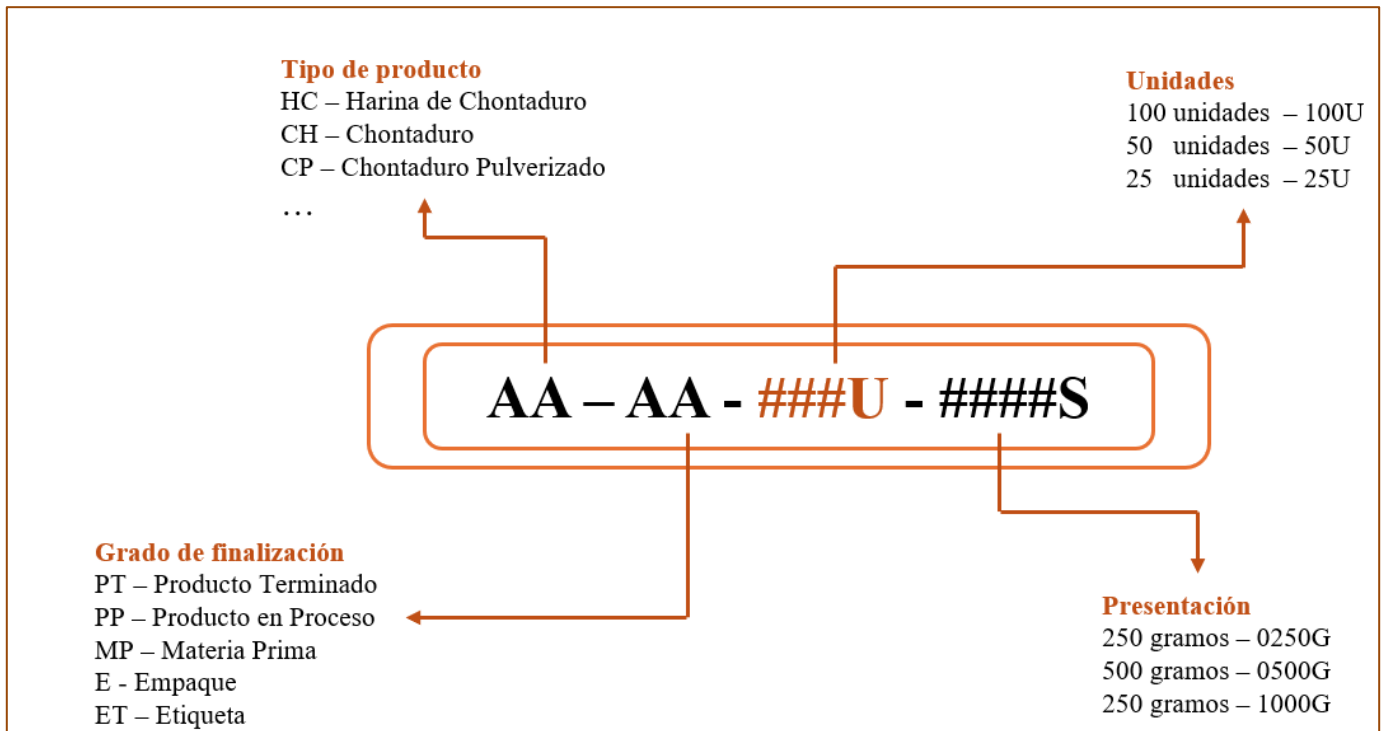


Figura 14. Estructura de códigos SKU

Tabla 13. Lista de SKU

Tipo de artículo	Presentación	Unidad de medida	Código
Producto	Harina de Chontaduro de 250 g X 100 paquetes	Gramos	HC - PP – 100U - 0250G
Producto	Harina de Chontaduro de 500 g X 50 paquetes	Gramos	HC - PP – 050U - 0500G
Producto	Harina de Chontaduro de 1 kg x 25 paquetes	Kilo gramo	HC - PP – 025U - 1000G

3. RM Cost (Costo de Materias Primas)

3.1. Análisis de costos de insumos y su impacto en la rentabilidad

En el marco del diseño del sistema productivo para la fabricación de harina de chontaduro, es fundamental considerar la estructura de costos de las materias primas, dado que estas representan un componente clave en la viabilidad económica del proyecto. El análisis detallado de estos costos permite evaluar el impacto de cada insumo en la rentabilidad del proceso, asegurando una gestión eficiente de los recursos y la optimización de la producción.

Desde esta perspectiva, los insumos necesarios para la producción de harina de chontaduro se han clasificado en tres categorías principales, considerando su impacto en el proceso y su incidencia en los costos operativos:

3.2. Materias primas esenciales

- Chontaduro entero: Insumo principal del sistema productivo, su disponibilidad y variabilidad en cosecha influyen directamente en la estabilidad de los costos de producción.
- Bolsas bio-orientadas de alta barrera: Elemento clave en la conservación del producto terminado, su función es prolongar la vida útil de la harina de chontaduro y garantizar su estabilidad en el almacenamiento y distribución.
- Etiquetas: Elemento indispensable para la trazabilidad del producto y cumplimiento normativo en el mercado, asegurando una correcta identificación y presentación comercial.

3.3. *Materiales auxiliares y operacionales*

- MP para seguridad y salud: Incluye cofias, delantales, guantes, tapabocas y gafas de protección, elementos esenciales para el cumplimiento de normativas sanitarias y de seguridad industrial en la planta de producción.
- MP para desinfección y limpieza: Comprende detergentes, desinfectantes, cepillos y una hidro lavadora, todos estos necesarios para mantener condiciones higiénicas en el área de producción y garantizar la inocuidad del producto final.

El análisis de costos de cada uno de estos insumos se lleva a cabo considerando la cantidad de compra, la periodicidad del abastecimiento y el rendimiento en el proceso productivo. A partir de esta evaluación, se establecerá el costo unitario por kilogramo de harina de chontaduro, permitiendo así una proyección financiera más precisa y alineada con los objetivos de rentabilidad del sistema productivo.

Para complementar el análisis económico del sistema de producción, se llevó a cabo un estudio detallado que integra todos los componentes relevantes del costo total. Este análisis incluyó la estimación de los costos de materia prima, así como los asociados a la maquinaria utilizada en cada etapa del proceso, los servicios públicos requeridos para la operación continua, las depreciaciones calculadas conforme a la vida útil de los activos, los costos de mantenimiento preventivo y correctivo, y la mano de obra involucrada en el sistema productivo. La totalidad de esta información ha sido organizada y documentada en el Anexo 8, donde se evidencian los valores y supuestos considerados para cada rubro. Además, en la siguiente tabla (ver tabla 14) se presentan los costos totales consolidados por cada una de estas categorías, permitiendo visualizar su participación dentro de la estructura general de costos.

Tabla 14. Costos

COSTO TOTAL UNITARIO MENSUAL	
Representación	Costos
Costos de Materia prima	\$ 10.272.000,00
Costos de Insumo	\$ 1.449.190,00
Mano de obra directa	\$ 6.331.650,00
Consumo energético	\$ 1.431.343,08
Depreciaciones	\$ 129.518,00
Mantenimiento	\$ 895.250,00
Servicios de agua	\$ 219.280,00
TOTAL	\$ 20.728.231,00

A continuación, en la siguiente tabla (ver tabla 15) se presenta el cálculo del costo unitario por cada presentación de la harina de chontaduro, lo cual permite evaluar la rentabilidad del proyecto y tomar decisiones estratégicas para su implementación en el mercado objetivo.

Tabla 15. Costos unitarios por presentación

Presentaciones	Presentaciones Costo unitario
1 kg	\$ 18,051.00
500 g	\$ 12,893.57
250 g	\$ 6,446.79

En base en los costos unitarios establecidos para cada presentación de la harina de chontaduro, se propuso un nuevo precio de venta que incorpora un margen de ganancia del 50% como se muestra en la siguiente tabla (ver tabla 16).

Tabla 16. Precio de venta por presentación

Margen de ganancia	50%
Precio de venta por presentación	
1 kg	\$ 27,076.50
500 g	\$ 19,340.36
250 g	\$ 9,670.18

Esta decisión estratégica no solo garantiza la rentabilidad del sistema productivo, sino que también permite proyectar un flujo de ingresos que facilite mejoras progresivas en la eficiencia del proceso. Dicho margen está pensado para sostener una política de reinversión constante, orientada al fortalecimiento de la capacidad operativa, la implementación de tecnologías más limpias y la mejora continua en la calidad del producto final. Este enfoque asegura la sostenibilidad económica del modelo a mediano y largo plazo, al tiempo que consolida su posicionamiento en el mercado objetivo.

4. *RM Character (Características de Materias Primas)*

4.1. *Especificación de requerimientos técnicos y de Calidad*

El aseguramiento de la calidad de las materias primas en el proceso de producción de harina de chontaduro es un factor determinante para garantizar la eficiencia operativa y la inocuidad del producto final. Para eso, es necesario establecer criterios que permitan controlar las propiedades físicas y químicas de cada materia prima, minimizando el riesgo de variabilidad o inconformidad en la producción y asegurando el cumplimiento de normativas de calidad.

Desde esta perspectiva, se han identificado los siguientes requerimientos técnicos esenciales:

Chontaduro entero: Materia prima principal del sistema, debe cumplir con especificaciones rigurosas en términos contenido de humedad y frescura. Para garantizar estos parámetros, se implementará un protocolo de inspección en el ingreso a planta, lo que permitirá controlar la calidad del insumo antes de su procesamiento.

Bolsas bio-orientadas de alta barrera: Su estructura debe proporcionar una alta resistencia a la humedad y al oxígeno, preservando la frescura y estabilidad de la harina durante su almacenamiento y distribución.

MP para desinfección y limpieza: Se emplearán productos certificados para la industria alimentaria, asegurando la eliminación de contaminantes sin afectar las propiedades fisicoquímicas del producto. Estos insumos serán seleccionados en función de su compatibilidad con las superficies de contacto y su efectividad en la eliminación de microorganismos.

De igual manera como parte del control de calidad, se incorporará un sistema de detección de metales, cuya función será identificar partículas extrañas que puedan afectar la pureza del producto final. Esta medida contribuirá al cumplimiento de estándares de seguridad alimentaria, garantizando que la harina de chontaduro cumpla con los requisitos exigidos para su comercialización.

4.2. Asegurar compatibilidad con el proceso productivo

Para evitar interrupciones en la producción y asegurar un flujo continuo del proceso, es fundamental que cada materia prima cumpla con los requisitos de compatibilidad técnica y operativa. En este sentido, se han identificado los siguientes aspectos críticos:

Compatibilidad con el proceso de secado y molienda: La humedad del chontaduro debe ser controlada antes de su ingreso a la etapa de molienda para evitar obstrucciones en los equipos y garantizar una granulometría homogénea en la harina obtenida. Se establecerá un límite de contenido de humedad máximo del 12%, asegurando que el material cumpla con las condiciones óptimas para su transformación.

Durabilidad de empaques en el almacenamiento: Las bolsas de alta barrera deben ser resistentes a las condiciones ambientales del área de almacenamiento y transporte, evitando alteraciones en la calidad del producto. Se seleccionarán materiales con certificaciones de resistencia mecánica y barrera a la humedad.

Condiciones de seguridad e higiene: Se implementarán protocolos de uso de equipos de protección personal (EPP) para el personal operativo, incluyendo cofias, guantes, tapabocas y delantales, reduciendo el riesgo de contaminación cruzada en el proceso.

Con el propósito de organizar y documentar de manera clara la información básica de cada insumo utilizado en el sistema productivo de harina de chontaduro, se han elaborado fichas técnicas para cada una de las materias primas. Estas fichas contienen datos fundamentales como el nombre del material, su uso específico dentro del proceso, el proveedor designado, el código interno de identificación y el precio unitario de adquisición. Esta herramienta de gestión facilita el control interno de inventarios, la trazabilidad de los insumos y la estandarización de las compras, permitiendo una mayor eficiencia en el manejo operativo y logístico del sistema. A continuación, se presentan las fichas técnicas correspondientes a las materias primas utilizadas.

Tabla 17. Ficha técnica bolsa bio orientadas

Ficha técnica Bolsas bio orientadas al vacío	
Materia prima: Bolsas bio-orientadas al vacío de 250-500-1000 gr	
Código: BB-MP-01-1000G	
Uso:	
Conserva productos deshidratados, protege contra humedad y oxígeno, ideal para envasado al vacío	
Material: Pet Metalizada	
Proveedor: Bolsas SAS	
Precio x und 1000gr	\$ 1.200,00
Precio x und 500gr	\$ 1.000,00
Precio x und 250gr	\$ 800,00




Tabla 18 Ficha técnica cofia


Ficha técnica Cofia	
Materia prima: Cofia desechable Código: CD-MP-100-G	
Uso: Previene la contaminación del producto al retener cabellos, asegurando higiene en el proceso.	
Material: Polipropileno	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$15.228 x 100 und	

Tabla 19 Ficha técnica etiqueta


Ficha técnica Etiqueta	
Materia prima: Etiqueta Código: ET-MP-01-G	
Uso: identifica y promociona la harina de chontaduro, brindando información clave como el nombre del producto, origen, peso, y fecha de vencimiento	
Material: BOPP (Polipropileno Biorientado):	
Proveedor: Bolsas SAS	
Precio: COP\$ 100 x Und	

Tabla 20 Ficha técnica chontaduro


Ficha técnica Chontaduro	
Materia prima: Chontaduro entero Código: CH-MP-00-G	
Uso: Es la materia prima principal del sistema de producción. Se utiliza para obtener la pulpa, que luego es sometida a diferentes procesos para transformarse en harina.	
Material: Natural	
Proveedor: Fincas de san jose del palmar	
Precio: COP\$ 0	

Tabla 21. Ficha técnica guantes


Ficha técnica Guantes	
Materia prima: Guantes para manipulación de alimentos Código: GT-MP-100-G	
Uso: Previene la contaminación del producto en la manipulación del mismo, asegurando higiene en el proceso.	
Material: Nitrilo	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$38.000 x 100 und	

Tabla 22. Ficha técnica delantal


Ficha técnica Delantal	
Materia prima: Delantal industrial Código: DL-MP-01-G	
Uso: Protege al operario y al producto de contaminantes, garantizando higiene y seguridad en el proceso.	
Material: PVC	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$18.000 x 1 und	

Tabla 23. Ficha técnica tapabocas


Ficha técnica Tapabocas	
Materia prima: Tapabocas desechables Código: TB-MP-50-G	
Uso: Evita la contaminación por partículas y saliva, asegurando higiene en el proceso.	
Material: Polipropileno	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$8.200 x 50 und	

Tabla 24. Ficha técnica botas

Ficha técnica Botas	
Materia prima: Botas industriales Código: BT-MP-01-G	
Uso: Protegen al operario y evitan la contaminación cruzada en áreas de producción.	
Material: Cuero sintético; Goma	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$84.900 x 1 und	

Tabla 25. Ficha técnicas gafas


Ficha técnica Gafas	
Materia prima: gafas industriales Código: GF-MP-50-G	
Uso: Resguardan los ojos de partículas y salpicaduras, garantizando seguridad en el proceso.	
Material: Policarbonato	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$50.000 x 50 und	

Tabla 26. Ficha técnica Wypall


Ficha técnica Wypall	
Materia prima: Wypall multiusos Código: WP-MP-1000-G	
Uso: Facilita la limpieza de exteriores	
Material: Propileno y celulosa	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COP\$210.000 x 1000 und	

Tabla 27. Ficha técnica detergente



Ficha técnica Detergente	
Materia prima: Detergente Espuma Clorada): DG-MP-01-1G	
Uso: Facilita la limpieza y remoción de residuos en superficies y equipos, asegurando un ambiente higiénico en la producción.	
Material: Hipoclorito de sodio y detergentes	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COPS\$35.000 x 1 galón	

Tabla 28. Ficha técnica desinfectante

Ficha técnica Desinfectante	
Materia prima: Ácido Peracético): AP-MP-01-20L	
Uso: Elimina microorganismos y reduce el riesgo de contaminación, garantizando condiciones sanitarias óptimas en el proceso productivo.	
Material: Ácido Peracético	
Proveedor: Mercado Libre	
Precio: COPS\$200.000 x 20 litros	

4.3. *Ficha tecnica del producto*

El primer producto que se incorpora al portafolio es la harina de chontaduro en presentación de 250 gramos (ver figura 15). Esta harina, obtenida a partir del secado, molienda y tamizado del fruto cocido, se empaqa al vacío utilizando una bolsa biorentada con propiedades de alta barrera para preservar su frescura y prolongar su vida útil. El empaque individual se diseña para facilitar su manipulación, almacenamiento y distribución, manteniendo la calidad del producto durante su transporte y conservación. Finalmente, se presenta una vista esquemática del empaque con sus dimensiones y especificaciones técnicas, así como el patrón de sellado al vacío utilizado para garantizar la hermeticidad del producto.



<p>Harina de chontaduro</p> 	<p>Descripción Harina de Chontaduro de 250g</p> <p>Empaque Bolsas bioorientadas de alta barrera, resistentes a la humedad, medida ancho 5" y largo 10"</p> 	<p>Tipo de presentación Lote de: 100 unidades Peso 25 kg</p> <p>Composición nutricional Minerales: Contiene calcio, fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro, azufre y ácidos grasos.</p>
--	--	---

Figura 15. Ficha técnica presentación 250 g [28].

El segundo producto que se incorpora al portafolio es la harina de chontaduro en presentación de 500 gramos (ver figura 16). Al igual que en la presentación menor, esta harina es empacada al vacío utilizando una bolsa bioorientada, ajustada en tamaño y resistencia para contener el mayor volumen del producto sin comprometer la integridad del empaque. Esta presentación está pensada para consumidores con un uso más frecuente del producto o para pequeñas unidades productivas. Finalmente, se presenta una vista superior del diseño del empaque, con las dimensiones correspondientes, el patrón de sellado y las especificaciones técnicas necesarias para asegurar su correcta manipulación y conservación.

<p>Harina de chontaduro</p> 	<p>Descripción Harina de Chontaduro de 500g</p> <p>Empaque Bolsas bioorientadas de alta barrera, resistentes a la humedad, medida ancho 6" y largo 12"</p> 	<p>Tipo de presentación Lote de: 50 unidades Peso 25 kg</p> <p>Composición nutricional Minerales: Contiene calcio, fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro, azufre y ácidos grasos.</p>
--	--	--

Figura 16. Ficha técnica presentación 500 g [28].

El tercer producto del portafolio es la harina de chontaduro en presentación de 1 kilogramo (véase figura 17). Este formato está dirigido a consumidores frecuentes o negocios que requieren mayor volumen. Se empaca al vacío en una bolsa bioorientada de mayor capacidad, diseñada para conservar las propiedades del producto por más tiempo. La figura muestra las dimensiones del empaque y el tipo de sellado utilizado para garantizar su resistencia y seguridad durante el almacenamiento y transporte.



<p>Harina de chontaduro</p> 	<p>Descripción Harina de Chontaduro de 1000g</p> <p>Empaque Bolsas bioorientadas de alta barrera, resistentes a la humedad, medida ancho 7" y largo 14"</p> 	<p>Tipo de presentación Lote de: 25 unidades Peso 25 kg</p> <p>Composición nutricional Minerales: Contiene calcio, fósforo, potasio, magnesio, sodio, cloro, azufre y ácidos grasos.</p>
--	---	--

Figura 17. Ficha técnica presentación 1000 g [28]

5. Diseño de operaciones (Selección de tecnología)

5.1. Estimación de requerimiento de personal

A continuación, se presenta el diagrama hombre-máquina como anexo 9 al proyecto, el cual describe de manera detallada la secuencia de actividades realizadas por los operarios durante una jornada de trabajo completa. El análisis incluye los tiempos de preparación, carga, procesamiento, descarga, limpieza de maquinaria y recesos, reflejando un tiempo total de operación de 654 minutos diarios. La jornada se organiza en dos turnos, cada uno con dos operarios: los primeros se encargan de las operaciones iniciales hasta el proceso de deshidratado, cumpliendo con las horas laborales establecidas por la ley; posteriormente, otros dos operarios ingresan para finalizar el ciclo productivo del día. Esto indica que el área productiva está compuesta por cuatro operarios en total, apoyados por tres personas en el área administrativa: una encargada de limpieza, una secretaria y un jefe inmediato.

A partir de esta planificación se calculó un tiempo de ciclo por kilogramo de producto procesado de 2,725 minutos/kg, lo cual indica que, en promedio, cada kilogramo de chontaduro requiere este tiempo dentro del flujo de trabajo combinado entre operarios y equipos. Además, se estimó un ciclo de proceso por unidad fabricada equivalente a 1,258 minutos/unidad, lo que permite evaluar la eficiencia del sistema en términos de producción unitaria y balance de carga (ver anexo 9). Este diagrama proporciona una base sólida para identificar posibles mejoras en la asignación de tareas y en el aprovechamiento del tiempo operativo, la siguiente figura (ver figura 18) ilustra como está formado el diagrama.

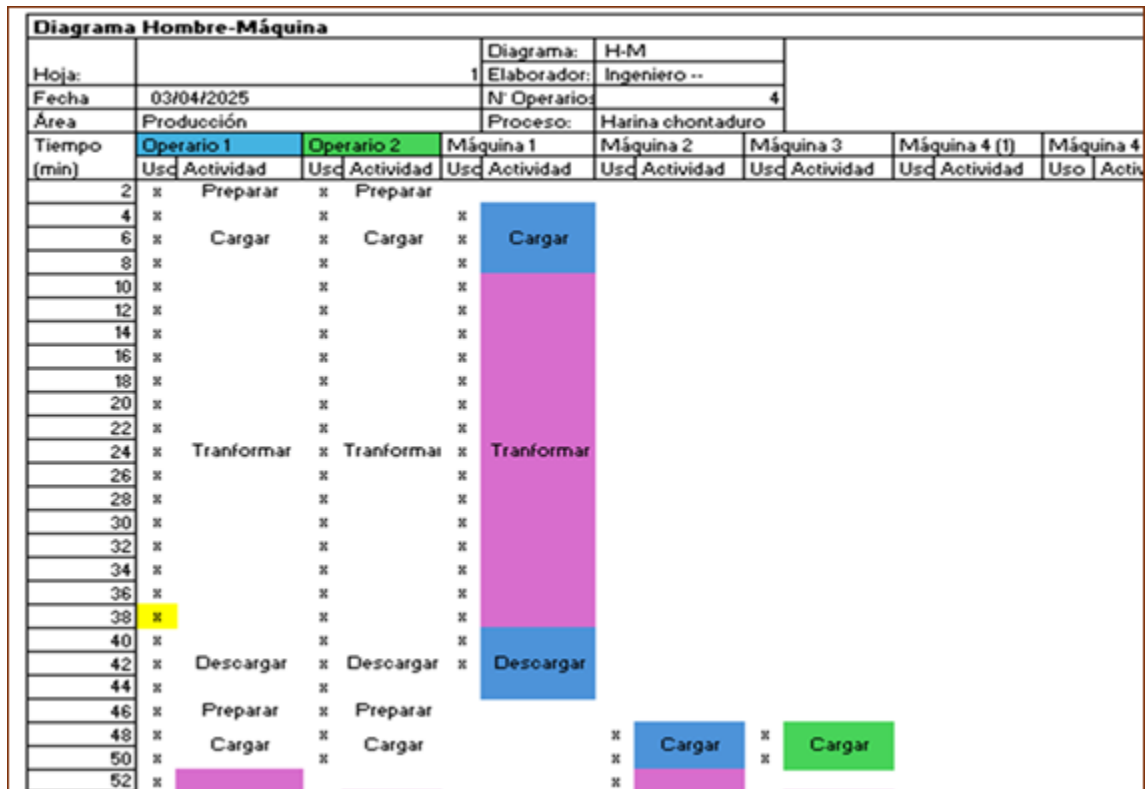


Figura 18. Diagrama hombre maquina

Este diagrama hombre-máquina mostrado anteriormente, con base en la planeación detallada de las operaciones del sistema productivo de harina de chontaduro, no solo permite visualizar la interacción entre operarios y equipos durante la jornada laboral, sino que también constituye una herramienta versátil para la gestión operativa. Su estructura puede ser replicada fácilmente en otras áreas de la planta para mapear actividades similares, y puede actualizarse periódicamente según se implementen mejoras o ajustes en el proceso. Esto lo convierte en un recurso clave para el seguimiento y control de la eficiencia, permitiendo identificar cuellos de botella, tiempos muertos o cargas desbalanceadas. Para una visualización completa y detallada del proceso productivo, se invita a consultar el anexo correspondiente (anexo 9).

5.2. Selección de modelo de ventas

En cualquier sistema de producción, manejar bien los inventarios es clave para que todo fluya sin contratiempos. No se trata solo de tener materia prima almacenada, sino de encontrar el equilibrio justo entre disponibilidad y costos. En el caso de la harina de chontaduro, la estrategia de inventarios es aún más importante porque la producción depende de la estacionalidad del fruto. Si no se gestiona bien, se corre el riesgo de desperdiciar materia prima o quedarse corto cuando la demanda suba. Elegir entre producir para almacenar (Make to Stock) o solo bajo pedido (Make to Order) marca la diferencia en tiempos de entrega y costos operativos. Al final, una buena estrategia permite aprovechar mejor los recursos, responder rápido al mercado y inconvenientes con excesos o faltantes de inventario.

La diferencia entre Make to Stock (MTS) y Make to Order (MTO) está en cuándo se produce y para quién. Con MTS, la producción se adelanta con base en una proyección de demanda, lo que significa que el producto ya está listo cuando el cliente lo necesita. Es ideal cuando hay un mercado estable y se busca rapidez en la entrega. En cambio, MTO espera a que el cliente haga un pedido antes de empezar a producir, lo que evita acumulación de inventario, pero puede significar tiempos de espera más largos [30].

5.3. Estrategia de inventarios

Para el proyecto de harina de chontaduro, se decidió optar por Make to Stock (MTS), debido a que el chontaduro al ser es un fruto estacional, no se puede depender de pedidos individuales para decidir cuándo producir. Con esta estrategia, se aprovechará al máximo la cosecha en temporada alta, evitando desperdiciar el fruto y garantizando una oferta constante durante todo el año. Además, tener stock disponible permite responder de inmediato a la demanda de supermercados y distribuidores, que necesiten un suministro estable sin demoras.

Otro punto clave es la eficiencia en la producción. Al planificar lotes más grandes, se optimiza el uso de maquinaria, reduciendo costos unitarios y evitamos los problemas que vienen con la producción bajo pedido. Esto también da mayor estabilidad en costos y precios, ya que no se está sujeto a las fluctuaciones de la materia prima en cada ciclo. adicionalmente, Disponer de producto listo para entrega amplia las oportunidades comerciales, permitiendo a la empresa acceder a un mayor número de clientes sin tiempos de espera. En consecuencia, la implementación de la estrategia Make to Stock (MTS) fortalece el modelo de negocio, haciéndolo más estable, rentable y con menor exposición a riesgos operativos y de mercado.

5.4. Selección de Tecnología y Ruta de Procesos

Finalmente, con los aspectos previamente definidos, se procede a establecer la maquinaria y los equipos necesarios para el desarrollo del sistema de producción de harina de chontaduro. La selección tecnológica responde a lo planteado en el diseño preliminar, en el cual se identificaron las necesidades operativas de cada etapa del proceso. A continuación, se describen de manera técnica las soluciones adoptadas, asegurando su alineación con los requerimientos específicos del sistema productivo.

El proceso inicia con la recepción del fruto, etapa en la que se requiere un control riguroso del volumen de materia prima que ingresa a la planta. Para ello, se incorpora una estación de recepción y pesaje, equipada con una báscula electrónica industrial (ver figura 29) de plataforma. Este equipo ha sido diseñado para soportar y pesar grandes volúmenes de productos agrícolas, facilitando su uso en zonas de acopio. La báscula seleccionada cuenta con una capacidad de 1 tonelada y dimensiones de 1 metro por 1 metro, lo cual la hace adecuada para la naturaleza del producto. Su operación requiere un (1) operario, un tiempo de alistamiento de 10 minutos y una inversión estimada de \$2.500.000. Dado su diseño robusto y funcionalidad, este equipo permite registrar de forma precisa las cantidades de chontaduro ingresadas, constituyéndose en un elemento clave para el control de inventario y la trazabilidad del proceso.

Tabla 29. Ficha técnica estación recepción y pesaje

Ficha técnica Estación de recepción y pesaje		
Equipo: Báscula		
Código: CH-PR-01-REC		
Descripción		
La báscula electrónica industrial de plataforma, diseñada para pesar grandes volúmenes de productos agrícolas. Utilizada en área de recepción.		
Especificaciones técnicas		
Dimensiones: 1m x 1m		
Capacidad: 1T		
Requisitos operacionales		
N.A		
Consumo energetico:	0.2	kw/h
Cantidad de personal:		1
Tiempo de alistamiento:		6 minutos
Precio:	\$	2,500,000.00



Posterior a la etapa de recepción y pesaje, el sistema de producción contempla la separación manual del fruto de sus ramas, proceso conocido como desgrane. Esta operación es fundamental para garantizar la calidad del producto a transformar, ya que permite eliminar impurezas y materiales no deseados antes del ingreso a las siguientes fases del sistema. Para ello, se incorpora

una estación de desgrane compuesta por una mesa de trabajo fabricada en acero inoxidable, material que ofrece condiciones higiénicas óptimas para la manipulación del chontaduro.

El equipo seleccionado corresponde a una mesa con entrepaño (ver figura 30), cuyas dimensiones son de 2 metros de largo, 0.8 metros de ancho y 0.9 metros de alto, lo que permite disponer de un área de trabajo amplia y ergonómica para el desempeño manual de la actividad. La operación requiere la participación de dos (2) operarios y un tiempo de alistamiento aproximado de 3 minutos. Asimismo, dentro de los requisitos operacionales se establece la limpieza del equipo tras cada tanda de producto, como medida para evitar contaminaciones cruzadas y preservar la inocuidad del alimento. El costo estimado de adquisición de esta unidad es de \$1.350.000, representando una solución práctica, durable y funcional dentro del esquema de procesamiento del chontaduro.

Tabla 30. Ficha técnica estación desgrane

Ficha técnica Estacion de desgrane	
Equipo: Mesa de trabajo	
Código: CH-PR-02-DES	
Descripción	
Mesa de acero inoxidable, con entrepaño. Usada para la separacion de las ramas del chontaduro.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: 2m x 0,8m x 0,9m	
Requisitos operacionales	
Limpieza de equipo después de cada tanda del producto	
Cantidad de personal	2
Tiempo de alistamiento	4 minutos
Precio	\$ 1,350,000.00



Una vez finalizado el desgrane, la materia prima debe someterse a un proceso de limpieza y desinfección con el fin de garantizar su inocuidad antes de su transformación. Para ello, se incorpora una estación de lavado compuesta por un tanque manual, diseñado específicamente para la higienización de productos agroindustriales. Este equipo permite la eliminación de residuos orgánicos, tierra e impurezas que puedan afectar la calidad del producto final.

El tanque de lavado seleccionado (ver figura 31) cuenta con una estructura robusta en acero inoxidable, cuyas dimensiones son de 2 metros de largo, 1 metro de ancho y 0.9 metros de alto, con una capacidad de carga de hasta 1 tonelada. El proceso de lavado se realiza de forma manual y requiere la intervención de un (1) operario, con un tiempo de alistamiento de 3 minutos. Dentro de los requisitos operacionales, se contempla la implementación continua de agua en el tanque y el cambio de esta después de cada tanda de materia prima procesada, a fin de mantener condiciones óptimas de higiene. La inversión estimada para esta unidad es de \$2.250.000, consolidándose como una solución eficaz para asegurar la limpieza adecuada del chontaduro antes de su ingreso a las siguientes etapas del sistema de producción.

Tabla 31. Ficha técnica estación lavado

Ficha técnica Estacion de Lavado	
Equipo: Mesa de lavado	
Código: CH-PR-03-LAV	
Descripción	
Tanque de lavado manual para la limpieza y desinfección de la materia prima	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: 2m x 1m x 0,9m	
Capacidad: 1T	
Requisitos operacionales	
Implementacion de agua en el tanque, realizar cambios es esta despues de cada tanda de materia prima.	
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	4 minutos
Precio	\$ 2,250,000.00



Una vez finalizado el proceso de lavado, la siguiente fase corresponde a la cocción del chontaduro, etapa esencial para garantizar la suavidad del fruto y facilitar su posterior transformación. Para este fin, se incorpora una marmita eléctrica industrial, diseñada específicamente para alcanzar temperaturas controladas durante ciclos prolongados, permitiendo una cocción homogénea del producto.

La marmita seleccionada (ver figura 32) opera a una temperatura de 92 °C por un periodo de dos horas continuas, siendo capaz de procesar hasta 1.000 litros de materia prima por ciclo. Su funcionamiento se apoya en una potencia de 2.3 kW, con una temperatura máxima de operación de 150 °C, lo que la hace adecuada para las exigencias del sistema productivo propuesto. La operación del equipo requiere un (1) operario y un tiempo de alistamiento de 15 minutos. El costo estimado para esta unidad es de \$13.200.000.

Este equipo representa un componente fundamental dentro del flujo de transformación, ya que asegura no solo la eficiencia térmica del proceso, sino también el cumplimiento de condiciones sanitarias exigidas en el tratamiento de productos agroindustriales, consolidando así la calidad y seguridad del producto final.

Tabla 32. Ficha técnica estación cocción

Ficha técnica Estacion de cocción	
Equipo: Marmita eléctrica	
Código: CH-PR-04-COC	
Descripción	
Marmita para cocción de chontaduro a 92°C por 45 minutos.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: Altura 1,95 m	Diametro:0,96 m
Capacidad: 1000 L	Peso: 1000 kg
Requisitos operacionales	
Temperatura max: 150°C	
Consumo energetico:	
Cantidad de personal	2
Tiempo de alistamiento	15 minutos
Precio	\$ 13.200.000,00



Luego del proceso de cocción y su correspondiente reposo, se lleva a cabo la etapa de pelado, la cual permite separar eficientemente la cáscara del chontaduro de su pulpa. Para esta actividad se incorpora una peladora automática de cilindros, equipo diseñado para facilitar dicha labor con mínima intervención manual, asegurando una operación continua y homogénea.

La máquina seleccionada (ver figura 33) cuenta con una capacidad de procesamiento de 10 kg por minuto, operando con un motor de 1/2 HP y alimentada a 110 V, lo que la hace funcional y adaptable a las condiciones eléctricas convencionales del entorno productivo. Su operación requiere un (1) operario y un tiempo de alistamiento de 2 minutos, lo cual permite su rápida integración dentro del flujo operativo. La inversión estimada para esta unidad es de \$5.000.000.

Gracias a su eficiencia y facilidad de uso, esta peladora representa un aporte significativo en la automatización parcial del proceso, reduciendo tiempos de ciclo, minimizando el esfuerzo físico del operario y manteniendo la integridad de la pulpa para las etapas siguientes.

Tabla 33. Ficha técnica estación pelado

Ficha técnica Estacion de pelado	
Equipo: Peladora automática de cilindros	
Código: CH-PR-05-PEL	
Descripción	
La peladora facilita el proceso de la separación de la cáscara del fruto de su pulpa, esto después del reposo de la cocción.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: Altura 1,50 m	Diametro:0,68 m
Capacidad: 10 kg/min	
Requisitos operacionales	
Motor de 1/2 HP	0.50
Voltaje: 110V	Consumo energetico: 2.5 kw/h
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	8 minutos
Precio	\$ 5.000.000.00



Una vez pelado el fruto, se procede a la etapa de troceado, la cual tiene como finalidad separar la semilla del chontaduro de su pulpa. Esta operación es clave para asegurar que únicamente la parte comestible del fruto continúe hacia las fases posteriores de

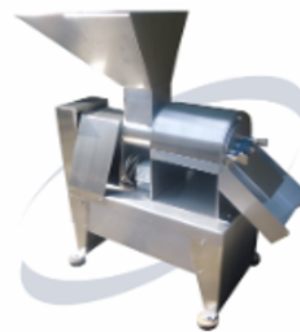
procesamiento. Para esta actividad se incorpora una troceadora de rodillos, equipo diseñado para efectuar la separación de manera eficiente y continua.

La máquina seleccionada (ver figura 34) posee una capacidad de procesamiento de 800 kg por hora, operando a una potencia de 2.2 kW y una temperatura máxima de 150 °C, lo cual le permite responder a los requerimientos de producción con altos estándares de desempeño. La operación requiere un (1) operario y un tiempo de alistamiento de 10 minutos. La inversión estimada para su adquisición es de \$13.500.000.

Este equipo contribuye significativamente a la eficiencia operativa del sistema, ya que automatiza un proceso crítico de separación que, de realizarse manualmente, implicaría mayores tiempos de ciclo y esfuerzos operativos. Su incorporación asegura una transición fluida hacia las etapas de molienda y deshidratación, manteniendo la calidad e integridad de la pulpa.

Tabla 34. Ficha técnica estación de troceado

Ficha técnica Estacion de troceado	
Equipo: Troceadora de rodillos	
Código: CH-PR-06-TRO	
Descripción	
La troceadora cumple el papel de separar la semilla del chontaduro de la pulpa.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: Altura 1,40 m	Ancho:1,20 m
Capacidad: 800 Kg/h.	
Requisitos operacionales	
Temperatura max: 150°C	
Consumo energetico:	2.2 kw/h
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	10 minutos
Precio	\$ 13,500,000.00



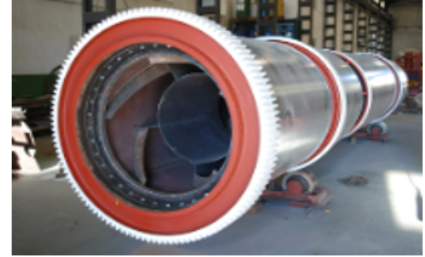
Una vez obtenida la pulpa del chontaduro, se lleva a cabo el proceso de deshidratación, etapa fundamental para reducir el contenido de humedad y facilitar su transformación en harina. Para esta operación se selecciona un secador rotatorio industrial, el cual proporciona un secado constante, uniforme y de alta capacidad, garantizando la estabilidad del producto final.

El equipo (ver figura 35) opera con una capacidad de 320 kg por hora, emplea un motor de 1/2 HP, cuenta con una potencia de 1,29 W y un quemador que funciona a 110V/60Hz. Su eficiencia alcanza el 90%, y opera a una velocidad constante de 1 RPM. Estas características técnicas permiten optimizar el proceso de secado sin comprometer la calidad del material tratado. La operación requiere de dos (2) operarios y un tiempo de alistamiento de 2 minutos. La inversión estimada para esta unidad es de \$56.000.000.

La incorporación de este secador permite estandarizar la humedad del producto, factor crítico para su posterior molienda y almacenamiento. Además, su eficiencia energética y capacidad de procesamiento lo convierten en un componente estratégico para el cumplimiento de los objetivos técnicos del sistema de producción.

Tabla 35. Ficha técnica estación de deshidratado

Ficha técnica Estacion de heshidratado	
Equipo: secador totatorio	
Código: CH-PR-07-DES	
Descripción	
El secador rotatorio industrial proporciona un secado constante y de alta capacidad en el proceso del secado para la pulpa del fruto.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: Largo 3,20 m	Diametro: 1 m
Capacidad: 710 kg/h	
Requisitos operacionales	
	Velocidad: 1RPM
Motor de 1/2 HP	Potencia: 1,29 W
Consumo energetico: 12 kw/h	Eficiencia: 90%
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	2 min
Precio	\$ 56,000,000.00



Como etapa final del proceso de transformación, la estación de molienda tiene como propósito convertir la pulpa deshidratada en harina de chontaduro, considerando el nivel de humedad óptimo para asegurar una molienda eficiente y uniforme. Para esta operación se incorpora un molino de rodillos, diseñado para alcanzar altos volúmenes de procesamiento manteniendo la calidad del producto.

El equipo (ver figura 36) cuenta con una capacidad operativa de 630 kg por hora y trabaja con una potencia de 22 kW, adecuada para los requerimientos del sistema. Su funcionamiento está condicionado a una humedad del 11% en el producto, lo cual es fundamental para evitar obstrucciones o alteraciones en la granulometría de la harina. La operación requiere un (1) operario y un tiempo de alistamiento de 12 minutos. La inversión estimada para esta unidad es de \$12.500.000.

La incorporación de esta estación permite estandarizar la textura del producto final, facilitando su posterior empaque o utilización como insumo en otras líneas de producción. Además, representa un punto crítico para asegurar la calidad y estabilidad del producto que llegará al consumidor.

Tabla 36. Ficha técnica estación de molienda

Ficha técnica Estacion de Molienda	
Equipo: Molino de rodillos	
Código: CH-PR-08-MOL	
Descripción	
El molino convierte la materia deshidratada en harina de chontaduro teniendo en cuenta la humedad.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones: 1,3 m x 0,75m x 1,45 m	
Capacidad: 630 Kg/h.	Peso: 930 kg
Requisitos operacionales	
Humedad: 11%	
Consumo energetico:	3.5 kw/h
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	12 minutos
Precio	\$ 12,500,000.00



Como etapa final del sistema de producción, se incorpora una estación de tamizado con el objetivo de garantizar que la harina obtenida tras la molienda presente una granulometría uniforme y adecuada para su posterior envasado o aplicación. Este proceso resulta esencial para asegurar la calidad y estandarización del producto final, eliminando partículas no conformes y permitiendo la clasificación precisa del material.

Para esta operación se selecciona una tamizadora (ver figura 37) vibratoria industrial, equipada con un sistema de ajuste de granulometría que permite adaptarse a diferentes especificaciones del producto. El equipo cuenta con una capacidad de procesamiento que varía entre 200 y 1000 kg por hora, y opera con una potencia de 3 kW. Su funcionamiento óptimo está condicionado a una humedad del 11% en el material, lo cual favorece el rendimiento del tamizado. La operación requiere un (1) operario y un tiempo de alistamiento de 2 minutos. La inversión estimada para esta unidad es de \$7.200.000.

La incorporación de esta estación contribuye directamente al aseguramiento de la calidad del producto final, permitiendo que únicamente la harina con las características deseadas continúe hacia la etapa de empaque o distribución, y facilitando el reproceso de material fuera de especificación.

Tabla 37. Ficha técnica estación de tamizado

Ficha técnica Estacion de Tamizado	
Equipo: Tamizadora vibratoria	
Código: CH-PR-09-TAM	
Descripción	
El tamizador asegura que a granulometría de la haria de chontaduro sea correcta y unimorme.	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones L*W*H: 300cm x 100cm x 200cm	
Capacidad: 200-1000 Kg/h.	
Requisitos operacionales	
Humedad: 11%	Granulometría: Ajustable
Consumo energetico:	2.5 kw/h
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	4 minutos
Precio	\$ 7,200,000.00




Una vez obtenido el producto con la granulometría deseada, se procede a su conservación y preparación para la distribución mediante el proceso de empaque. Esta etapa es clave para garantizar la protección de la harina de chontaduro frente a agentes externos como la humedad, el oxígeno y contaminantes ambientales, lo cual prolonga su vida útil y mantiene su calidad.

Para esta operación se incorpora una empacadora al vacío (ver figura 38), diseñada para sellar herméticamente el producto en condiciones controladas. El equipo funciona con una fuente de voltaje de 110 V y requiere que el producto mantenga una humedad del 11% para un sellado eficiente. La operación es llevada a cabo por un (1) operario y su tiempo de alistamiento es de 4 minutos. El costo estimado para esta unidad es de \$3.900.000.

La implementación de esta estación no solo mejora la presentación final del producto, sino que también refuerza el cumplimiento de estándares sanitarios y de conservación exigidos en el mercado, permitiendo asegurar la calidad hasta el momento de consumo.

Tabla 38. Ficha técnica estación de empaque

Ficha técnica Estacion de Empaque	
Equipo: Empacadora al vacío	
Código: CH-PR-10-EMP	
Descripción	
Para conservar el producto, se utiliza un aselladora a vacío	
Especificaciones técnicas	
Dimensiones L*W*H: 400 mm x 320 mm x 400 mm	
Requisitos operacionales	
Humedad: 11%	
Consumo energetico: 0.6 kw/h	
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	4 minutos
Precio	\$ 3,900,000.00



Como etapa complementaria al proceso de empaque, se incorpora una estación de etiquetado, cuya función es identificar adecuadamente el producto con su respectiva información técnica, comercial y normativa. Esta operación no solo facilita su trazabilidad y cumplimiento legal, sino que también aporta valor en términos de presentación y posicionamiento de marca.

Para dicha función se selecciona una etiquetadora automática (ver figura 39) modelo MODULAR TB-P, diseñada para aplicar etiquetas autoadhesivas con alta precisión y velocidad. El equipo opera a una cadencia de hasta 10.000 unidades por hora y requiere una fuente de alimentación de 110 V. La operación se lleva a cabo por un (1) operario, con un tiempo de alistamiento de 2 minutos. La inversión estimada para esta unidad es de \$3.000.000.

La incorporación de esta estación permite cerrar el ciclo productivo con un producto correctamente identificado, lo cual facilita su almacenamiento, comercialización y transporte, alineándose con las exigencias del mercado y las buenas prácticas de manufactura.

Tabla 39. Ficha técnica estación de etiqueta

Ficha técnica Estacion de Empaque	
Equipo: Etiketadora	
Código: CH-PR-11-ETI	
Descripción	
Etiqueta con la especificaciones del producto y su marca	
Especificaciones técnicas	
MODULAR TB-P	
para etiquetas autoadhesivas	
Requisitos operacionales	
Cadencia: 10.000 p/h	
Consumo energetico: 0.5 kw/h	
Cantidad de personal	1
Tiempo de alistamiento	2 minutos
Precio	\$ 3,000,000.00



Teniendo en cuenta la capacidad productiva de los equipos seleccionados, se recomienda la utilización de una máquina por cada tipo de operación, incluida la empacadora al vacío, ya que su rendimiento es suficiente para atender la demanda estimada del sistema productivo. Esta configuración permite que una persona opere de forma continua la estación de empaque sin generar cuellos de botella, mientras que los demás operarios pueden distribuir su tiempo entre las etapas previas del proceso, como el lavado, cocción, secado y molienda, sin necesidad de reforzar el área final. Además, en el caso de presentaciones que requieran empaque secundario en cajas, el mismo operario del área de empaque puede encargarse de esa tarea en tiempos ociosos.

La selección de una máquina por cada etapa del proceso permite establecer con claridad la secuencia operativa desde la recepción del chontaduro hasta su transformación en harina lista para la comercialización. Cada equipo fue seleccionado considerando no solo su funcionalidad, sino también sus indicadores de rendimiento, los cuales permiten ajustar las proyecciones de producción a condiciones reales. Estas variaciones inciden directamente en la cantidad final de producto obtenido y, por tanto, deben ser tenidas en cuenta para la planeación del sistema.

A continuación, se presenta el Bill of Materials (BOM) (ver figura 19) correspondiente a la producción de una unidad de harina de chontaduro en presentación de 250 gramos. Este listado detalla los insumos requeridos en cada etapa del proceso, incluyendo la cantidad estimada de fruto fresco necesaria para obtener el peso final del producto, considerando las pérdidas por cocción, secado y molienda. Asimismo, se incluye el material de empaque principal, una bolsa bioentada al vacío, y la etiqueta adherida al empaque, que contiene la información nutricional y de trazabilidad. Este desglose permite tener una visión clara de los recursos involucrados en la elaboración del producto final y sirve como base para el cálculo de costos y la planificación de la producción.

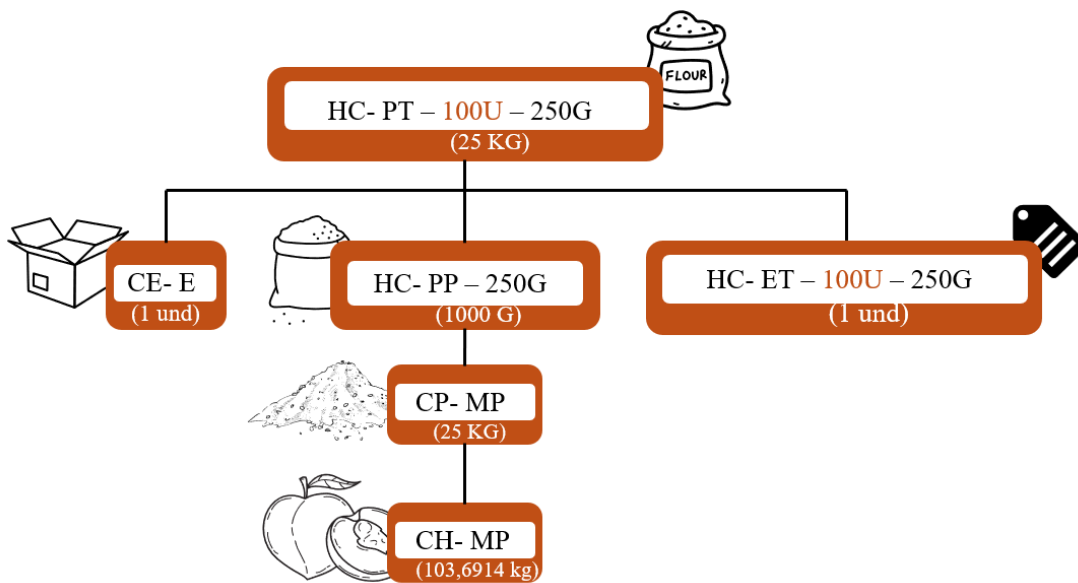


Figura 19. BOM presentación 250 gramos

Se muestra a continuación el Bill of Materials para la presentación de 500 gramos de harina de chontaduro (ver figura 20). En este se especifican los insumos indispensables para su elaboración, como la porción de fruto utilizada, el envase bio orientado al vacío y la etiqueta informativa. Este documento facilita la planificación de materiales y el control del proceso productivo.

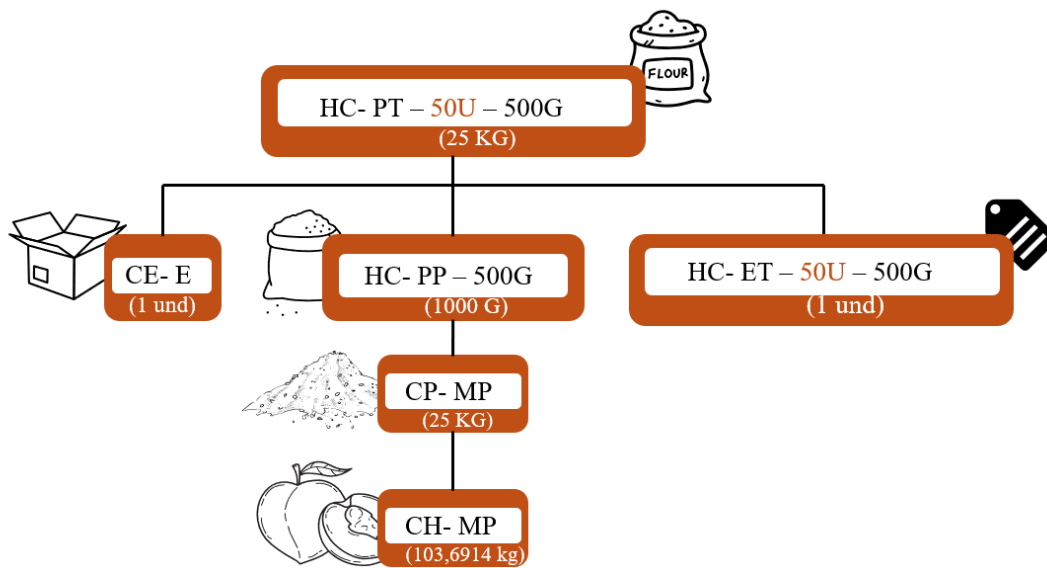


Figura 20. BOM presentación 500 gramos

El Bill of Materials para la presentación de 1000 gramos de harina de chontaduro (ver figura 21) incluye la cantidad de fruto requerida, una bolsa bio orientada al vacío de mayor capacidad y su respectiva etiqueta. Esta información permite organizar eficientemente los insumos para su fabricación.

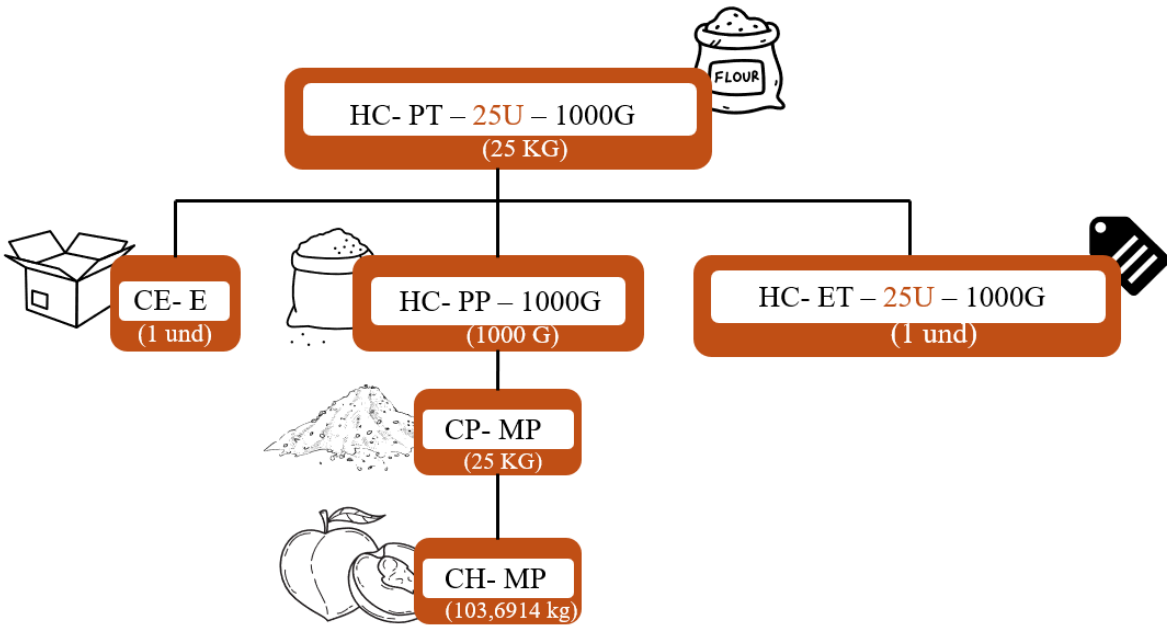


Figura 21. BOM presentación 1000 gramos

IV. DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA DETALLADA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

En cumplimiento del segundo objetivo específico, se desarrollan las actividades necesarias para estructurar el diseño detallado del sistema de producción de harina de chontaduro. Entre estas se encuentra la elaboración del plano de distribución física, en el cual se organiza la ubicación de equipos y áreas funcionales de acuerdo con los flujos operacionales previamente definidos. También se lleva a cabo el análisis de movimientos, con el fin de determinar la ubicación óptima de los puestos de trabajo y asegurar una secuencia eficiente de las tareas. A su vez, se incluye la identificación de riesgos asociados a cada operación y la definición de medidas preventivas en materia de seguridad y salud en el trabajo. Además, se formula la estrategia de producción, se estima la producción total anual proyectada y se estructura el modelo de acumulación planificada de inventario, lo que permite alinear la capacidad instalada con la estacionalidad del abastecimiento de materia prima y las necesidades de mercado.

1. Estrategia de producción

Se plantea una estrategia híbrida de producción basada en el modelo EPQ (Producción Económica por Lotes), complementada con una planificación de inventario tipo *Make-to-Stock*. Esta decisión responde a la naturaleza estacional del chontaduro, cuya disponibilidad se limita a diez meses del año, lo que exige una planificación anticipada que asegure el abastecimiento continuo del producto durante los cuatro meses restantes. La estrategia propuesta busca optimizar el uso de los recursos productivos, reducir el desperdicio de cosechas y garantizar la presencia permanente del producto en el mercado. A partir del desarrollo de este modelo, se establecen lotes de producción óptimos, puntos de reorden estratégicos y políticas de inventario que facilitan una transición eficiente entre los periodos activos e inactivos de producción. Todo lo anterior se integra con el propósito de generar valor económico, social y ambiental en la región, a través del aprovechamiento sostenible de un recurso agroalimentario subutilizado.

2. Producción total anual proyectada

Según las condiciones operativas del sistema, se estima una producción de 48,00 toneladas anuales de harina de chontaduro, distribuida en un periodo productivo activo de 10 meses. Esto corresponde a una capacidad de producción mensual de 4,8

toneladas, a partir de un procesamiento de 20 toneladas mensuales de fruto fresco, con un rendimiento promedio del 24 %. La siguiente (ver tabla 40) presenta el resumen de producción mensual estimada.

Tabla 40. Tabla. Producción mensual estimada del sistema

Cálculo de producción dependiendo de los meses de cosecha Salida según desperdicio		
	Toneladas	Kilogramos
Meses	Producción	Producción
Enero - mayo	24	24000
Junio	0	0
Agosto - noviembre	24	24000
Diciembre	0	0
TOTAL	48	48000

3. Acumulación de inventario planificada

Dado que la demanda se mantiene activa durante los 12 meses del año, la estrategia contempla una acumulación de inventario progresiva durante los meses de producción, con el objetivo de cubrir los requerimientos del mercado en el periodo no productivo. Se asume una demanda mensual constante, equivalente a:

Tabla 41. Demanda estimada

Se asume una demanda mensual constante	
Cantidad total producida en un año	Meses de demanda
48000	12
Demanda estimada	
4000	

En consecuencia, la cantidad de producto a acumular para los dos meses sin producción es:

Tabla 42. Cantidad de producto por acumular

Cantidad por acumular para abastecer demanda	
Demanda estimada	Meses de no producción
4000	2
Cantidad	
8000	

Este volumen se distribuye de manera proporcional entre los meses activos, resultando en un excedente mensual de:

Tabla 43. Cantidad excedente mensual

Cantidad por acumular para abastecer demanda	
Demanda estimada	Meses
8000	10
Cantidad	
800	

Por lo tanto, la producción mensual total durante los meses activos corresponde a:

$$4000\text{kg}(\text{demanda estimada}) + 800\text{kg}(\text{acumulación}) = 4.800\text{kg}$$

Tabla 44. Producción mensual de los meses activos

Producción mensual meses activos
4800

Este valor coincide con la capacidad de producción actual del sistema, lo que valida la viabilidad técnica de la estrategia.

4. *Diseño de puestos de trabajo*

Diseñar la distribución interna de una planta implica definir cómo se ubican los recursos físicos y humanos para lograr un proceso productivo eficiente y ordenado. En este caso, se propone una configuración preliminar que responde a los requerimientos operativos identificados, como el tiempo de ciclo y el volumen de producción esperado. Esta disposición en vista superior permite visualizar la interacción entre estaciones de trabajo, considerando aspectos clave como el espacio necesario para cada máquina, la ubicación del personal y los puntos de acumulación temporal del producto. El objetivo principal es asegurar un flujo de trabajo fluido, con mínima interferencia entre actividades y máxima utilización del espacio disponible.

4.1. *Estación de Recepción y pesaje*

Ubicada en un área de 3,10 x 1,80 metros, esta estación cuenta con dos operarios que reciben la materia prima y registran su peso utilizando una báscula industrial de plataforma. El espacio está diseñado para permitir el tránsito fluido de carga, garantizar precisión en el pesaje y facilitar el inicio eficiente del proceso productivo (ver figura 22).

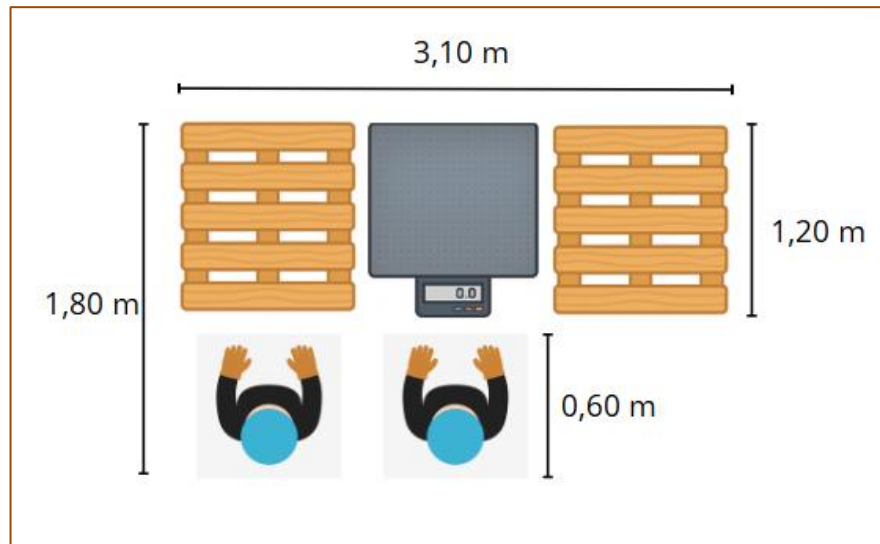


Figura 22. Estación recepción y pesaje

4.2. Estación de Desgrane

En una superficie de 3,10 x 1,80 metros, un operario realiza la separación manual del fruto y la semilla. La distribución permite trabajar cómodamente sobre una mesa de acero, utilizando canastas para organizar tanto el producto útil como los residuos, asegurando una transición ordenada hacia el área de lavado (ver figura 23).

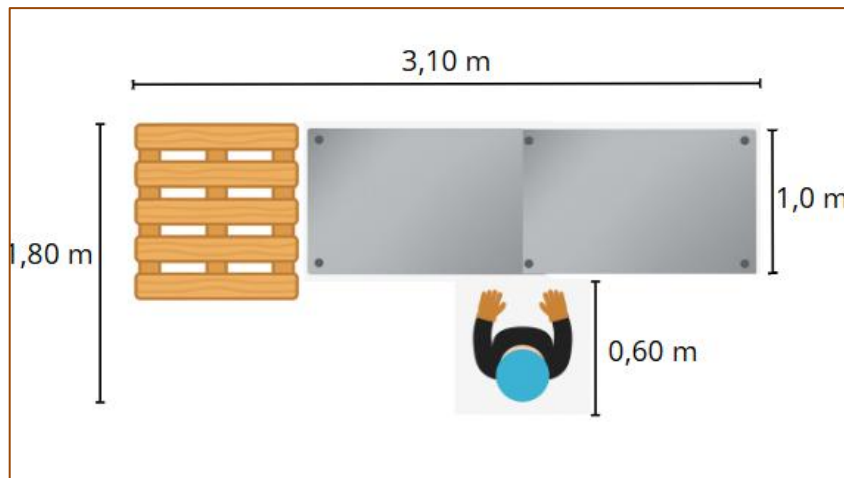


Figura 23. Estación de desgrane

4.3. Estación de lavado

Esta estación ocupa 3,80 x 1,80 metros y está equipada con una tina que contiene agua para la limpieza del fruto. Un operario se encarga de sumergir y manipular el producto, asegurando la remoción de impurezas antes de continuar al proceso térmico. El diseño del espacio permite un manejo seguro y eficiente (ver figura 24).

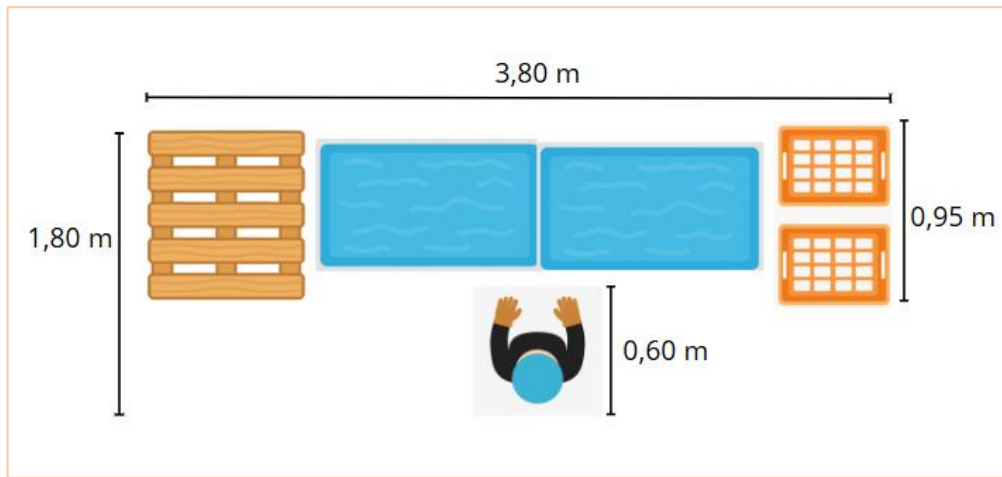


Figura 24. Estación de selección de limpieza

4.4. Estación de cocción

Con un área de 2,60 x 1,60 metros, esta estación cuenta con dos operarios que operan una marmita eléctrica para cocinar el fruto. El espacio permite supervisar la temperatura y el tiempo de cocción, garantizando uniformidad en el tratamiento térmico del chontaduro (ver figura 25).

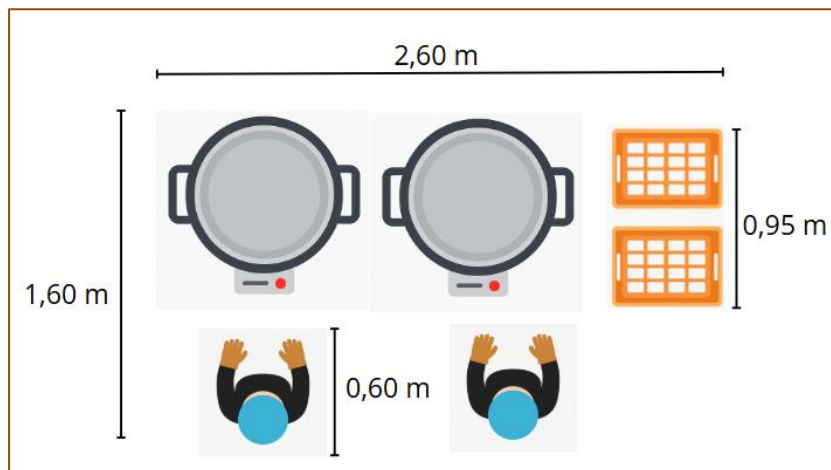


Figura 25. Estación de cocción

4.5. Estación de pelado

Ubicada en un espacio de 1,60 x 1,60 metros, esta estación permite que un operario retire manualmente la piel del fruto tras la cocción. El diseño considera una mesa de trabajo, guantes de protección y un sistema de recolección para mantener limpio y eficiente el entorno (ver figura 26).

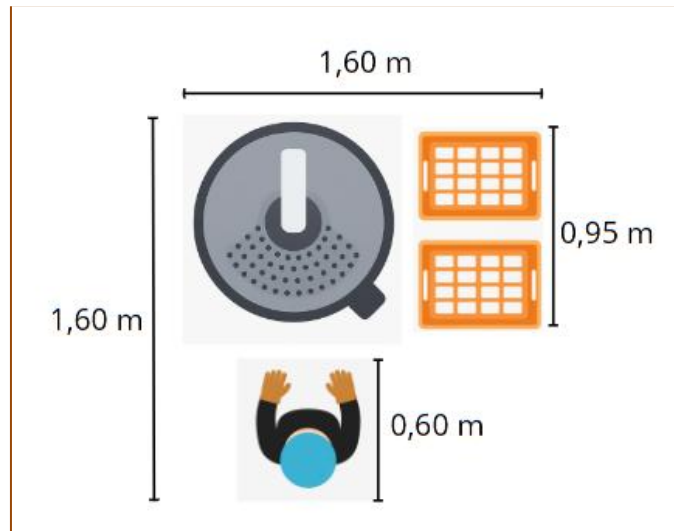


Figura 26. Estación de pelado

4.6. Estación de troceado

En un área de 2,30 x 1,30 metros, un operario trocea el fruto pelado en porciones más pequeñas. Esta estación incluye una peladora circular, y su disposición favorece la precisión del corte y la manipulación continua del producto, sin generar obstrucciones (ver figura 27).

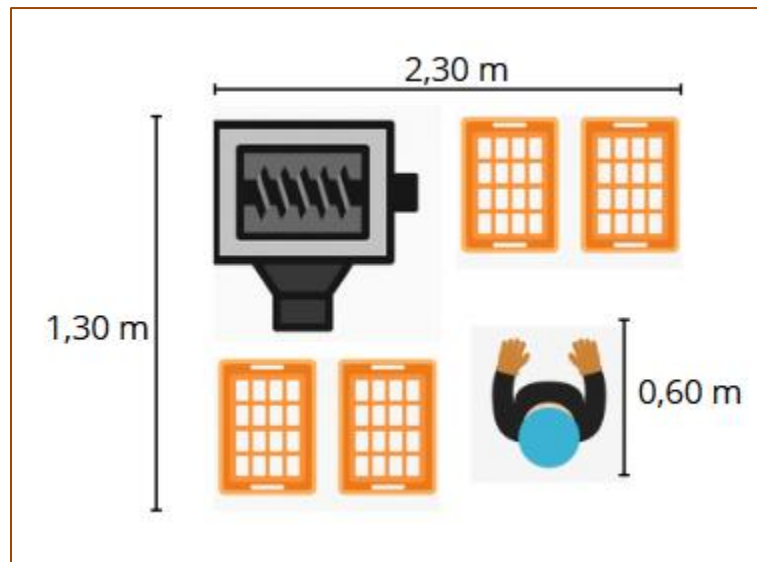


Figura 27. Estación de troceado

4.7. Estación de deshidratado

Distribuida en 3,95 x 1,60 metros, esta estación utiliza un equipo de deshidratación para eliminar la humedad del fruto. Un operario controla el proceso para asegurar que las condiciones de secado sean óptimas. La ubicación del equipo permite una ventilación eficiente y flujo continuo (ver figura 28).

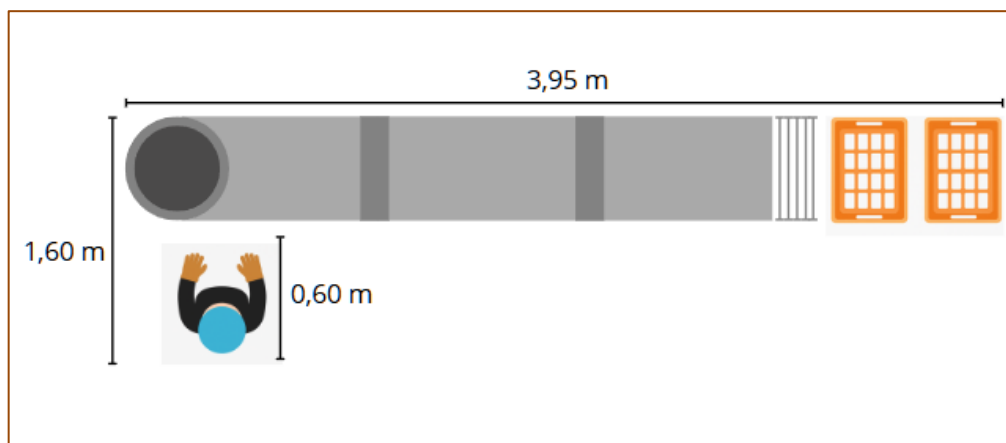


Figura 28. Estación de deshidratado

4.8. Estación de molienda

Con un espacio de 1,90 x 1,60 metros, esta estación cuenta con un molino operado por una persona. El operario alimenta el equipo desde la parte superior, obteniendo un polvo fino que será tamizado posteriormente. El área está pensada para facilitar la operación segura y sin pérdidas de material (ver figura 29).

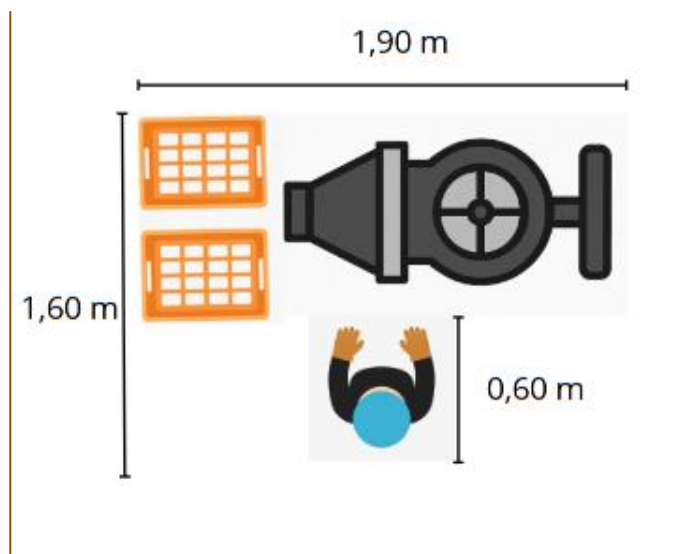


Figura 29. Estación de molienda

4.9. Estación de tamizado

Esta estación abarca 3,60 x 1,60 metros y está equipada con una tamizadora circular que permite obtener una harina de textura homogénea. Un operario verifica que el polvo pase correctamente a través del tamiz, y el diseño del área permite manejar los residuos de manera ordenada (ver figura 30).

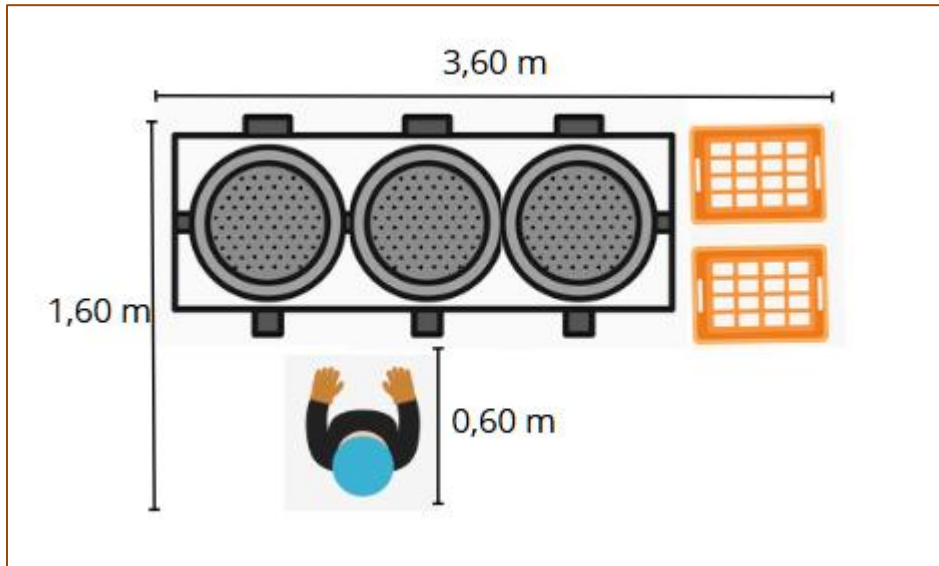


Figura 30. Estación de tamizado

4.10. Estación de empaque

En un área de 1,90 x 1,60 metros, un operario realiza el llenado y sellado de los empaques con la harina tamizada. La estación incluye una mesa de trabajo y espacio para organizar el producto final de forma ordenada, garantizando continuidad y control del proceso (ver figura 31).

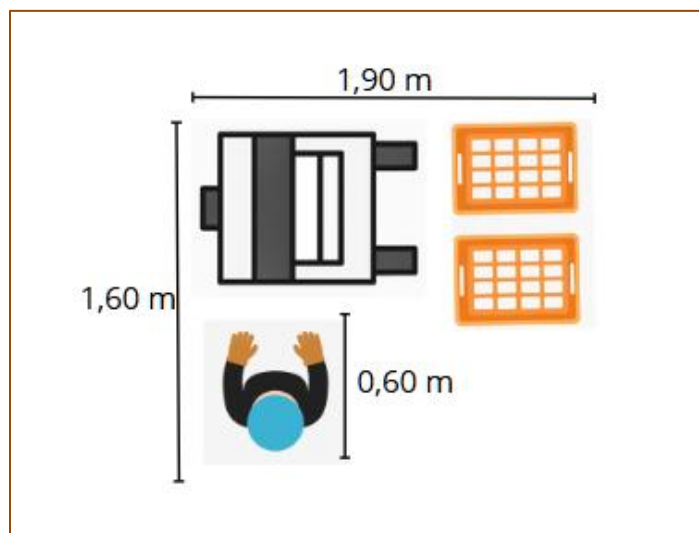


Figura 31. Estación de empaque

4.11. Estación de etiquetadora

Con una superficie de 1,90 x 1,60 metros, esta estación incorpora una máquina etiquetadora operada por una persona. Aquí se imprimen y aplican las etiquetas en cada unidad empacada, asegurando su identificación adecuada antes de la salida del producto terminado (ver figura 32).

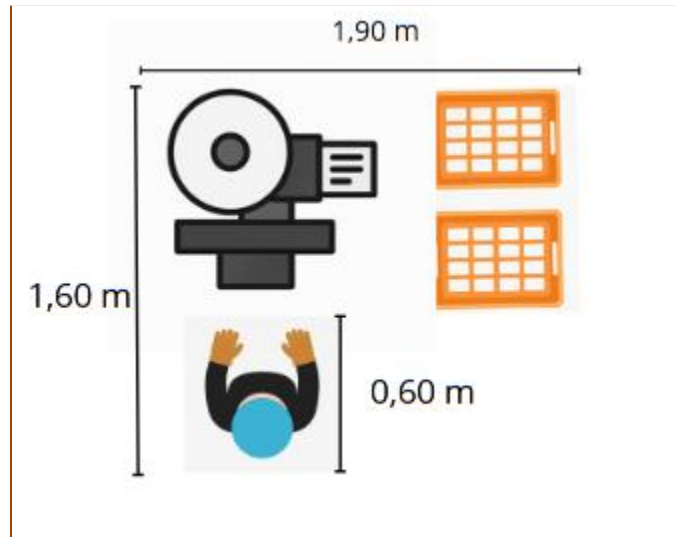


Figura 32. Estación de etiquetado

5. Distribución de planta

La distribución de planta representa uno de los elementos más relevantes dentro del diseño de sistemas productivos, especialmente en proyectos de ingeniería industrial donde se busca maximizar la eficiencia operativa y reducir al mínimo las pérdidas por movimientos innecesarios, tiempos de espera o utilización inadecuada del espacio. En nuestro proyecto de grado, centrado en la implementación de un sistema de producción para la harina de chontaduro, la distribución de planta adquiere un papel estratégico al permitir la organización lógica y coherente de cada una de las etapas del proceso: desde la recepción del fruto, pasando por el lavado, cocción, secado y molienda, hasta llegar al empaque y almacenamiento del producto final. Una adecuada disposición no solo favorece la continuidad del flujo de materiales, sino que también mejora las condiciones de trabajo, facilita la supervisión, fortalece la seguridad industrial y contribuye al cumplimiento de estándares de calidad y productividad.

Para desarrollar esta propuesta de distribución de planta, se empleó la matriz de relaciones de actividades como herramienta principal de análisis. Esta matriz permite evaluar y clasificar el grado de interacción entre las diferentes áreas del proceso productivo, determinando qué tan necesario es que ciertos puestos o máquinas estén próximos entre sí. Al asignar niveles de prioridad a estas relaciones, se logra establecer una secuencia lógica para la ubicación de cada estación, con base en criterios técnicos y operativos. El resultado es una distribución funcional que optimiza los recorridos, minimiza interferencias y responde a las características particulares del sistema de producción de harina de chontaduro, adaptándose a las limitaciones del espacio disponible y asegurando una operación fluida y eficiente.

5.1. Matriz de relación de actividades

La matriz de relaciones de actividades [31] es una herramienta cualitativa ampliamente utilizada en el diseño de distribuciones de planta dentro de la ingeniería industrial. Su función principal es identificar y clasificar la intensidad de relación entre las distintas áreas o estaciones del proceso, considerando factores como el flujo de materiales, la frecuencia de interacción, la necesidad de supervisión conjunta o la conveniencia de cercanía por motivos operativos. En este proyecto, se asignaron códigos

de prioridad (como A, E, I, O, U y X) para definir qué tan indispensable es que dos áreas estén ubicadas próximas. Esta información sirvió como base para la elaboración de un diagrama relacional que orienta el diseño espacial de la planta.

Los códigos de prioridad asignados en la matriz de relaciones de actividades indican el nivel de necesidad de cercanía entre dos áreas del proceso. La letra **A** representa una relación absolutamente necesaria, **E** muy importante, **I** importante, **O** ordinaria, **U** innecesaria y **X** indica que no deben estar cerca por razones específicas, como seguridad o incompatibilidad funcional (vease figura 19).

Para la asignación de puntajes en la matriz de relaciones de actividades, se debe tener en cuenta la siguiente tabla (ver tabla 45), donde se establecen los valores correspondientes a cada código de prioridad. Esta referencia permite cuantificar de manera objetiva las relaciones entre áreas, facilitando la evaluación de las posibles alternativas de distribución de planta

Puntuación de evaluación	
V(A)	81
V(E)	27
V(I)	9
V(O)	3
V(U)	1
V(X)	-243

Tabla 45. Puntuación según Código de prioridad asignada

Para una correcta interpretación de la matriz de relaciones de actividades, se debe tener en cuenta la figura 18, la cual contiene los códigos que representan los motivos de cada relación establecida entre áreas. La siguiente tabla (ver tabla 46) permite entender el porqué de cada conexión y brinda claridad al análisis cualitativo realizado en la matriz.

Código	Motivos
1	Facilidades para la recepción y despacho

2	Mínima distancia recorrida
3	Inspección de calidad
4	Trámite administrativo
5	Mantenimiento de máquinas y equipos
6	Humedad e inconvenientes
7	No requiere cercanía

Tabla 46. Códigos de motivos de la matriz.

A continuación, se presenta la matriz de relaciones de actividades (ver figura 35), la cual permite identificar el nivel de interacción y dependencia entre las distintas áreas del proceso productivo, sirviendo como base para la propuesta de distribución de planta.

No.	Nombre/descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Almacén MP	A											
2	Recepción y pesaje	2	U										
3	Cuarto desgrane y lavado	1	U	6	U								
4	Cocción	2	1	6	0	7	0						
5	Cuarto de pelado y troceado	2	1	U	U	U	U	E					
6	Deshidratado	6	U	U	U	X	U	U	7	U			
7	Molienda	2	0	X	7	U	7	U	7	U	7		
8	Tamizado	2	0	U	7	U	7	U	7	U	7		
9	Empaquetado - Etiquetado	2	U	7	U	7	U	7	U	7	U		
10	Baño	7	U	7	U	7	U	7	U	7	U		
11	Oficinas	0	7	A	7								
12	Almacén PT	2	U	1									

Figura 33. Matriz de relaciones de actividades

A continuación, se presentan las tres opciones de distribución que fueron evaluadas para determinar la ubicación más adecuada de cada una de las zonas del sistema productivo. Estas alternativas se desarrollaron con base en la matriz de relaciones de actividades y permiten analizar diferentes configuraciones espaciales con el objetivo de optimizar el flujo de materiales, el aprovechamiento del espacio y la eficiencia general del proceso.

Opción 1 con su respectivo puntaje.

10	11		
6	7		
8	4	3	1
2	9		
5	12		

Figura 34. Ubicación de las zonas opción 1

Tabla 47. Puntaje de matriz de relaciones opción 1

RESPECTO A 1			RESPECTO A 7		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	3	1	7	6	81
			7	4	1
			7	11	1
RESPECTO A 2			RESPECTO A 8		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
2	8	1	8	2	1
2	9	1	8	4	1
2	5	-243	8	6	81
RESPECTO A 3			RESPECTO A 9		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
3	1	1	9	4	-243
3	4	27	9	2	1
			9	12	81
RESPECTO A 4			RESPECTO A 10		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
4	3	27	10	6	1
4	7	1	10	11	1
4	8	1			
4	9				
RESPECTO A 5			RESPECTO A 11		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
5	2	-243	11	7	1
5	12	1	11	10	1
RESPECTO A 6			RESPECTO A 12		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
6	7	81	12	5	1
6	8	3	12	9	81
6	10	1			
			Puntaje Total		-249

Opción 2 con su respectivo puntaje.

1	2	3	4	5
12	9	8	7	6
	10	11		

Figura 35. Ubicación de las zonas opción 2

Tabla 48. Puntaje de matriz de relaciones opción 2

RESPECTO A 1			RESPECTO A 7		
Áreas		Puntos	Áreas		Puntos
1	2	81	7	4	1
1	12	1	7	6	81
RESPECTO A 2			7	8	81
Áreas		Puntos	RESPECTO A 8		
2	1	81	Áreas		Puntos
2	3	81	8	3	1
2	9	1	8	7	81
RESPECTO A 3			8	9	81
Áreas		Puntos	8	11	1
3	2	81	RESPECTO A 9		
3	4	27	Áreas		Puntos
3	8	1	9	2	1
RESPECTO A 4			9	8	81
Áreas		Puntos	9	10	1
4	3	27	9	12	81
4	5	81	RESPECTO A 10		
4	7	1	Áreas		Puntos
RESPECTO A 5			10	9	1
Áreas		Puntos	10	11	1
5	4	81	RESPECTO A 11		
5	6	81	Áreas		Puntos
RESPECTO A 6			11	8	1
Áreas		Puntos	11	10	1
6	5	81	RESPECTO A 12		
6	7	81	Áreas		Puntos
			12	1	1
			12	9	81

Puntaje Total	1364
---------------	------

Opción 3 con su respectivo puntaje.

10	11	
1	8	
4	2	3
9	5	6
12		7

Figura 36. Ubicación de las zonas opción 3

Tabla 49. Puntaje de matriz de relaciones opción 3

RESPECTO A 1			RESPECTO A 7		
Áreas	Puntos		Áreas	Puntos	
1	8	1	7	6	81
1	4	-243	RESPECTO A 8		
1	10	1	Áreas	Puntos	
RESPECTO A 2			8	1	1
Áreas	Puntos		8	2	1
2	8	1	8	11	1
2	4	1	RESPECTO A 9		
2	5	-243	Áreas	Puntos	
2	3	81	9	4	-243
RESPECTO A 3			9	5	-243
Áreas	Puntos		9	12	81
3	2	81	RESPECTO A 10		
3	6	1	Áreas	Puntos	
RESPECTO A 4			10	1	1
Áreas	Puntos		10	11	1
4	1	-243	RESPECTO A 11		
4	2	1	Áreas	Puntos	
4	9	-243	11	8	1
RESPECTO A 5			11	10	1
Áreas	Puntos		RESPECTO A 12		
5	9	-243	Áreas	Puntos	
5	2	-243	12	9	81
5	4	81	Puntaje Total -1282		
RESPECTO A 6					
Áreas	Puntos				
6	3	1			
6	5	81			
6	7	81			

La opción 2 fue la alternativa que obtuvo el puntaje más alto en el análisis realizado, lo que evidencia su mayor grado de cumplimiento con los criterios establecidos en la matriz de relaciones de actividades. Por esta razón, se definió que la distribución de planta seguirá el orden propuesto en dicha opción, considerando todas las relaciones funcionales entre áreas, así como los puntajes asignados a cada interacción. Esta decisión permite asegurar una disposición coherente, eficiente y alineada con las necesidades operativas del sistema de producción de harina de chontaduro.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definió que la disposición de los equipos y áreas se ajustará a una distribución en U, ya que esta permite optimizar el flujo de materiales, facilitar la supervisión del proceso y aprovechar de forma eficiente el espacio disponible en planta.

La figura que se presenta a continuación (ver figura 39 y ver figura 40) muestra el bosquejo de la distribución de planta propuesta para el sistema de producción de harina de chontaduro, estructurada con base en los lineamientos técnicos definidos a lo largo del proyecto. Esta distribución fue diseñada aplicando principios fundamentales de la ingeniería industrial, tales como la optimización del flujo de materiales, la disposición secuencial de las operaciones, la minimización de recorridos innecesarios, la reducción de tiempos improductivos y el uso eficiente del espacio físico disponible. Además, se tuvo en cuenta la accesibilidad para la supervisión, la ergonomía del operario, la seguridad industrial y la posibilidad de adaptación futura ante incrementos de capacidad o cambios en la demanda. La propuesta también responde a los resultados obtenidos mediante herramientas de análisis como la matriz de relaciones de actividades, el diagrama de flujo del proceso y la evaluación de alternativas de distribución. En conjunto, este bosquejo representa una solución integral que permite al sistema operar de manera coordinada, flexible y orientada al mejoramiento continuo, en coherencia con los objetivos de eficiencia, productividad y sostenibilidad establecidos desde el enfoque de la ingeniería industrial.

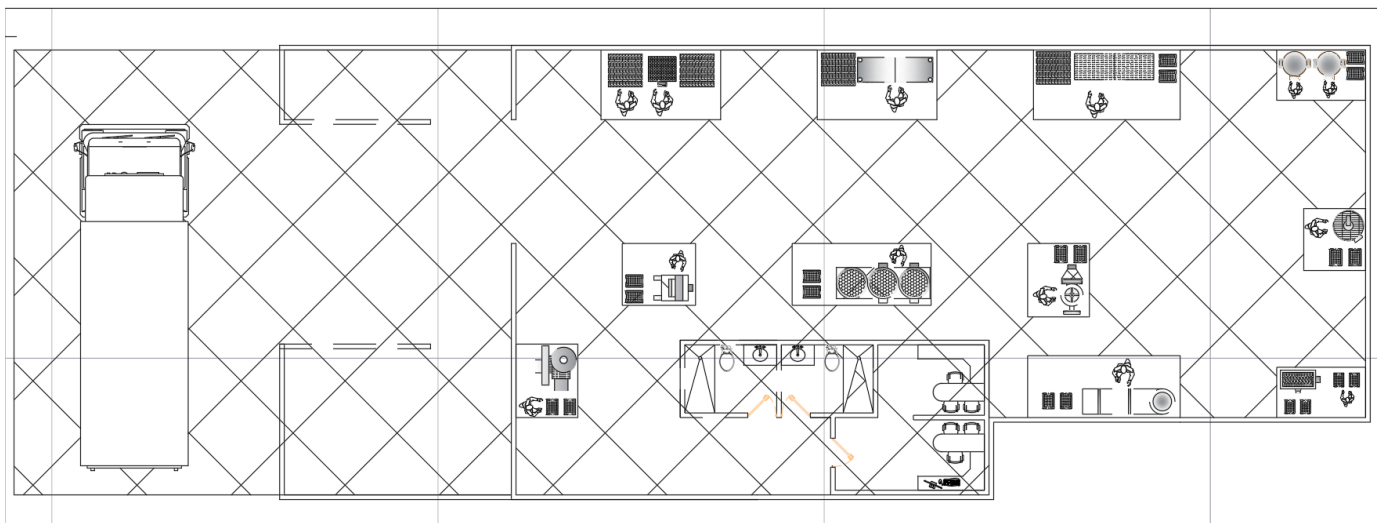


Figura 37. Bosquejo de distribución de planta

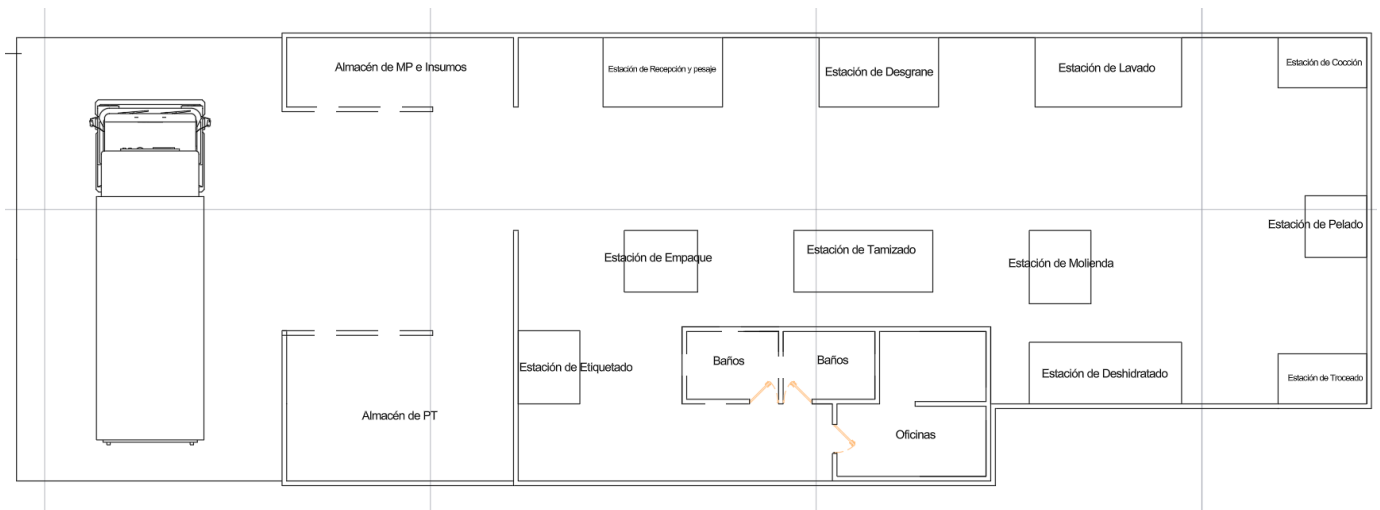


Figura 38. Bosquejo de distribución de planta

Tabla 50. Relaciones de áreas.

Código	Proximidad	Color	No. Líneas
A	Absolutamente necesario	Rojo	
E	Especialmente necesario	Amarillo	
I	Importante	Verde	
O	Normal	Azul	
U	Sin importancia	/	/
X	No recomendable	Negro	

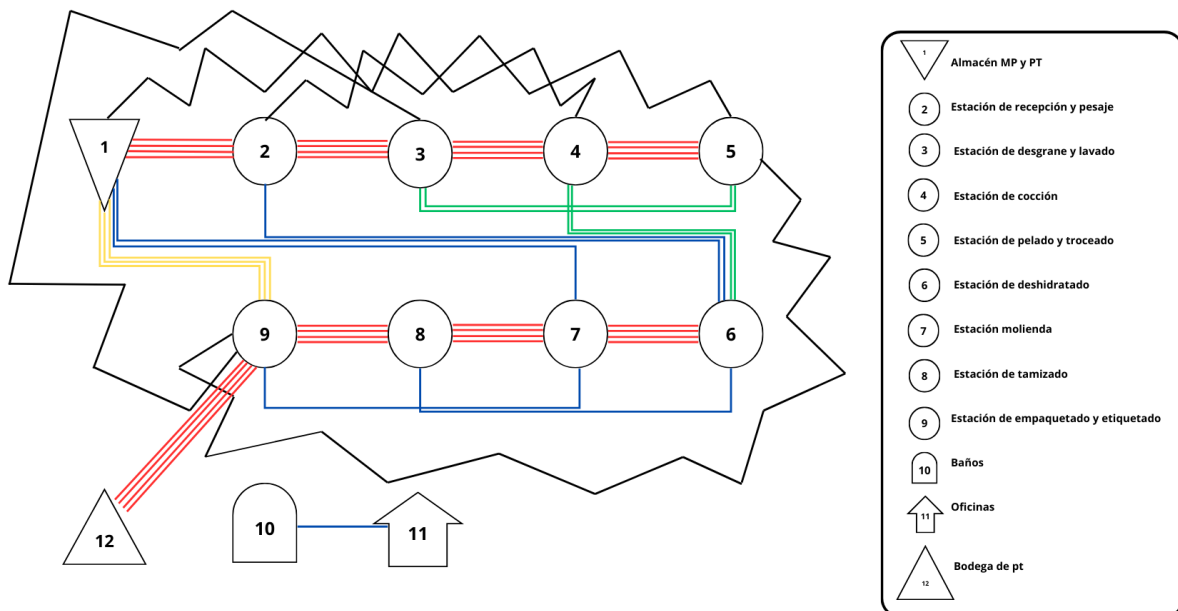


Figura 39. Diagrama relacional de actividades.

5.2. *Análisis de movimientos*

El análisis de movimientos es una herramienta fundamental dentro del estudio de métodos en ingeniería industrial, ya que permite descomponer detalladamente las actividades realizadas en un proceso para identificar posibles ineficiencias, redundancias o movimientos innecesarios. Este tipo de análisis busca optimizar la secuencia de tareas ejecutadas por el operario o el sistema, con el objetivo de mejorar el rendimiento, reducir los tiempos de operación y aumentar la productividad general del proceso.

Para el desarrollo del presente proyecto, se llevó a cabo un estudio específico del proceso de producción utilizando el cursograma analítico, con el fin de representar y evaluar detalladamente cada movimiento involucrado en las actividades de transformación.

5.3. *Cursograma Analítico*

El cursograma analítico es una representación gráfica que detalla cada una de las acciones o movimientos que realiza un operario, un objeto o una combinación de ambos en el transcurso de un proceso. Esta herramienta permite clasificar los movimientos en actividades como operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes, facilitando el análisis integral del proceso desde una perspectiva funcional y ergonómica.

El uso del cursograma analítico permite visualizar de manera estructurada las tareas, evidenciar ineficiencias, y proponer mejoras basadas en datos concretos. Gracias a esto, se pueden implementar acciones correctivas que eliminen movimientos innecesarios, reduzcan tiempos muertos y mejoren la fluidez del proceso. En este proyecto se elaboró un cursograma para cada una de las presentaciones de harina de chontaduro definidas, con el fin de evaluar sus diferencias operativas y documentar cómo se realizará el proceso (ver figura 42, ver figura 43 y ver figura 44).

Formato cursograma analítico							
Diagrama Num:	1	Actividad		Resumen			
Objeto: Analizar tiempos de proceso actual				Actual	Propuesta		
Actividad: Proceso de producción de harina de chontaduro de 1 kilogramo				43	N/A		
Método: Actual/Propuesto				13			
Lugar: San Jose delpalmar				1			
Operario (s): N Ficha núm: 1				1			
				1035			
Compuesto por: Equipo de	Fecha: Mayo -04- 2025	Método actual de producción de Harina de chontaduro (Presentación de 1 kilogramo)					
				Símbolo			
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	○	□	▷	
Entrada de Mp	1	2					
Transporte al area de recepción y pesaje	1	2					
pesaje de mp	1	30		●			
transporte de mp al area de desgrane	1	4					
preparación de máquina	1	4		●			
cargue de mp a la maquina	1	4		●			
Desgrane	2	60		●			
Descargue de maquina	1	2		●			
Transporte de mp al area de lavado	1	4					
preparación de maquina	1	2		●			
cargue de mp a la maquina	1	4		●			
lavado de mp	2	70		●			
Descargue de maquina	1	4		●			
Transporte de mp al area de cocción	1	4					
preparación de maquina	1	6		●			
cargue de mp a la maquina	1	15		●			
Cocción de mp	2	45		●			
Descargue de maquina	1	12		●			
Transporte de mp al area de pelado	1	4					
preparación de maquina	1	6		●			
cargue de mp a la maquina	1	8		●			
Pelado de mp	1	93		●			
Descargue de maquina	1	10		●			
Transporte de mp al area de troceado	1	4					
preparación de maquina	1	2		●			
cargue de mp a la maquina	1	10		●			
Troceado de mp	1	60		●			
Descargue de maquina	1	8		●			
Transporte de mp al area de deshidratado	1	4					
preparación de maquina	1	2		●			
cargue de mp a la maquina	1	2		●			
Deshidratado de mp	1	180		●			
Descargue de maquina	1	4		●			
Transporte de mp al area de molienda	1	4					
preparación de maquina	1	4		●			
cargue de mp a la maquina	1	12		●			
Molienda de mp	1	60		●			
Descargue de maquina	1	6		●			
Transporte de mp al area de tamizado	1	4					
preparación de maquina	1	6		●			
cargue de mp a la maquina	1	4		●			
Tamizado de mp	1	60		●			
Descargue de maquina	1	2		●			
Transporte de mp al area de empaque	1	4					
preparación de maquina	1	4		●			
cargue de mp a la maquina	1	4		●			
Empaque de mp	2	115		●			
Descargue de maquina	1	2		●			
Transporte de mp al area de etiquetado	1	4					
preparación de maquina	1	2		●			
cargue de mp a la maquina	1	2		●			
Etiquetado de mp	2	43		●			
Descargue de maquina	1	2		●			
Transporte de mp al area de detector de metales	1	4					
preparación de maquina	1	2		●			
cargue de mp a la maquina	1	2		●			
Revisión de producto terminado	1	6		●			
Transporte de pt al area de almacenamiento	1	3					
Bodega de Pt	1	3					
Total		1035		43	1	0	
						13	
						1	
						1	

Figura 40. Cursograma analítico 1kg

Formato cursograma analítico										
Diagrama Nur		Resumen								
Objeto: Analizar tiempos de proceso actual		Actividad			Actual			Propuesta		
Actividad: Proceso de producción de harina de chontaduro de 500 gramos		Operación ●			43			N/A		
Método: Actual/Propuesto		Transporte ➡			13					
Lugar: San Jose del palmar		Espera ▭			1					
Operario (s): Ficha núm: 1		Inspección ▣			1					
		Almacenamiento ▼			1					
Compuesto por: Equipo		Almacenamiento M.P. ▲			1060					
Fecha: Mayo -04- 2025		Metodo actual de producción de Harina de chontaduro (Presentación de 500 gramos)								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
				○	□	D	➡	▼	▲	
Entrada de Mp	1	2		○					▲	manual
Transporte al area de recepción y pesaje	1	2					➡			manual
pesaje de mp	1	30		○						manual
transporte de mp al area de desgrane	1	4					➡			manual
preparación de máquina	1	4		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	4		○						manual
Desgrane	2	60		○						manual
Descargue de maquina	1	2		○						manual
Transporte de mp al area de lavado	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	2		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	4		○						manual
lavado de mp	2	70		○						manual
Descargue de maquina	1	4		○						manual
Transporte de mp al area de cocción	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	6		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	15		○						manual
Cocción de mp	2	45		○						Automatico
Descargue de maquina	1	12		○						manual
Transporte de mp al area de pelado	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	6		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	8		○						manual
Pelado de mp	1	93		○						Automatico
Descargue de maquina	1	10		○						manual
Transporte de mp al area de troceado	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	2		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	10		○						manual
Troceado de mp	1	60		○						Automatico
Descargue de maquina	1	8		○						manual
Transporte de mp al area de deshidratado	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	2		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	2		○						manual
Deshidratado de mp	1	180		○						manual
Descargue de maquina	1	4		○						manual
Transporte de mp al area de molienda	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	4		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	12		○						manual
Molienda de mp	1	60		○						Automatico
Descargue de maquina	1	6		○						manual
Transporte de mp al area de tamizado	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	6		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	4		○						manual
Tamizado de mp	1	60		○						Automatico
Descargue de maquina	1	2		○						manual
Transporte de mp al area de empaque	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	4		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	4		○						manual
Empaque de mp	2	140		○						Automatico
Descargue de maquina	1	2		○						manual
Transporte de mp al area de etiquetado	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	2		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	2		○						manual
Etiquetado de mp	2	43		○						manual
Descargue de maquina	1	2		○						manual
Transporte de mp al area de detector de metales	1	4					➡			manual
preparación de maquina	1	2		○						manual
cargue de mp a la maquina	1	2		○						manual
Revisión de producto terminado	1	6				○				manual
Transporte de pt al area de almacenamiento	1	3					➡			manual
Bodega de Pt	1	3							○	manual
Total		1060		43	1	0	13	1	1	

Figura 41. Cursograma analítico 500gr







Formato cursograma analítico										
Diagrama Nur	1	Resumen								
Objeto: Analizar tiempos de proceso actual	Actividad		Actual	Propuesta						
Actividad: Proceso de producción de harina de chontaduro de 250 gramos	Operación 		43	N/A						
Método: Actual/Propuesto	Transporte 		13							
Lugar: San Jose del palmar	Espera 		1							
Operario (s): Ficha núm: 1	Inspección 		1							
	Almacenamiento 		1							
	Almacenamiento M.P. 		1							
	Tiempo (min-hombre)		1105							
Compuesto por: Equipo	Fecha: Mayo -04- 2025	Método actual de producción de Harina de chontaduro (Presentación de 250 gramos)								
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones	
Entrada de Mp	1	2								manual
Transporte al area de recepción y pesaje	1	2								manual
pesaje de mp	1	30								manual
transporte de mp al area de desgrane	1	4								manual
preparación de máquina	1	4								manual
cargue de mp a la maquina	1	4								manual
Desgrane	2	60								manual
Descargue de maquina	1	2								manual
Transporte de mp al area de lavado	1	4								manual
preparación de maquina	1	2								manual
cargue de mp a la maquina	1	4								manual
lavado de mp	2	70								manual
Descargue de maquina	1	4								manual
Transporte de mp al area de cocción	1	4								manual
preparación de maquina	1	6								manual
cargue de mp a la maquina	1	15								manual
Cocción de mp	2	45								Automatico
Descargue de maquina	1	12								manual
Transporte de mp al area de pelado	1	4								manual
preparación de maquina	1	6								manual
cargue de mp a la maquina	1	8								manual
Pelado de mp	1	93								Automatico
Descargue de maquina	1	10								manual
Transporte de mp al area de troceado	1	4								manual
preparación de maquina	1	2								manual
cargue de mp a la maquina	1	10								manual
Troceado de mp	1	60								Automatico
Descargue de maquina	1	8								manual
Transporte de mp al area de deshidratado	1	4								manual
preparación de maquina	1	2								manual
cargue de mp a la maquina	1	2								manual
Deshidratado de mp	1	180								manual
Descargue de maquina	1	4								manual
Transporte de mp al area de molienda	1	4								manual
preparación de maquina	1	4								manual
cargue de mp a la maquina	1	12								manual
Molienda de mp	1	60								Automatico
Descargue de maquina	1	6								manual
Transporte de mp al area de tamizado	1	4								manual
preparación de maquina	1	6								manual
cargue de mp a la maquina	1	4								manual
Tamizado de mp	1	60								Automatico
Descargue de maquina	1	2								manual
Transporte de mp al area de empaque	1	4								manual
preparación de maquina	1	4								manual
cargue de mp a la maquina	1	4								manual
Empaque de mp	2	185								Automatico
Descargue de maquina	1	2								manual
Transporte de mp al area de etiquetado	1	4								manual
preparación de maquina	1	2								manual
cargue de mp a la maquina	1	2								manual
Etiquetado de mp	2	43								manual
Descargue de maquina	1	2								manual
Transporte de mp al area de detector de metales	1	4								manual
preparación de maquina	1	2								manual
cargue de mp a la maquina	1	2								manual
Revisión de producto terminado	1	6								manual
Transporte de pt al area de almacenamiento	1	3								manual
Bodega de Pt	1	3								manual
Total		1105		43	1	0	13	1	1	

Figura 42. Cursograma analítico 250 gr

Finalmente, el cursograma analítico permitió organizar y visualizar de forma clara cada paso del proceso que se está estudiando. Esta herramienta sirve como apoyo para entender mejor cómo se desarrollan las actividades y puede ser muy útil más adelante si se quieren hacer mejoras o ajustes que optimicen el trabajo

5.4. Diagrama de Recorrido del Proceso

Luego de identificar y clasificar las actividades del proceso mediante el cursograma analítico, se procedió a realizar el diagrama de recorrido, una herramienta que complementa dicho análisis al representar gráficamente la disposición física del espacio donde se lleva a cabo el proceso productivo. Este diagrama permite visualizar cómo se mueven los materiales o el producto dentro de la planta, facilitando la detección de recorridos innecesarios, cruces, retrocesos o trayectos largos que afectan la eficiencia del sistema. En conjunto con el cursograma, el diagrama de recorrido proporciona una visión más completa tanto del contenido del trabajo como de su contexto espacial.

A continuación, se presenta el plano correspondiente al diagrama de recorrido del proceso productivo de la harina de chontaduro (ver figura 45), en el cual se señalan las áreas de trabajo, los equipos involucrados y las trayectorias que sigue el producto a lo largo de las diferentes etapas del proceso.

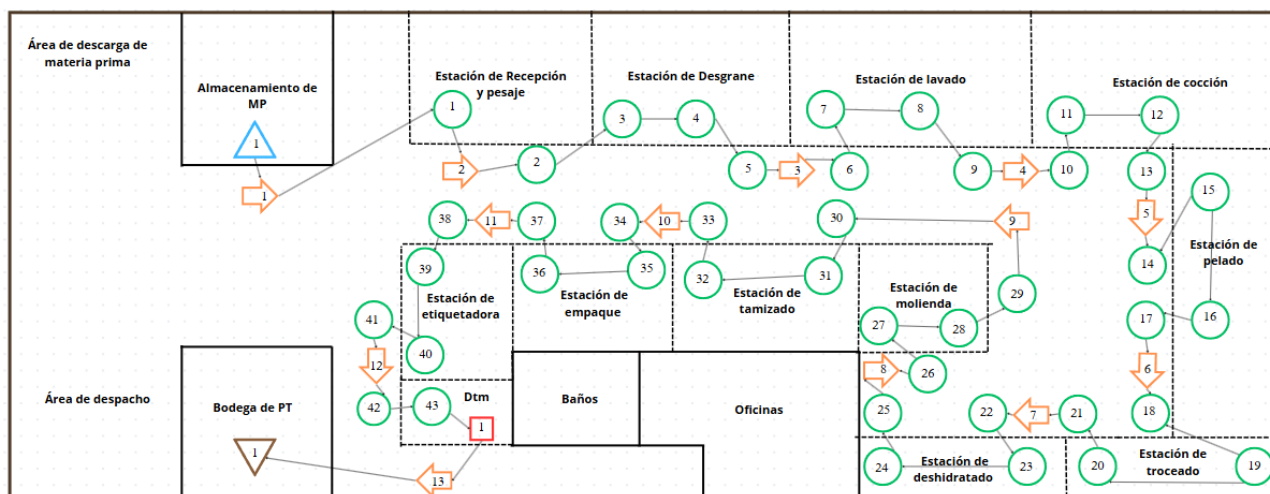


Figura 43. Diagrama del recorrido del proceso

Con este diagrama fue posible tener una visión más clara del flujo físico del proceso dentro del espacio de trabajo. La representación permitió identificar cómo se conectan las diferentes etapas del proceso y cómo se distribuyen los equipos y áreas, lo que servirá como base para futuras propuestas de mejora en la distribución de planta o en la reducción de tiempos y desplazamientos innecesarios.

V. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN PROPUESTO

Para evaluar la viabilidad del sistema de producción diseñado, se aplicó un enfoque combinado que integró informes técnicos de viabilidad y una simulación operativa en FlexSim. Los informes permitieron analizar aspectos clave como la capacidad instalada, los rendimientos por equipo y el cumplimiento de los requisitos técnicos del proceso, mientras que la simulación posibilitó visualizar el flujo de materiales, identificar cuellos de botella y validar los tiempos de ciclo. Esta evaluación integral

permitió anticipar el desempeño del sistema bajo condiciones reales, brindando soporte técnico a las decisiones de diseño y confirmando la eficiencia del modelo propuesto.

1. Estudio de viabilidad económica

Teniendo en cuenta la adecuación del espacio físico necesario para la operación, se estimó una inversión inicial de \$1.114.969.190 COP, que contempla las obras civiles requeridas, incluyendo la construcción de oficinas, la instalación de la red sanitaria, sistemas de seguridad, tecnología, y la adecuación de áreas comunes como comedor y zona de descanso para el personal.

Para determinar si el sistema de producción de harina de chontaduro es rentable y sostenible en el tiempo, se combinaron varias herramientas financieras: el cálculo del retorno sobre la inversión (ROI), el valor presente neto (VPN) y la tasa interna de retorno (TIR). Esta evaluación partió de proyecciones basadas en la capacidad instalada y la meta mensual de producción, considerando que aún no se cuenta con registros históricos de operación.

En primer lugar, se definieron todos los costos involucrados en el proceso. Los variables incluyeron insumos, servicios públicos, mano de obra directa y empaque. Los fijos abarcaron la inversión inicial en maquinaria, mantenimiento y administración. A partir de estos datos, se calcularon los costos unitarios por presentación y se aplicó un margen de ganancia del 50% para fijar los precios de venta, todos estos resultados fueron la base para estructurar el modelo financiero del proyecto, el cual fue desarrollado en Excel. A continuación, se presenta la tabla correspondiente, que permite visualizar con mayor claridad cada uno de los cálculos realizados y su impacto en los indicadores económicos evaluados.

Tabla 51. Estudio de viabilidad económica

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONOMICA						
Tasa de interés		4%				
Mes	inversión inicial	Utilidad neta mensual	Egresos externos	Flujo de caja	VAN	
0	- 1.114.969.190,00	0	0	-\$ 1.114.969.190,00	- 1.114.969.190,00	
1	0	\$ 104.416.896,02	\$ 3.900.000,00	\$ 100.516.896,02	96.650.861,56	
2	0	\$ 106.505.233,94	\$ 3.900.000,00	\$ 102.605.233,94	94.864.306,53	
3	0	\$ 108.635.338,62	\$ 3.900.000,00	\$ 104.735.338,62	93.109.334,66	
4	0	\$ 110.808.045,39	\$ 3.900.000,00	\$ 106.908.045,39	91.385.445,25	
5	0	\$ 113.024.206,30	\$ 3.900.000,00	\$ 109.124.206,30	89.692.143,16	
6	0	\$ 115.284.690,42	\$ 3.900.000,00	\$ 111.384.690,42	88.028.938,79	
7	0	\$ 117.590.384,23	\$ 3.900.000,00	\$ 113.690.384,23	86.395.348,17	
8	0	\$ 119.942.191,92	\$ 3.900.000,00	\$ 116.042.191,92	84.790.893,00	
9	0	\$ 122.341.035,76	\$ 3.900.000,00	\$ 118.441.035,76	83.215.100,67	
10	0	\$ 124.787.856,47	\$ 3.900.000,00	\$ 120.887.856,47	81.667.504,28	
11	0	\$ 127.283.613,60	\$ 3.900.000,00	\$ 123.383.613,60	80.147.642,66	
12	0	\$ 129.829.285,87	\$ 3.900.000,00	\$ 125.929.285,87	78.655.060,41	
Valor presente neto (VPN)		- 66.366.610,87				
Tasa interna de retorno (TIR)		3%				
Retorno sobre la inversión (ROI)		25,60%				

En un horizonte de 12 meses, es decir, durante el primer año de operación, al proyecto aún le faltarían \$66.366.610,87 COP para recuperar la totalidad del capital invertido. No obstante, el análisis financiero estima que el punto de equilibrio se alcanzaría alrededor del mes 13,6, lo que confirma un retorno favorable.

La viabilidad financiera del proyecto se evalúa mediante el análisis de los flujos de caja descontados a una tasa del 4% mensual, obteniéndose un Valor Presente Neto (VPN) de -\$66.366.610,82 COP al cierre del primer año. Este resultado evidencia que,

aunque el proyecto genera beneficios netos desde el inicio, la inversión inicial aún no se recupera completamente en los primeros doce meses.

Sin embargo, el comportamiento de los ingresos muestra una tendencia creciente y sostenida, con un aumento del 2% mensual, lo que proyecta un crecimiento exponencial en los flujos de caja posteriores. Por esta razón, aunque la Tasa Interna de Retorno (TIR) estimada en el primer año es inferior al 4% mensual, se espera que supere este umbral en un horizonte más amplio, haciendo que el proyecto se torne financieramente atractivo en el mediano y largo plazo, con perspectivas claras de rentabilidad sostenida.

Uno de los aspectos más destacados es que el chontaduro materia prima central del proyecto no representa un costo, ya que se aprovechan excedentes de cosecha que normalmente se pierden. Esto no solo optimiza la rentabilidad, sino que convierte al proyecto en una solución sustentable, al reducir el desperdicio alimentario y generar impacto social en zonas productoras.

Este sistema no solo es financieramente viable a largo plazo, sino que también está alineado con principios de sostenibilidad y uso eficiente de recursos. Los detalles del análisis están ampliados en la tabla del Anexo 8.

2. Informe ambiental

El presente informe ambiental tiene como finalidad analizar los impactos, medidas de mitigación y estrategias de sostenibilidad asociadas al proyecto de diseño de un sistema de producción de harina de chontaduro. El enfoque del proyecto no solo busca optimizar la eficiencia productiva, sino también garantizar el uso responsable de los recursos naturales, minimizar la huella ecológica y contribuir al desarrollo sostenible de la región del Chocó.

2.1. Impactos ambientales identificados

Durante el desarrollo del proyecto se identificaron diversos impactos ambientales potenciales asociados al proceso de transformación del chontaduro, los cuales se clasifican de la siguiente manera (ver tabla 52):

Tabla 52. Fuente de impactos

Fuente de impacto	Descripción
Secado de chontaduro	Alto consumo energético si se utilizan hornos eléctricos sin eficiencia. Generación de emisiones si se emplea leña.
Molienda y procesamiento	Riesgo de contaminación acústica por el ruido de los equipos si no se implementan barreras acústicas o implemento necesarios para la protección de los operarios.
Residuos orgánicos	Generación de subproductos como cascaras y semillas, que, sin manejo adecuado, pueden terminar en vertederos.
Uso de agua en limpieza	Consumo de agua y riesgo de vertimiento sin tratamiento previo.
Ubicación de la planta	Riesgo de afectación a ecosistemas si se ubica cerca de cuerpos de agua o zonas de alta biodiversidad.

2.2. Estrategias de mitigación

Para reducir los impactos negativos del sistema productivo, se proponen las siguientes estrategias de mitigación:

- Implementar hornos de secado eficientes con control térmico y uso de energías renovables si es posible.
- Establecer zonas de amortiguamiento acústico para mitigar el ruido de los equipos.
- Aprovechar subproductos del chontaduro en la producción de compost, biocombustibles o alimento animal.
- Diseñar un sistema de tratamiento primario de aguas residuales para uso agrícola o descarga segura.
- Localizar la planta en áreas intervenidas, alejadas de ecosistemas sensibles, con acceso controlado y planificación del uso del suelo.

2.3. lineación con la sostenibilidad

El sistema propuesto busca integrar prácticas de producción limpia, impulsando una agroindustria que valore los recursos locales sin comprometer la integridad ambiental. En este sentido, el proyecto se articula con los principios de economía circular, proponiendo el reaprovechamiento de subproductos y la eficiencia energética como ejes centrales. A largo plazo, se espera que el sistema sea replicable y adaptable a otras regiones, promoviendo el desarrollo territorial con enfoque ambiental.

2.4. Normatividad ambiental aplicable

El diseño del sistema deberá cumplir con la normativa ambiental vigente en Colombia, entre las que se incluyen:

- Ley 99 de 1993: Marco general ambiental.
- Decreto 1076 de 2015: Uso y aprovechamiento de recursos naturales.
- Resolución 909 de 2008: Emisión de contaminantes al aire.
- Resolución 1207 de 2014: Manejo de residuos orgánicos.
- ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental.
- Código Sanitario Nacional - Ley 9 de 1979.

2.5. Desempeño ambiental alcanzado

Los indicadores clave de desempeño (KPI) implementados durante el proyecto evidencian logros ambientales sobresalientes (ver tabla 53):

Tabla 53. Resultado de indicadores

Indicador	Resultado alcanzado
% de aprovechamiento de materia prima	Se logró transformar gran porcentaje del chontaduro recolectado en producto comercializable.

Reducción de residuos orgánicos	Se alcanzó una disminución del 80% en la generación de residuos gracias a la valorización integral de subproductos.
Consumo energético del sistema	El uso de hornos eficientes permitió mantener un consumo estable.
Reutilización de agua tratada	Más del 90% del agua utilizada en el lavado fue reutilizada en actividades agrícolas.
Control de contaminación acústica	Los niveles de ruido se mantuvieron por debajo cumpliendo con los límites legales establecido.

El sistema de producción de harina de chontaduro representa una oportunidad para implementar un modelo agroindustrial ambientalmente responsable en el Chocó. Al considerar desde su fase de diseño medidas de mitigación y alineación con marcos normativos y principios de sostenibilidad, este proyecto aporta no solo al desarrollo productivo regional, sino también a la conservación de los recursos naturales, la salud comunitaria y la resiliencia frente al cambio climático.

3. Informe social del proyecto

El presente informe social tiene como propósito exponer los impactos, beneficios y aportes del proyecto de diseño de un sistema productivo de harina de chontaduro en el corregimiento de Puerto Palmar (Chocó), desde una perspectiva humana y comunitaria. Se parte del reconocimiento de que la ingeniería industrial, más allá de su dimensión técnica, debe contribuir activamente al desarrollo social, la equidad económica y el bienestar de las comunidades.

3.1. Contexto social y diagnóstico comunitario

En el departamento del Chocó, especialmente en zonas como San José del Palmar, la economía rural gira en torno a cultivos tradicionales como el chontaduro. A pesar de su potencial nutricional y económico, el fruto presenta un alto nivel de desperdicio pos-cosecha, cercano al 22%, debido a la falta de infraestructura de transformación y comercialización. Las comunidades locales integradas en su mayoría por pequeños agricultores, madres cabeza de hogar y jóvenes rurales dependen económicamente del cultivo, pero enfrentan condiciones de vulnerabilidad estructural: bajos ingresos, limitado acceso a tecnología, escasa diversificación productiva y dificultades para integrarse a mercados formales.

3.2. Propósito social del Proyecto

Este proyecto responde a una necesidad urgente: generar valor agregado a partir del chontaduro, fortaleciendo la economía local y creando un sistema sostenible que permita transformar un recurso subutilizado en una fuente de ingresos estable y digna. A través del diseño de una planta de producción de harina, se busca:

- Aumentar la empleabilidad en zonas rurales.
- Reducir el desperdicio agrícola.
- Impulsar el empoderamiento económico de comunidades vulnerables.
- Revalorizar el conocimiento local en torno al cultivo del chontaduro.

3.3. Impacto social

A continuación se realiza un análisis y se concluye con la presentación de una tabla con las dimensiones e impactos sociales que abarca el proyecto del proceso productivo de harina de chontaduro (ver tabla 54).

Tabla 54. Dimensiones e impactos sociales

Dimensión	Impacto
Económica	Generación de empleo rural, incremento de ingresos para 230 familias productoras fortalecimiento del comercio local
Educativa	Capacitación técnica de los operarios y formación en buenas prácticas agroindustriales
Equidad de género	Priorización de mujeres cabeza de hogar y jóvenes en situación de vulnerabilidad como fuerza laboral.
Territorial	Fortalecimiento de la soberanía alimentaria en el chocó y valorización de productos locales.
Cultural	Rescate del valor simbólico del chontaduro como alimento tradicional y representación cultural del pacífico colombiano.
Ambiental	Aprovechamiento de residuos orgánicos y disminución del impacto por disposición inadecuada de excedentes agrícolas.

3.4. Participación de la comunidad

El diseño del sistema se construyó con la participación de asociaciones como Asopalmar y en articulación con el proyecto Agroinnova, permitiendo integrar el conocimiento técnico con el saber local. Esto promueve un modelo de co-creación de soluciones que no impone, sino que construye con la comunidad beneficiaria.

3.5. Alineación con los ODS

Este proyecto contribuye directamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 1: Fin de la pobreza
- ODS 2: Hambre cero
- ODS 5: Igualdad de género
- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico
- ODS 12: Producción y consumo responsables
- ODS 13: Acción por el clima

El proyecto de diseño del sistema de producción de harina de chontaduro representa una solución real, escalable y sostenible para transformar la realidad de las comunidades rurales del Chocó. Su implementación no solo mejoraría las condiciones económicas de los productores, sino que también permitiría consolidar un modelo de desarrollo que respete la cultura,

promueva la equidad y proteja el medio ambiente. Es un claro ejemplo de cómo la ingeniería industrial puede y debe contribuir al desarrollo humano integral.

4. Informe de seguridad del proyecto

El presente informe presenta el Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) diseñado para el sistema de producción de harina de chontaduro. Su propósito es prevenir riesgos laborales, garantizar un entorno seguro para los operarios y cumplir con la normativa vigente. A través de controles administrativos, técnicos y el uso adecuado de elementos de protección personal, se promueve una operación eficiente, responsable y alineada con los principios de salud ocupacional.

4.1. Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

Se realizó un análisis detallado de cada operación del sistema productivo, identificando los principales peligros y tipos de riesgo, así como las medidas de control propuestas (ver tabla 55):

Tabla 55. Identificación peligros

Proceso	Peligro principal	Tipo de riesgo	Control propuesto
Recepción y pesaje	Manipulación de cargas	Biomecánico	Capacitación, ayudas ergonómicas
Lavado	Contacto con agua y detergentes	Químico y biológico	Uso de guantes y protocolo de higiene
Cocción	Temperaturas elevadas	Físico (quemaduras)	EPP térmico, señalización y capacitación
Pelado y troceado	Lesiones de herramienta	Mecánico	Capacitación, uso de guantes cortantes
Molienda y tamizado	Inhalación de partículas	Riesgo respiratorio	Tapabocas N95, ventilación local
Empaque y etiquetado	Movimientos repetitivos, cortes leves	Ergonómico y mecánico	Pausas activas, guantes, señalización

4.2. *Medidas de Prevención y Control*

Para garantizar un entorno seguro y saludable en el sistema productivo de harina de chontaduro, se han establecido medidas de prevención y control organizadas en tres niveles: controles administrativos, controles de ingeniería y elementos de protección personal (EPP). Estas acciones permiten minimizar la exposición a riesgos laborales, asegurar el cumplimiento de la normativa vigente y fomentar una cultura de autocuidado y bienestar.

4.3. *Controles Administrativos*

Los controles administrativos comprenden todas las políticas, procedimientos y acciones organizacionales orientadas a reducir los riesgos desde la planificación del trabajo. Se implementará un plan de capacitación inicial y periódica, en el que cada trabajador recibirá formación sobre riesgos propios de su estación, uso correcto de EPP, manejo de emergencias y operación segura de los equipos. Esta formación será actualizada cada seis meses.

Se estandarizarán todos los procedimientos operativos mediante instructivas visuales por estación, que indicarán claramente el paso a paso de cada tarea, advertencias de seguridad y controles de calidad. Adicionalmente, se incorporarán pausas activas obligatorias de 10 minutos cada 2 horas para prevenir la fatiga física y mental, especialmente en actividades repetitivas como troceado o empaclado. También se aplicará una rotación semanal de tareas entre estaciones con diferentes niveles de exigencia física, promoviendo la recuperación muscular y evitando lesiones osteomusculares.

4.4. *Controles de Ingeniería*

Los controles de ingeniería se enfocan en adaptar el entorno físico y tecnológico para eliminar o minimizar peligros. Todas las estaciones de trabajo contarán con señalización visible y codificada por colores, indicando riesgos como superficies calientes, áreas húmedas, equipos en movimiento o zonas de alta temperatura.

En estaciones críticas como molienda o tamizado, se instalarán sistemas de ventilación localizada o extractores para evitar acumulación de polvo fino en el aire. En la zona de cocción, se aplicará aislamiento térmico a las marmitas y secadores, reduciendo el riesgo de quemaduras por contacto accidental.

La siguiente imagen [28] muestra una representación 3D de un área de planta en donde se aplican medidas de ingeniería y administrativas (ver figura 46). Se observa al operario en un entorno señalizado, con extractor de aire sobre el tamizador, advertencias por temperatura y cuchillas, tapete antifatiga, y disposición ergonómica del espacio. Esta escena recrea fielmente cómo debe implementarse un entorno seguro en zonas térmicas y de molienda.



Figura 44. Representación 3D

En zonas de lavado y selección, donde hay presencia de agua y superficies mojadas, se instalarán alfombrillas antideslizantes, drenajes de piso y señalización de "piso húmedo" para prevenir resbalones. Además, se garantizará una iluminación mínima de 500 lux en todas las estaciones operativas, especialmente donde se realicen inspecciones visuales de calidad.

En la siguiente imagen 3D [28] se observa la estación de lavado (ver figura 47). El operario está debidamente equipado y la planta presenta señales de advertencia como "PISO MOJADO", "SUPERFICIE CALIENTE" y "USO DE EPP". Esta ilustración enfatiza cómo deben organizarse zonas húmedas y térmicas para cumplir con las normativas de seguridad.



Figura 45. Representación lavada 3D

4.5. Elementos de Protección Personal (EPP)

Los EPP representan la última línea de defensa ante posibles riesgos no controlados por medios técnicos o administrativos. En este sistema productivo, todo el personal deberá portar guantes apropiados (de nitrilo, térmicos o cortantes según la estación), tapabocas tipo N95 o con filtro en zonas de molienda, gafas de seguridad, botas de seguridad antideslizantes con puntera, cofias, delantales impermeables y, en caso de niveles altos de ruido, protectores auditivos tipo copa o tapones.

Estos elementos estarán disponibles para todos los operarios y serán inspeccionados semanalmente para garantizar su buen estado. Además, la empresa asumirá la reposición periódica de los mismos como parte de su compromiso con la salud ocupacional.

5. Simulación del proceso productivo.

Como parte del desarrollo del presente proyecto, se llevó a cabo una simulación computacional del sistema propuesto para la producción de harina de chontaduro, utilizando el software FlexSim. El modelo, representado en la siguiente imagen, fue construido con base en los parámetros técnicos reales del proceso productivo, incluyendo las estaciones de trabajo, tiempos de procesamiento, rendimientos por etapa y distribución de flujos, teniendo en cuenta que la simulación se centra en la circulación de la materia por el sistema y la interacción en las áreas de trabajo. Esta simulación permitió replicar de manera virtual el comportamiento del sistema bajo condiciones controladas, con el objetivo de evaluar su viabilidad operativa (ver figura 48).

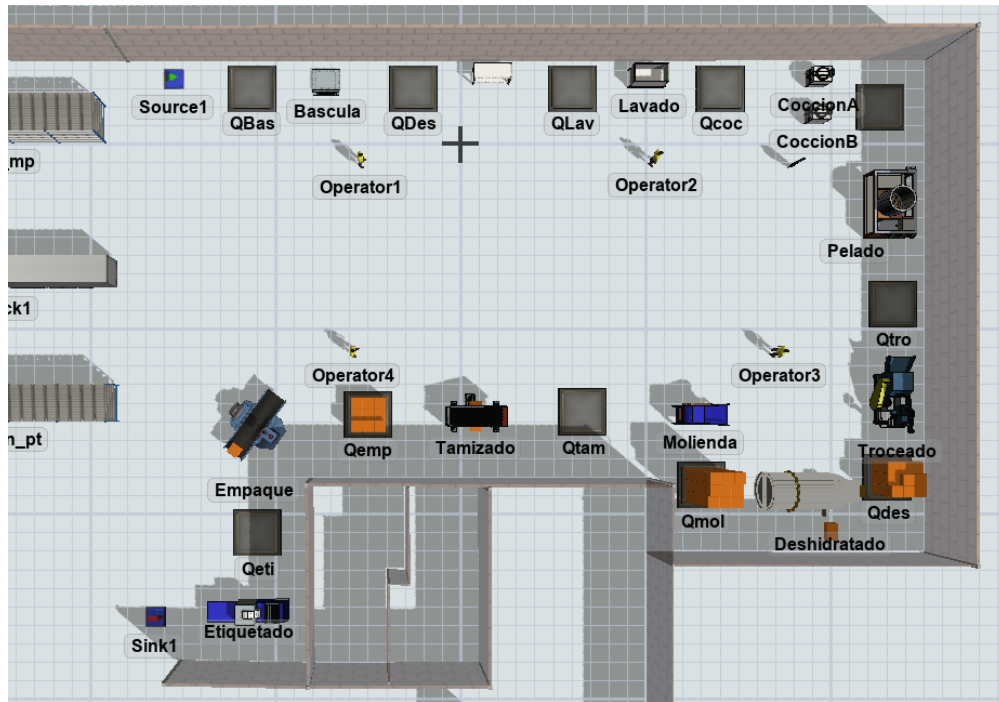


Figura 46. Simulación

A través de esta herramienta, se analizaron diversos indicadores clave de desempeño (KPI), tales como la eficiencia productiva, el tiempo de permanencia del producto, la acumulación en colas y las pérdidas de materia prima. A continuación, se presentan los resultados obtenidos y su respectiva interpretación, inicialmente con los tiempos de permanencia tanto en Cola como en proceso (ver tabla 56).

Tabla 56. Staytime

Staytime 1				Staytime 2			
Object	AvgStaytime	MinStaytime	MaxStaytime	Object	AvgStaytime	MinStaytime	MaxStaytime
QBas	30.00	0	60.00	Desgranado	60.00	60.00	60
QDes	0.00	0	0.00	Lavado	35.00	35.00	35
QLav	0.00	0	0.00	CoccionB	90.00	90.00	90
Qcoc	1.50	0	30.00	CoccionA	90.00	90.00	90
Qpel	23.00	0	49.00	Pelado	1.00	1.00	1
Qtro	0.00	0	0.00	Troceado	1.00	1.00	1
Qdes	28.71	0	99.00	Deshidratado	180.00	180.00	180
Qmol	13.47	0	28.00	Molienda	2.00	2.00	2
Qtam	0.00	0	0.00	Tamizado	2.00	2.00	2
Qemp	13.34	0	33.00	Empaque	2.00	2.00	2
Qeti	0.00	0	0.00	Etiquetado	2.00	2.00	2
				Bascula	60.00	60.00	60

En las colas, se destacan QBas (30.00 min), Qpel (23.00 min), Qdes (28.71 min) y Qemp (13.44 min) como puntos con mayor tiempo de permanencia promedio, lo que sugiere acumulación significativa en la recepción del producto, el pelado, el deshidratado y el empaque. Esto puede deberse a una entrada temprana de los lotes y a limitaciones en la capacidad de atención de los procesos que siguen. Por su parte, en los procesadores, los tiempos están alineados con los valores programados en el modelo, como Cocción A y B (90 min), Deshidratado (180 min), Desgranado y Báscula (60 min), lo que, valida la fidelidad del modelo con respecto a los tiempos reales estimados para cada operación, siendo la cocción y el deshidratado los cuellos de botella del sistema.

Desde la perspectiva de los indicadores clave de desempeño, estos resultados tienen un impacto directo sobre el KPI de tiempo total de ciclo del sistema, al evidenciar dónde se presentan mayores retrasos y acumulaciones. Además, este análisis aporta a la mejora del KPI de nivel de servicio, ya que, al identificar las estaciones con mayor tiempo de espera o procesamiento, es posible priorizar intervenciones que aumenten la velocidad de respuesta del sistema y reduzcan el inventario en proceso.

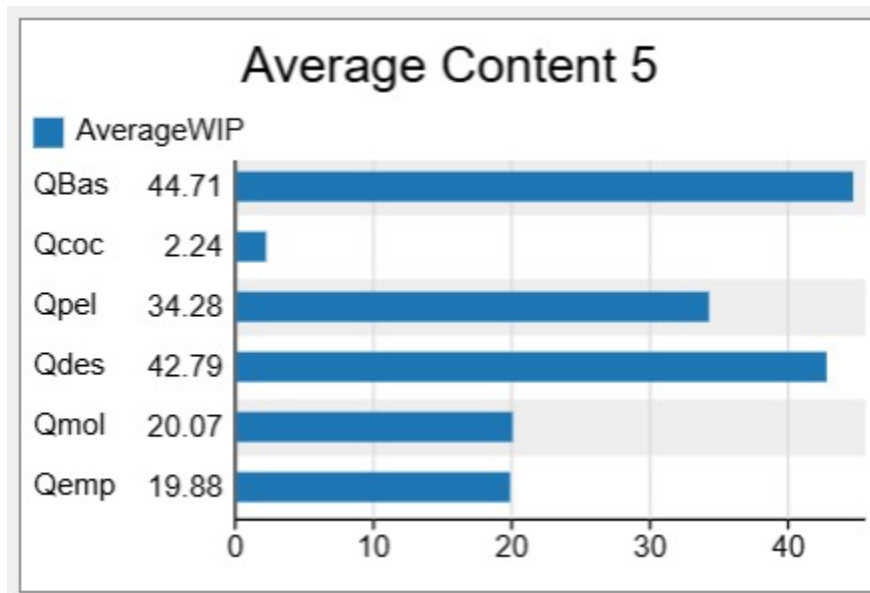


Figura 47. Average Content

El dashboard *Average Content* presenta la cantidad promedio de lotes acumulados en distintas colas del sistema. Se destacan QBas (44.71) y Qdes (42.79) como las estaciones con mayor contenido en proceso, lo que indica congestión en las etapas de recepción y desgranado. Qpel (34.28) también muestra una acumulación considerable, lo que podría deberse a una velocidad limitada del proceso de pelado o a una asignación insuficiente de operadores. En contraste, Qcoc (2.24) presenta una acumulación mínima, lo que refleja una adecuada capacidad de respuesta en la cocción.

Este comportamiento se relaciona con el nivel de WIP, el cual afecta directamente la eficiencia general del sistema. Una acumulación excesiva incrementa los tiempos de espera y reduce la capacidad de respuesta del sistema ante la demanda diaria. En un futuro y con mayor crecimiento en la planta, se recomienda implementar un balance de línea nuevamente, redistribuyendo tiempos de procesamiento o asignando recursos adicionales en las estaciones con mayor acumulación. Por ejemplo, la adición de un segundo operador en Desgranado o una revisión del ritmo de entrada desde QBas podría contribuir a reducir el WIP y mejorar el flujo continuo de producción. Esta acción fortalecería los KPI de eficiencia operativa y nivel de servicio, al disminuir los tiempos de espera y asegurar el cumplimiento de los 1000 kg diarios procesados.

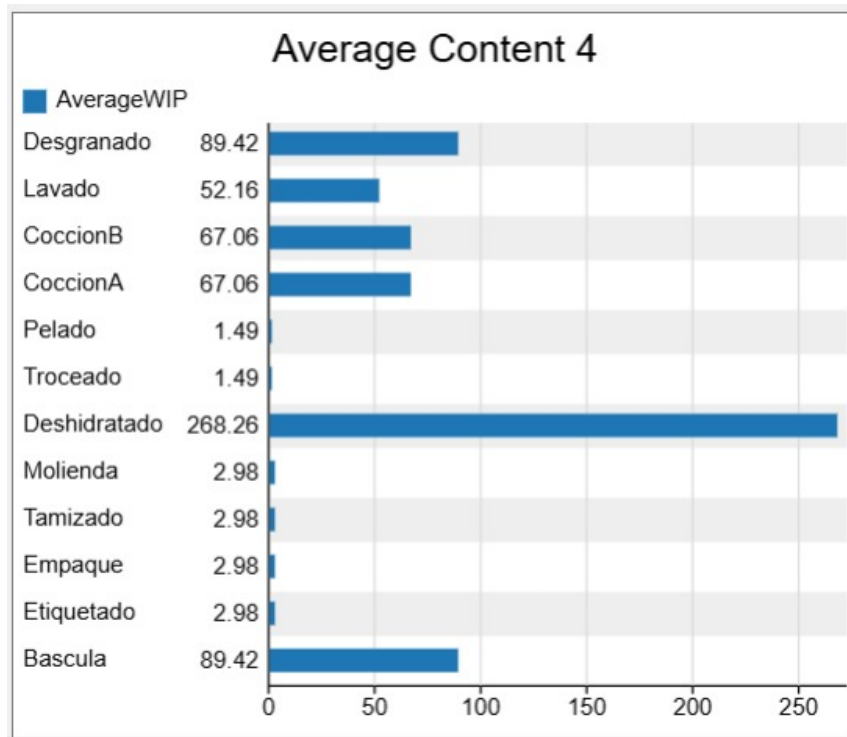


Figura 48. Average Content 2

El anterior dashboard *Average Content* muestra una acumulación considerable en Deshidratado (268.26 lotes), lo que indica una fuerte saturación en esta etapa. También se evidencian niveles relevantes en Desgranado (89.42), Cocción A/B (67.06) y Lavado (52.16), lo que refuerza la presencia de un cuello de botella en la zona media del proceso. Este resultado se relaciona con el KPI de eficiencia de flujo, ya que una acumulación elevada ralentiza el avance de los lotes y compromete la continuidad operativa. Como medida viable dentro del contexto del proyecto, se sugiere revisar la programación de los lotes y aplicar una lógica de control de liberación (release control) que limite el ingreso de producto al sistema con base en la capacidad disponible en deshidratado. Esta estrategia permitiría reducir la sobrecarga sin modificar la infraestructura, mejorando la utilización equilibrada.



Figura 49. State

El dashboard *State* mostrado anteriormente, equivale a los porcentajes de utilización activa de cada estación durante la jornada. Las estaciones Deshidratado (57.82%), Empaque y Etiquetado (29.81%), y Cocción A/B (26.83%) presentan los mayores niveles de uso, indicando su rol central y continuo dentro del proceso. Por otro lado, estaciones como Desgranado, Pelado, Troceado y Lavado muestran porcentajes de uso menores al 20%, lo cual no necesariamente refleja subutilización, sino que en este sistema estas operaciones se realizan solo una vez por lote en momentos específicos del flujo. Esta información se relaciona con el KPI de utilización de recursos, y permite tomar decisiones enfocadas en la optimización del calendario operativo, garantizando que los recursos estén disponibles cuando se necesitan sin incurrir en sobreasignación. Una acción viable sería revisar la secuencia de ejecución o reagrupar tareas por bloque, para maximizar la eficiencia sin modificar la infraestructura ni la capacidad instalada.

VI. CONCLUSIONES

Este proyecto de tesis abordó una necesidad apremiante en el departamento del Chocó, el excedente de 500 toneladas de chontaduro durante las épocas de mayor cosecha se transformó en una oportunidad, nos enfocamos en diseñar y validar un sistema de producción que convierte el chontaduro en harina. Nuestra solución se cimentó en un enfoque de ingeniería industrial, utilizando herramientas como el análisis funcional, el balance de línea, el diseño de procesos, la simulación de operaciones y modelos de gestión de inventarios. El resultado fue una propuesta sólida, sostenible y alineada con los objetivos planteados.

El primer objetivo específico nos llevó a diseñar una línea de producción eficiente, equipada con máquinas clave como la despulpadora, deshidratadora, molino y tamizadora, seleccionadas por su rendimiento. Calculamos que, con una entrada diaria de 1.080 kg de chontaduro fresco, se podrían producir alrededor de 189,5 kg de harina al día. Esto significa una eficiencia global del 17,55% del peso inicial, incluso después de considerar las pérdidas inevitables por cáscara, semilla, humedad y molienda.

Para cumplir el segundo objetivo, implementamos un modelo de Producción Económica por Lotes (EPQ) con acumulación de stock planificada, pensando en una operación de 8 meses al año. Determinamos que la cantidad óptima por lote sería de 2.388,96 kg de harina, con un punto de reorden de 574,5 kg. Este modelo asegura que siempre haya suficiente producto, incluso cuando la disponibilidad de la fruta es baja, y al mismo tiempo, ayuda a equilibrar los costos de producción, almacenamiento y rotación. Además, simulamos el sistema completo en FlexSim, creando un diseño en forma de U que demostró la viabilidad del proceso desde la recepción de la materia prima hasta el empaque. Los resultados de la simulación, como una eficiencia de línea superior al 80%, un tiempo de ciclo de 6 horas por lote, y una utilización de equipos crítica por encima del 70% (especialmente en la deshidratadora y el molino), confirmaron la estabilidad y eficacia del flujo de trabajo.

Finalmente, respecto al tercer objetivo, los datos resaltan la sostenibilidad del sistema. A nivel ambiental, reducimos significativamente los desechos orgánicos al aprovechar toda la materia prima de Asopalmar: una parte para la harina y los residuos como abono para los cultivos. Esto no solo maximiza el uso de los recursos, sino que también genera valor de un subproducto estacional. Socialmente, este proyecto abre oportunidades de empleo en zonas rurales, estimando inicialmente 7 operarios por estación, además de personal logístico y de supervisión. También esperamos una contribución sustancial al fortalecimiento de la soberanía alimentaria y a la reactivación económica de la región, sobre todo en comunidades con poca industrialización.

VII. RECOMENDACIONES

A partir del diseño y validación del sistema productivo propuesto, se recomienda establecer alianzas estratégicas y sostenibles con asociaciones de productores locales, tales como Asopalmar u organizaciones similares, con el fin de asegurar el abastecimiento continuo y oportuno de chontaduro fresco durante los ocho meses de cosecha. Este vínculo debe ser gestionado mediante acuerdos contractuales formales, que incluyan criterios de calidad, fechas de entrega, volúmenes mínimos y precios justos, permitiendo así una articulación eficiente entre la oferta primaria y el proceso industrial.

De igual manera, se aconseja gestionar mecanismos de apoyo institucional y financiamiento público-privado que faciliten la puesta en marcha del sistema productivo. Entidades como el SENA, la Gobernación del Chocó, iNNpulsa Colombia y fondos de desarrollo rural del Ministerio de Agricultura pueden desempeñar un papel fundamental en la financiación de infraestructura, adquisición de maquinaria, capacitación de operarios, cumplimiento normativo (como el registro INVIMA) y comercialización inicial del producto.

El análisis financiero desarrollado a lo largo del proyecto permite concluir que, si bien la inversión inicial no se recupera completamente en el primer año presentando un VPN negativo de \$66.366.610,82 COP sin embargo, los resultados proyectados evidencian una sólida tendencia de crecimiento. El flujo de caja neto mensual, impulsado por un incremento sostenido del 2%, y un ROI cercano al 26% al finalizar el primer año, reflejan un modelo con alto potencial de rentabilidad en el mediano y largo plazo. Además, la naturaleza del insumo principal (chontaduro excedente) reduce significativamente los costos variables, favoreciendo la sostenibilidad financiera del sistema. En conjunto, estos elementos respaldan la viabilidad económica del proyecto y lo posicionan como una iniciativa que no solo puede generar retornos atractivos, sino también contribuir al aprovechamiento eficiente de recursos agroindustriales y al desarrollo productivo regional.

Además, es necesario implementar un programa de formación técnica especializado para operarios, enfocado en el uso correcto de equipos como el molino de martillos y el horno deshidratador, así como en buenas prácticas de manufactura, control de calidad y medidas de seguridad industrial. Esta formación debe incluir rutinas de mantenimiento preventivo, limpieza y calibración, con el fin de extender la vida útil de los equipos y garantizar la estabilidad del proceso productivo.

Otro aspecto clave es el establecimiento de protocolos rigurosos de calidad del producto, en los que se definan los parámetros de granulometría óptima, porcentaje de humedad final (idealmente entre 12% y 14%), coloración homogénea y ausencia de residuos extraños. Esto facilitará el posicionamiento de la harina como un producto estandarizado, competitivo y atractivo tanto para el consumidor final como para la industria alimentaria.

Finalmente, se recomienda explorar líneas de diversificación del portafolio, desarrollando productos derivados como mezclas para panadería, arepas, galletas integrales, sopas deshidratadas o alimentos funcionales enriquecidos. Esta diversificación no solo

incrementaría el valor agregado por unidad producida, sino que también permitiría la implementación en mercados especializados como el saludable, vegano o gourmet, a nivel nacional e incluso internacional.

VIII. REFERENCIAS

- [1] M. P. Pinero Corredor. “Chontaduro: Características, propiedades y usos”. Mejor con Salud. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://mejorconsalud.as.com/chontaduro-caracteristicas-propiedades-usos/>
- [2] Upra. “En enero de 2024, el sector agropecuario generó 244.000 empleos”. Agronet. Accedido el 17 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/En-enero-de-2024,-el-sector-agropecuario-genero-244-000-empleos.aspx>
- [3] Universidad Nacional De Colombia. “Aceite de chontaduro, con potencial en industria cosmética”. Agencia UNAL: Universidad Nacional de Colombia. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/aceite-de-chontaduro-con-potencial-en-industria-cosmetica>
- [4] J. M. Gutiérrez Sanchez, “Investigación de mercados para introducir un nuevo producto cosmético: Bronceador a base de aceite de chontaduro para mujeres de los 15 a los 25 años pertenecientes a los niveles socioeconomicos 3, 4, 5 y 6”, Trabajo de grado, UNIV. AUTON. OCCIDENTE, Cali, 2012.
- [5] K. R. Mejía, L.I. Triana Vargas, “Análisis del consumo actual de chontaduro (Bactris Gasipaes) en la ciudad de Cali”, Trabajo de grado, UNIV. AUTON. OCCIDENTE, Cali, 2020.
- [6] Ministerio de Agricultura. Área sembrada del cultivo de chontaduro de 2016. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [Imagen]. Disponible: <https://www.agronet.gov.co/Documents/CHONTADURO2016.pdf>
- [7] <https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/Lineamientos-FFA.aspx>
- [8] Función Pública. “TÉCNICA no. 4 RELACIONAMIENTO DE LOS GRUPOS DE INTERÉS - rendición de cuentas - función pública”. Inicio - Función Pública. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www1.funcionpublica.gov.co/web/murc/tecnica-no-4-relacionamiento-de-los-grupos-de-interes#:~:text=El%20reconocimiento%20de%20los%20grupos,satisfacción%20plena%20de%20derechos%20ciudadanos.>
- [9] Gobierno de Colombia. “Ley 2219 de 2022 - gestor normativo”. Inicio - Función Pública. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=188726#:~:text=Asociación%20campesina:%20Es%20a%20organización,técnica%20para%20actividades%20agropecuarias,%20pesqueras>
- [10] Gobierno de Colombia. “Agroinnova: una alianza liderada por la Javeriana que trabajará por la productividad del campo colombiano”. Inicio | Pontificia Universidad Javeriana, Cali. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.javerianacali.edu.co/noticias/agroinnova-una-alianza-liderada-por-la-javeriana-que-trabajara-por-la-productividad-del>
- [11] “Chocó también es territorio indígena”, Gov.co. [En línea]. Disponible en: <https://centrodememoriahistorica.gov.co/choco-tambien-es-territorio-indigena/#:~:text=es%20territorio%20ind%C3%ADgena-,Aunque%20hist%C3%B3ricamente%20se%20ha%20asociado%20este%20departamento%20con%20la%20presencia,han%20resistido%20desde%20hace%20siglos.> [Consultado: 23-sep-2024].
- [12] “Asopalmar - asociación de productores de chontaduro del pacífico”. Asopalmar. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.asopalmar.com/>
- [13] G. de Colombia, “Instituto Colombiano Agropecuario - ICA”, Gov.co. [En línea]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/>. [Consultado: 23-sep-2024].
- [14] Yuyama, L. K., Aguiar, J. P., Yuyama, K., Clement, C. R., Macedo, S. H., Fávoro, D. I., Afonso, C., Vasconcellos, M. B., Pimentel, S. A., Badolato, E. S., & Vannucchi, H. “Chemical composition of the fruit mesocarp of three peach palm (Bactris gasipaes) populations grown in central Amazonia Brazil”. International Journal of Food Science and Nutrition, 54(1), 49-56. <https://doi.org/10.1080/096374803/000061994>, Amazonia Brazil, 2003.
- [15] The Nielsen. “El informe nielsen CMO de 2018”. Nielsen. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.nielsen.com/es/insights/2018/cmo-report-2018-digital-media-roi-measurement-omnichannel-marketing-technology/>

[16] J. S. López Cruz, "El chontaduro: Pasado y presente de un fruto ancestral," *Sosquua*, vol. 5, no. 2, pp. 29-41, 2023, doi: 10.52948/sosquua.v5i2.950.

[17] E. V. Bulla Morales, I.D. Sanabria Gaitan, "Suplemento nutricional de chontaduro y borjón", Trabajo de grado, Univ. Esc. Adm. Negocios EAN, Bogota, 2023.

[18] M. P. Pinero Corredor. "Chontaduro: Características, propiedades y usos". *Mejor con Salud*. Accedido el 23 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://mejorconsalud.as.com/chontaduro-caracteristicas-propiedades-usos/>

[19] "Resolución 909 del 2008". Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -. Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-909-del-2008/>

[20] "Resolución 1207 de 2014". Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -. Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-1207-de-2014/>

[21] Inicio-Función Pública. Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www1.funcionpublica.gov.co/documents/418537/604808/1962.pdf/abe38fb4-e74d-4dcc-b812-52776a9787f6>

[22] Eduteka. Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://eduteka.icesi.edu.co/proyectos/gp/doc/py-186017-454933-5141-20240116.pdf>

[23] "NORMA INTERNACIONAL ISO 14001". Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: https://sigi.sic.gov.co/SIGI/files/mod_documentos/anexos/886/NORMA%20ISO%2014001.2015.pdf

[24] "ISO 14855-2:2018". ISO. Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.iso.org/standard/72046.html>

[25] "DECRETO NÚMERO 1072 DE 2015". Accedido el 4 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR%20Sector%20Trabajo%20Actualizado%20a%20Abril%20de%202021.pdf/d3c8b5a4-7135-47ee-bdb8-aaae36932c8e?t=1622043008315>

[26] S. Godoy, E. Motta, C. Forero, D. Diaz y G. Luna. "Estandarización de harina de chontaduro para fortalecer su cadena productiva en el departamento del Cauca". *Portal de Revistas, Universidad del Cauca*. Accedido el 15 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/633>

[27] T. Landwehr. "La deshidratación de frutas: métodos y posibilidades." *Biblioteca Digital Agropecuaria de Colombia*. Accedido el 15 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/16172/40198_24827.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[28] Elaboraciones Propias.

[29] "Body of knowledge – IISE sustainable development division". IISE Sustainable Development Division – Helping Industrial and Systems engineers make the world more sustainable. Accedido el 9 de febrero de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.sustainableengineer.org/body-of-knowledge/>

[30] Escobar P., Giraldo J., Cárdenas D., "Programación de Sistemas de Producción Híbridos Para inventario/Bajo pedido, mediante un Proceso Analítico Jerárquico de Ordenación G

[31] D. Alvarez, *Aplicación de Metodología SLP para Redistribución de Planta en Micro Empresa Colombiana del Sector Marroquino: Un Estudio de Caso*, 4ª ed. Barranquilla: BILO, 2022.

IX. ANEXOS

No. Anexo	Nombre	Desarrollo (propio o terceros)	Tipo de Archivo (PDF, HTML, Excel, Word...)
1	(Anexo #1) selección del producto	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing

2	(Anexo #2) KPI	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
3	(Anexo #3) Productos mercado	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
4	(Anexo #4) presentación producto	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
5	(Anexo #5) Formulario	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
6	(Anexo #6) Revisión de literatura	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
7	(Anexo #7) Diagrama de Gantt	Propio	PDF https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
8	(Anexo #8) Costos unitarios y Viabilidad economica	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
9	(Anexo #9) Diagrama Hombre maquina	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
10	(Anexo #10) Cantidad de mp	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
11	(Anexo #11) Producción	Propio	Excel https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing
12	(Anexo #12) Simulación	Propio	Binario https://drive.google.com/drive/folders/1wMmYp5m1Kg_57ejtfulQucQjbh6TyQxC?usp=sharing