

**DISEÑO DE UN CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN PARA FRUTALES Y
CULTIVADORES SELECCIONADOS DE UNA COMUNIDAD DEL CENTRO DEL VALLE
DEL CAUCA.**

JUAN SEBASTIAN CHACÓN CORREA

DIRECTOR:

LEONARDO RIVERA CADAVID, PhD.

SANTIAGO DE CALI

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA: ÉNFASIS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

2020

**DISEÑO DE UN CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN PARA FRUTALES Y
CULTIVADORES SELECCIONADOS DE UNA COMUNIDAD DEL CENTRO DEL VALLE
DEL CAUCA.**

JUAN SEBASTIAN CHACÓN CORREA

DIRECTOR:

LEONARDO RIVERA CADAVID, PhD.

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MAESTRÍA
EN INGENIERÍA: ÉNFASIS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

SANTIAGO DE CALI

UNIVERSIDAD DEL VALLE

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN INGENIERÍA: ÉNFASIS EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

2020

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El autor del presente trabajo, estudiante la maestría en ingeniería, énfasis en Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle declaro:

Que la persona de trabajo de grado para optar al título de título de maestría en ingeniería: énfasis en Ingeniería Industrial de la Universidad del Valle titulada "Diseño de un centro de acopio y distribución para frutales y cultivadores seleccionados de una comunidad del centro del Valle del Cauca." es original, y no ha sido aceptada o empleada para el otorgamiento de calificación alguna, ni de título, grado diferente adicional al actual. El trabajo de grado es resultado de las investigaciones del autor, y todas las fuentes utilizadas para su realización han sido debidamente citadas en el mismo.



Juan Sebastian Chacón Correa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que con su ayuda se logró sacar este trabajo adelante. A mi familias por la paciencia y el apoyo incondicional; a mis amigos por su apoyo; a los profesores, por su conocimiento y apoyo; al profesor Leonardo Rivera Cadavid, por su acompañamiento y ayuda incondicional en el desarrollo de este trabajo; a la profesora Ana Milena Valdés, por su apoyo en la realización de este trabajo; a Diego León Peña por su ayuda y su tiempo; a ASOCAMPOALEGRE por toda la información suministrada y tiempo dedicado.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 11 |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA | 13 |
| 3. OBJETIVOS | 16 |
| 4. METODOLOGÍA | 17 |
| 5. MARCO REFERENCIAL | 20 |
| 5.1. Marco teórico | 20 |
| 5.1.1. Centros de distribución | 20 |
| 5.1.2. Centro de distribución de frutas | 20 |
| 5.1.3. Proceso poscosecha de frutas | 22 |
| 5.1.4. Comportamiento climatérico de las frutas | 22 |
| 5.1.5. Factores para el almacenamiento de frutas | 23 |
| 5.2. Antecedentes | 24 |
| 5.2.1. Marco normativo | 28 |
| 5.3. Contexto | 29 |
| 5.3.1. Contexto general de los pequeños cultivadores en el mundo y las cadenas logísticas de frutas y verduras | 29 |
| 5.3.2. Frutas en Colombia y Valle del Cauca | 30 |
| 5.3.3. ASOCAMPOALEGRE | 37 |
| 6. PROCESOS DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE FRUTAS | 39 |
| 6.1. Selección de frutales de interés | 39 |
| 6.1.1. Caso estudio | 39 |
| 6.2. Procesos de poscosecha | 40 |
| 6.2.1. Caso estudio | 49 |
| 6.3. Procesos de comercialización y valor agregado que se le realiza a cada frutal . | 50 |
| 6.3.1. Caso estudio | 53 |
| 7. CANTIDADES DE CADA FRUTAL Y LAS TEMPORADAS EN LAS QUE PASARÁN POR EL CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN | 54 |
| 7.1. Recolección de información sobre los momentos de cosecha y los volúmenes a comercializar | 54 |
| 7.1.1. Caso estudio | 54 |
| 7.2. Recolección de información de la demanda actual y proyectada de los frutales de interés | 55 |
| 7.2.1. Caso estudio | 57 |
| 8. DISEÑO DEL CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN | 59 |

| | | |
|--------|---|----|
| 8.1. | Áreas y equipos requeridos en el centro de acopio y distribución | 59 |
| 8.1.1. | Caso estudio..... | 63 |
| 8.2. | Distribución y operación de áreas y equipos en el centro de acopio y distribución 72 | |
| 8.2.1. | Caso estudio..... | 74 |
| 9. | DISEÑO DETALLADO DEL CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN PROPUESTO 79 | |
| 10. | IMPLICACIONES DEL TRABAJO | 81 |
| 11. | INVESTIGACIONES FUTURAS..... | 82 |
| 12. | CONCLUSIONES | 83 |
| 13. | BIBLIOGRAFÍA | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Proceso poscosecha general de frutas. | 22 |
| Figura 2. Ubicación de ASOCAMPOALEGRE..... | 38 |
| Figura 3. Lote destinado para el centro de acopio y distribución | 38 |
| Figura 4. Proceso poscosecha cítricos..... | 49 |
| Figura 5. Proceso poscosecha aguacates..... | 50 |
| Figura 6. Ejemplos de equipos para transporte interno. | 60 |
| Figura 7. Ejemplos de equipos para embalaje..... | 61 |
| Figura 8. Ejemplos de mesas para clasificación de los productos. | 62 |
| Figura 9. Medidores | 62 |
| Figura 10. Canastillas y costales..... | 65 |
| Figura 11. Plataforma niveladora | 65 |
| Figura 12. Báscula | 65 |
| Figura 13. Mesa para inspección | 65 |
| Figura 14. Clasificadora de frutas..... | 66 |
| Figura 15. Mesa para recorte | 66 |
| Figura 16. Lavadora de frutas | 67 |
| Figura 17. Mesa para encerado y aplicación de fungicidas | 68 |
| Figura 18. Máquina secadora de frutas | 68 |
| Figura 19. Etiquetadora..... | 69 |
| Figura 20. Nivelador de muelle..... | 71 |
| Figura 21. Carretilla..... | 72 |
| Figura 22. Diagrama de relaciones | 73 |
| Figura 23. Relaciones entre procesos y áreas del centro de acopio y distribución | 75 |
| Figura 24. Diseño del centro de acopio y distribución | 76 |
| Figura 25. Flujos del centro de acopio y distribución | 77 |
| Figura 26. Diseño detallado del centro de acopio y distribución | 79 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Tipos de centro de distribución | 20 |
| Tabla 2. Clasificación de algunas frutas de acuerdo con su comportamiento respiratorio. | 23 |
| Tabla 3. Especies de frutales perennes mayores | 31 |
| Tabla 4. Especies de frutales transitorios | 32 |
| Tabla 5. Especies de frutales perennes menores | 32 |
| Tabla 6. Plan frutícola nacional, especies priorizadas | 33 |
| Tabla 7. Área, producción y rendimiento de 33 especies de frutales del Valle del Cauca | 34 |
| Tabla 8. Estructura de la producción en toneladas de frutales en el Valle del Cauca | 35 |
| Tabla 9. Frutales priorizados para el Valle del Cauca | 36 |
| Tabla 10. Productos cultivados en la zona rural de Andalucía | 39 |
| Tabla 11. Métodos de preenfriamiento | 44 |
| Tabla 12. Temperaturas y humedades relativas recomendadas para el almacenamiento de algunas frutas (estos valores pueden variar para las diferentes variedades y cultivares de la fruta) | 46 |
| Tabla 13. Frutas que emiten y absorben etileno | 46 |
| Tabla 14. Frutas que producen y absorben olores..... | 47 |
| Tabla 15. Temperatura y humedad relativa para las frutas seleccionadas | 50 |
| Tabla 16. Producción anual ASOCAMPOALEGRE | 55 |
| Tabla 17. Total producción de acuerdo con las temporadas de cosecha | 56 |
| Tabla 18. Consumo de frescos en Colombia (Proyectado) | 56 |
| Tabla 19. Producción anual total (por calidad) y pérdidas anuales | 58 |
| Tabla 20. Producción total ASOCAMPOALEGRE | 64 |
| Tabla 21. Cantidad para el cálculo de las operaciones y sus capacidades | 64 |
| Tabla 22. Zonas propuestas para el área de recepción | 64 |
| Tabla 23. Zonas área clasificación | 66 |
| Tabla 24. Zonas del área de lavado | 67 |
| Tabla 25. Zonas área encerado y tratamiento fungicida | 67 |
| Tabla 26. Zonas área secado | 68 |
| Tabla 27. Zonas área de empaque | 69 |
| Tabla 28. Zonas área de almacenamiento | 70 |
| Tabla 29. Zonas área despacho | 70 |
| Tabla 30. Zonas almacenamiento equipos de manejo de materiales..... | 71 |
| Tabla 31. Otras áreas del centro de acopio y distribución..... | 71 |
| Tabla 32. Anchuras de pasillos recomendadas para diferentes tipos de flujo | 73 |
| Tabla 33. Áreas de las zonas y procesos que estarán en el centro de acopio y distribución | 74 |
| Tabla 34. Tiempos para las operaciones del centro de acopio y distribución propuesto .. | 77 |
| Tabla 35. Requerimiento de personal operaciones recepción a almacenamiento..... | 78 |
| Tabla 36. Requerimiento de personal en la operación de despacho..... | 78 |
| Tabla 37. Impactos esperados del proyecto | 81 |

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño de un centro de acopio y distribución de frutales en una población del centro del Valle de Cauca para que sea administrado por asociaciones de pequeños cultivadores con el fin de que estos puedan ejecutar los procesos de almacenamiento, procesamiento y distribución de sus productos y puedan beneficiarse del margen económico adicional que en este momento solamente beneficia a los intermediarios. Adicionalmente, esta propuesta se encamina a proyectos que se dirigen a modelos de asociatividad para los pequeños cultivadores, logística del transporte necesario entre los eslabones de la cadena, estudios de selección de mercados y canales de distribución para presentar sus productos, y selección de procesos de adición de valor para aprovechar una mayor porción de la cosecha y llegar a mercados adicionales al del producto fresco.

Palabras Clave: Centros de distribución para frutas, pequeños cultivadores, desigualdad en los ingresos, asociaciones de cultivadores.

INTRODUCCIÓN

En la economía de los diferentes países del mundo, el sector agrícola juega un papel importante, debido a su participación en el PIB y a la generación de empleo o modo de vida al 40% de la población del mundo (Naciones Unidas, 2016). En Colombia, por ejemplo, el sector genera más del 20% de empleo en el país, y casi el 50% en el sector rural (Cárdenas & Vallejo, 2016). Debido a la importancia del sector agrícola, ha tomado relevancia la administración de la cadena de suministro para productos agrícolas en la última década dadas las políticas internacionales como los Objetivos del Milenio y la inclusión en los asuntos de salud pública (Reina & Andarme, 2014).

Sin embargo, Da Silva, Baker y Shepherd (2013), reportan que en el 2008 aproximadamente 800 millones de personas en el mundo se consideraban como pobres, que vivían con un ingreso de menos de un dólar por día, de las cuales el 75% se ubican en el sector rural y su principal actividad es la agricultura. El gran reto para los pequeños agroindustriales y agricultores está en lograr incluirse en las cadenas de abastecimiento que los hagan más eficientes en costos operativos, precios, oferta, entre otros, pero sobre todo si la remuneración que reciben los pequeños agricultores es adecuada para ellos.

Actualmente existe una gran distorsión de los precios en términos del valor pagado al pequeño productor y el valor pagado al detallista, superando el 600% que deja ver un gran desequilibrio en el ingreso. Por ejemplo, Caicedo (2013) determinó que en Colombia el precio entre el pequeño productor y los hipermercados se incrementa en un 263%, en las tiendas de barrio un 40%, galerías mayoristas un 89% y en la comercialización por intermediarios un 92%.

Por otro lado, la infraestructura rural tiene un fuerte impacto en la productividad de los pequeños agricultores, el acceso a los mercados y los costos de comercialización, afectando su rentabilidad. Además de la deficiente infraestructura vial, el acceso limitado a las instalaciones de almacenamiento y el suministro de electricidad no confiable resultan en pérdidas posteriores a la cosecha. Por ejemplo, se estima que las pérdidas de granos en la poscosecha en la región del África subsahariana alcanzaron casi los 4 mil millones de dólares al año en 2005-2007, de un valor anual estimado de producción de granos de 27 mil millones de dólares durante ese período (Banco Mundial, et al., 2011, mencionado en UNCTAD, 2015).

Es por esto que el presente proyecto se dirige a diseñar un centro de acopio y distribución que pueda agregar valor en la cadena de productos frutícolas, de tal manera que los pequeños cultivadores puedan asociarse para ejecutar esta parte de los procesos de la cadena y beneficiarse del margen económico adicional que en este momento solamente beneficia a los intermediarios. Adicionalmente, el poder mejorar el nivel de ingresos de los pequeños cultivadores mediante mejoras en la cadena de suministro es resaltante y tiene un carácter social importante para mejorar la calidad de vida de las personas que viven de la agricultura.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La cadena de suministro de los pequeños productores agrícolas generalmente se conforma por el cultivador, quien vende sus cosechas directamente a un intermediario. Este intermediario acopia, procesa (limpieza, selección y en algunos casos empaque), negocia con los almacenes de cadena y les entrega el producto. El almacén de cadena a su vez se encarga de la venta al cliente final. Es de esperarse que el intermediario perciba ganancias por su trabajo en la cadena, pero queda presente la pregunta de si los márgenes que están obteniendo son justos para los cultivadores.

Existe una gran diferencia entre el precio que el pequeño cultivador recibe de los intermediarios y el precio que el cliente final paga por productos de origen agrícola, como frutas y verduras. Caicedo (2013) encontró que en Colombia el precio desde el pequeño productor se incrementa en un 92% hasta los intermediarios, en 89% hasta las galerías mayoristas, 40% hasta las tiendas de barrio y 263% hasta los hipermercados. El Departamento de Economías Regionales, CAME, en Argentina, reportó en 2015 diferencias de precio de hasta 1295% para la pera, 1470% para la naranja, 1339% para la manzana roja y 698% para la mandarina. El diario El Telégrafo de Ecuador informó el 6 de noviembre de 2011 sobre diferencias de 800% en el mercado de Guayaquil y de 429% en la plaza minorista de Colmenares. La FAO en 1993 había advertido sobre estas grandes diferencias reportando datos de incremento en el precio del 333% en Latinoamérica.

La desigualdad mencionada en el párrafo anterior se hace más notoria en cuanto al nivel de ingresos que reciben los pequeños productores. Según la FAO (2015) en su informe *“The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries”* los ingresos de dicha población va desde los 6 dólares por día hasta 1 dólar por día, sin mencionar que estas familias tienen bajo nivel de activos y bajos niveles de educación, agravando la situación. Este contexto general hace notoria: la poca capacidad de los pequeños agricultores de acceder a redes de comercialización que les permita mejorar sus ingresos, la desconexión con los mercados y las necesidades de sustento que propician condiciones desfavorables en los precios de comercialización.

Las tendencias cambiantes de los canales de distribución están perjudicando la situación para los pequeños agricultores. Según la FAO (2017) el suministro de alimentos se orienta hacia los supermercados. Estos requieren alimentos procesados industrialmente, por lo que es necesario la creación de grandes plantas para el procesamiento de los productos. Por lo tanto, las cadenas de valor se están caracterizando cada vez por la coordinación vertical entre las diferentes partes de la cadena, haciendo que el sector agroalimentario sea manejado por un número reducido de agentes. Estas razones hacen que, el trabajo de los pequeños agricultores sea cada vez más difícil, pues *“las cuestiones de financiación, acceso al mercado y transporte, así como toda la normativa relacionada con la calidad, la trazabilidad y la certificación, suponen un obstáculo para su participación en cadenas de valor integradas. Muchos pequeños agricultores han pasado a ser jornaleros sin tierras o han emigrado a la ciudad en busca de empleo (...)”* (FAO, 2017).

En cuanto a la logística, la infraestructura rural tiene un fuerte impacto en la productividad de los pequeños agricultores, el acceso a los mercados y los costos de comercialización, afectando su rentabilidad. En muchos países en desarrollo, la débil o inexistente infraestructura es un factor importante que afecta la viabilidad en el proceso de los

pequeños agricultores. El mal estado de la infraestructura de transporte en muchos países significa que los pequeños agricultores enfrenten altos costos de transporte, especialmente durante la estación lluviosa cuando los caminos rurales apenas se puedan utilizar, lo que impide las ventas que pueden obtener (Prudencio y Ton, 2004, mencionado en UNCTAD, 2015).

Según la FAO (2017), un tercio de todos los alimentos producidos se pierden y se desperdician a lo largo de la cadena de suministro. En los países de bajos ingresos, estas pérdidas se encuentran en la primera parte de la cadena (durante la recolección y poscosecha), debido a *“infraestructuras deficientes, tecnologías obsoletas, conocimientos limitados e inversiones escasas en la producción. También se producen pérdidas de alimentos como consecuencia de las limitaciones técnicas y de gestión en la recolección, el almacenamiento, transporte, procesado y envasado, y en la comercialización”* (FAO, 2017).

A nivel latinoamericano, existe una brecha importante entre la demanda y la oferta de servicios de infraestructura, en relación con otros países desarrollados. Esto, sumado a que la infraestructura tiene efectos virtuosos en cuanto al desarrollo económico de una región, impide desarrollar ventajas competitivas y alcanzar mayor grado de especialización productiva. Además, el desarrollo en infraestructura no sólo incrementa la competitividad y reduce costos (como los de producción), sino que facilita el desarrollo de los lugares con déficit económicos y sociales (CEPAL, 2010).

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La agricultura juega un papel fundamental en el desarrollo económico de un país. Además de ser generador de alimentos y de materias primas, es uno de los sectores que más genera empleo y divisas de exportaciones. Por ejemplo, las políticas agrícolas juegan un papel fundamental en el crecimiento económico de la población pobre, apoyando el crecimiento de la productividad y la rentabilidad (FAO, 2017). En Colombia, el sector genera más del 20% de empleo en el país, y casi el 50% en el sector rural (Cárdenas & Vallejo, 2016). Adicionalmente, el número de personas ocupadas en el sector rural ha venido en aumento. En el 2013, 4.6 millones de personas en promedio se ocuparon en las zonas rurales frente a 2 millones de personas durante el 2012 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014), de esos 4.6 millones el 62.6% correspondía al sector agrícola.

Sin embargo, de acuerdo con las Naciones Unidas (UNCTAD, 2015), aproximadamente 2,500 millones de personas en todo el mundo trabajan en cerca de 500 millones de pequeñas áreas agrícolas, la mayoría de las cuales están ubicadas en los países en vía de desarrollo. Adicionalmente aseguran que la pobreza es un fenómeno predominantemente rural, dado que el 70% de los 1,400 millones de personas extremadamente pobres del mundo, habitan los países en vía de desarrollo y viven en zonas rurales de extrema pobreza, sobre todo en Asia Meridional y África Subsahariana. Lo anterior plantea una contradicción cuando la misma fuente señala que los pequeños agricultores que gestionan el 12% de la tierra agrícola producen el 80% de los alimentos del mundo. En conjunto con la desigualdad del ingreso en la cadena de suministro mencionada en la sección anterior, agrava el problema en el desarrollo agrícola de los países como Colombia.

Debido a la importancia del sector agrícola, ha tomado relevancia la administración de la cadena de suministro para productos agrícolas en la última década dadas las políticas internacionales como los Objetivos del Milenio y la inclusión en los asuntos de salud pública (Reina & Andarme, 2014).

Por otro lado, la infraestructura rural tiene un fuerte impacto en la productividad de los pequeños agricultores, el acceso a los mercados y los costos de comercialización, afectando su rentabilidad. En muchos países en desarrollo, la débil o inexistente infraestructura es un factor importante que afecta la viabilidad en el proceso de los pequeños agricultores. El mal estado de la infraestructura de transporte en muchos países significa que los pequeños agricultores enfrenten altos costos de transporte, especialmente durante la estación lluviosa cuando los caminos rurales apenas se puedan utilizar, lo que impide las ventas que pueden obtener (Prudencio y Ton, 2004, mencionado en UNCTAD, 2015).

Además de la deficiente infraestructura vial, el acceso limitado a las instalaciones de almacenamiento y el suministro de electricidad no confiable resultan en pérdidas posteriores a la cosecha. La mayoría de los agricultores a menudo confían en el almacenamiento al aire libre, ya que otras instalaciones de almacenamiento no existen en las poblaciones cercanas (UNCTAD, 2015). El grado de esta pérdida depende de los cultivos y la naturaleza de las cadenas de valor. Según la Institución de Ingenieros Mecánicos (2013), las malas prácticas de cosecha, el almacenamiento inadecuado y el transporte local inadecuado son las principales causas del desperdicio de grandes cantidades de productos agrícolas en los países con menos desarrollo.

La FAO, en su estudio *El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos*, afirma que cada año en África alrededor 15% de la producción de cereales se pierde las operaciones de poscosecha. En América del Norte, Europa, el Japón y China, en torno a un 15% de los alimentos se pierden o desperdician en las etapas de distribución y consumo. Este porcentaje es más bajo en el norte de África y Asia central (el 11%), y mucho más bajo en América Latina, Asia meridional y sudoriental y el África subsahariana (entre el 5.9 y el 7.8%). Por lo tanto, se evidencia una oportunidad de mejora, logísticamente hablando, en cuánto a los procesos de poscosecha o distribución de los productos.

Por las razones anteriores, el tema de inversión en infraestructura rural ha tomado importancia para los economistas de los países en desarrollo. Estos creen que la comercialización de los pequeños agricultores estimula un mejor uso de los recursos de acuerdo con sus ventajas comparativas, lo que conduce a una mayor diversidad de productos comercializados y especialización en producción (Pingali y Rosegrant, 1995; Kurosaki, 2003 mencionado en UNCTAD, 2015). La producción de cultivos comerciales por parte de los pequeños agricultores es parte de una estrategia más amplia, según la cual los mercados permiten que los hogares aumenten sus ingresos al producir los cultivos que proporcionan los mayores rendimientos, mejorando así la situación de la población rural (UNCTAD, 2015). Pese a estos beneficios potenciales, también se reconoce que, en el contexto de mercados imperfectos con altos costos de transacción, muchos pequeños productores no pueden explotar las ganancias esperadas de la comercialización (de Janvry et al., 1991; Key et al., 2000 mencionado en UNCTAD, 2015).

Adicionalmente, el poder mejorar el nivel de ingresos de los pequeños cultivadores mediante mejoras en la cadena de suministro es resaltante y tiene un carácter social importante para mejorar la calidad de vida de las personas que viven de la agricultura.

Por lo anterior, apoyados en estudios económicos y científicos, las inversiones en obras de infraestructura facilitan la reducción de los costos asociados al consumo de los servicios, mejoran el acceso a los mercados de bienes e insumos, e incrementan la cobertura y calidad de los servicios sociales. Además, se deben dedicar mayores esfuerzos a la mejora de las condiciones de manipulación, transporte, conservación y distribución para optimizar la cantidad y calidad de la oferta en vez de tratar de incrementar la oferta aumentando los recursos productivos (Pássaro C., et al; 2012).

Existen variados estudios relacionados con la logística de distribución de frutas y otros productos agrícolas frescos (Jedermann et. al., 2015; Demirtas y Tuzkaya, 2012; Vasiljevic, Stepanovic y Manojlovic, 2013; Verdouw et. al., 2010; Wu et. al., 2013 y Manikas y Terry, 2009). Sin embargo, estos estudios se han hecho con el punto de vista de los intermediarios, comercializadores y cadenas de almacenes. Además, no se ha encontrado evidencia en la literatura de estudios para frutas tropicales en entornos donde es posible cultivar y cosechar todo el año, como el Valle del Cauca.

Además, según (Pássaro C., et al; 2012), en Colombia es urgente una política nacional para solucionar los siguientes problemas, sin los cuales no es posible ser competitivo en la etapa de poscosecha:

- Infraestructuras: vías de acceso, centrales hortofrutícolas, cadena de frío, entre otros.

- Logística y cercanía de los puertos.
- Agremiación: permite manejar protocolos de calidad, estrategias logísticas, concentración de la producción, continuidad de la oferta por un período más prolongado, mayor fuerza de negociación y mayor estabilidad de precios en el mercado.

Es por esto que el presente proyecto se dirige a diseñar un centro de acopio y distribución que pueda agregar valor en la cadena de productos frutícolas, de tal manera que los pequeños cultivadores puedan asociarse para ejecutar esta parte de los procesos de la cadena y beneficiarse del margen económico adicional que en este momento solamente beneficia a los intermediarios.

Este trabajo hace parte también del proyecto de jóvenes investigadores en el que se encuentra trabajando el autor y su director y está enfocado en los programas nacionales para desarrollar infraestructuras logísticas especializadas con enfoque agropecuario que aglomeren la oferta de servicios de transporte y logística y presten servicios de valor agregado a los productos o encadenamientos productivos y faciliten la conexión entre las zonas de producción y las zonas de consumo.

El proyecto se encadena a trabajos posteriores que proponen modelos de asociatividad para los pequeños cultivadores, que examinarán la logística del transporte necesario entre los eslabones de la cadena, estudios de selección de mercados y canales de distribución para presentar sus productos, y selección de procesos de adición de valor para aprovechar una mayor porción de la cosecha y llegar a mercados adicionales al del producto fresco.

3. OBJETIVOS

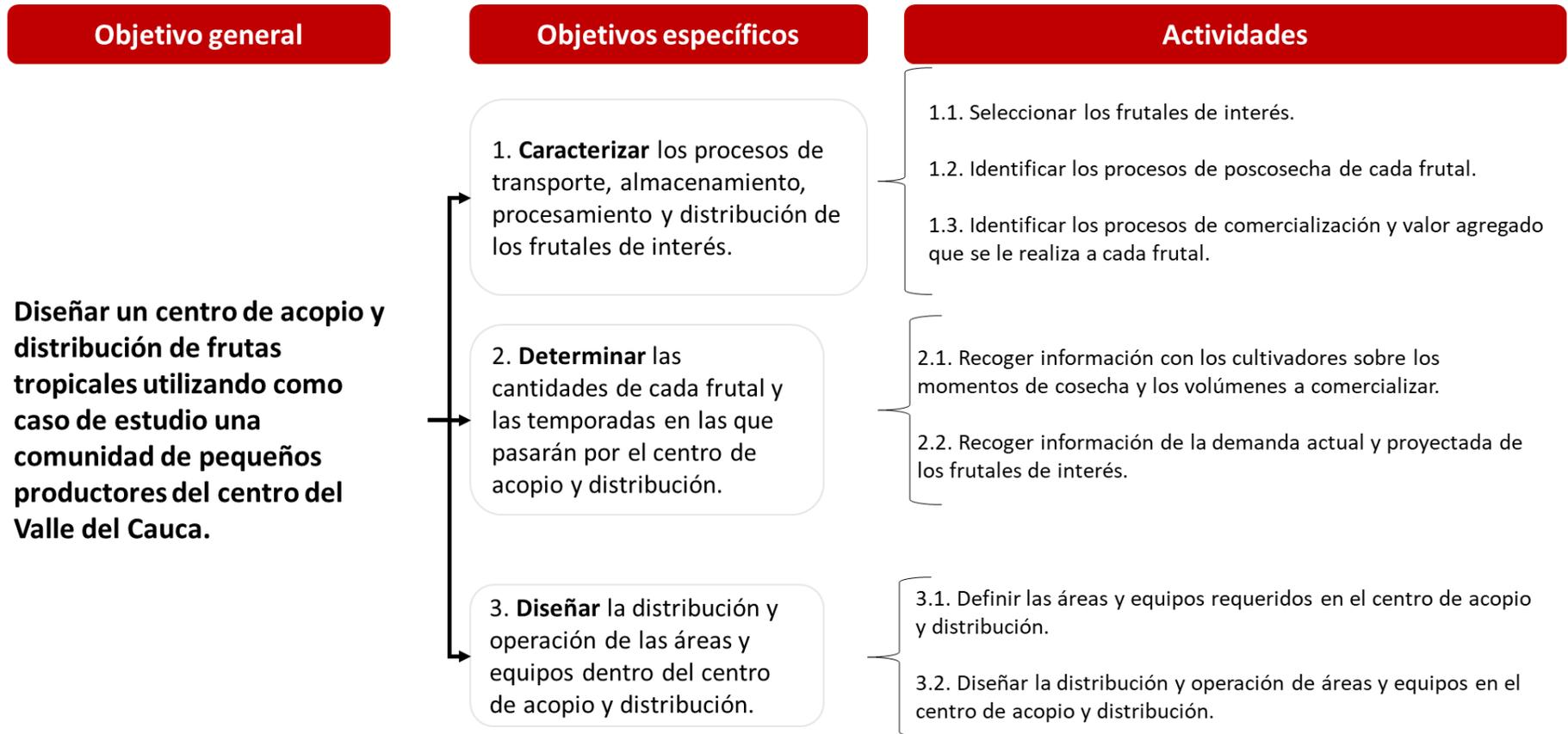
General: Diseñar un centro de acopio y distribución de frutas tropicales utilizando como caso de estudio una comunidad de pequeños productores del centro del Valle del Cauca.

Específicos:

- Caracterizar los procesos de transporte, almacenamiento, procesamiento y distribución de los frutales de interés.
- Determinar las cantidades de cada frutal y las temporadas en las que pasarán por el centro de acopio y distribución.
- Diseñar la distribución y operación de las áreas y equipos dentro del centro de acopio y distribución.

4. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología que se realizó para el cumplimiento de los objetivos.



Fuente: Elaboración propia

Objetivo Específico 1: Caracterizar los procesos de transporte, almacenamiento y distribución de los frutales de interés.

- **Actividad 1.1:** *Seleccionar los frutales de interés.* En la región de interés para el caso de estudio se produce una gran variedad de frutas. Para proponer un diseño es necesario seleccionar un conjunto limitado de cultivos que se propondrá para el centro de acopio y distribución. En esta actividad será necesario recolectar información primaria (con visitas a los cultivadores) y secundaria (estadísticas sobre la producción de los distintos tipos de frutales) para seleccionar los cultivos incluidos.
- **Actividad 1.2:** *Identificar los procesos de poscosecha.* Cada producto agrícola tiene sus propios procesos de poscosecha y procesamiento. En esta actividad se consultarán otras áreas de la Universidad como las relacionadas con Ingeniería Agrícola y de Alimentos, así como otras entidades como AGROSAVIA (antes CORPOICA) y CIAT. Es necesario conocer los procesos que se deben ejecutar con cada cultivo para definir las necesidades de equipos, espacios y otras características del centro de distribución.
- **Actividad 1.3:** *Identificar los procesos de comercialización y valor agregado que se le realiza a cada frutal.* Para realizar las entregas de las frutas, es necesario cumplir requerimientos para poder satisfacer las necesidades de los clientes. Por otro lado, dependiendo del tipo de mercado a atender, el fruto debe cumplir ciertas especificaciones y así satisfacer el mercado objetivo. Además, para poder aprovechar cada recurso, se realizará investigación y se propondrá procesos para procesar las frutas y así generar valor agregado a los clientes. En esta actividad será necesario realizar investigación primaria, visita a asociaciones y a clientes para determinar los requerimientos.

Objetivo Específico 2: Determinar las cantidades de cada frutal y las temporadas en las que pasarán por el centro de acopio y distribución.

- **Actividad 2.1:** *Recoger información con los cultivadores sobre los momentos de cosecha y los volúmenes a comercializar.* Un centro de acopio y distribución se diseña para manejar unos volúmenes específicos de productos y su operación se programa alrededor de las temporadas de cosecha de los mismos.
- **Actividad 2.2:** *Recoger información de la demanda actual y proyectada de los frutales de interés.* Además de los volúmenes de cosecha, es importante conocer la demanda y las prioridades de los productos para así determinar niveles de inventario, políticas de almacenamiento y equipos de manejo de materiales y almacenamiento necesarios.

Objetivo Específico 3: Diseñar la distribución y operación de las áreas y equipos dentro del centro de acopio y distribución.

- **Actividad 3.1:** *Definir las áreas y equipos requeridos en el centro de acopio y distribución.* Conocidos los procesos de los frutales de interés, se decide qué espacios se necesitan (espacios de lavado, selección y cadena de frío, entre otras) y qué equipos de procesamiento y manejo de materiales se deben adquirir. Además,

se deciden características de los procesos que tienen que ver con el manejo ambiental de aguas y residuos orgánicos que se presentan en un centro de acopio de este tipo.

- **Actividad 3.2:** *Diseñar la distribución y operación de áreas y equipos en el centro de acopio y distribución.* Después de la actividad anterior, se hace el diseño detallado de las áreas y equipos del centro de distribución, de tal manera que los objetivos trazados para el centro de acopio y distribución (evitar el deterioro de los productos, moverlos eficientemente de entrada a salida, reducir el esfuerzo de manejo de materiales) se cumplan de la manera planeada. Para esto, se planea desde la recepción de los productos, pasando por la cantidad de personas y equipos necesarios, hasta las actividades de procesamiento y despacho de los productos hacia los consumidores.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. Marco teórico

5.1.1. Centros de distribución

Los centros de distribución están hechos para unir la oferta con la demanda y mantener un buen nivel de servicio al cliente teniendo en cuenta que la demanda cambia rápidamente y la oferta en la mayoría de los casos no puede cumplir con dichos cambios (Bartholdi & Hackman, 2016), incrementando el beneficio hacia las organizaciones.

En la actualidad existen diferentes tipos de centros de distribución, los cuales se presentan en la tabla 1. Las instalaciones, el equipo, el personal y las técnicas de almacenamiento varían mucho dependiendo de la naturaleza del material que se maneja y al tipo de mercado objetivo. Para este trabajo se tendrá en cuenta el centro de distribución para productos perecederos, especialmente para frutas.

Tabla 1. Tipos de centro de distribución

| Tipo de centro de distribución | Características | Producto |
|--------------------------------|--|---|
| Al por menor | Suministro a tiendas minoristas. | Grandes cantidades y gran variedad. |
| Piezas de servicio | Difícil de manejar. Producto difícil de predecir. Gran cantidad de productos. | Repuestos para carros, aviones, sistemas informáticos o equipos médicos. |
| Comercio electrónico | Recibe órdenes pequeñas a través de teléfonos o internet. Tiempos de respuesta rápidos. | Gran variedad de productos. |
| 3PL | Atiende a varios clientes. Economías de escala que los clientes no pueden lograr. | Gran variedad de productos |
| Perecederos | Se enfrentan a desafíos de gestión de inventarios como requisitos para su entrega (FIFO o FEFO). Restricciones de manipulación del producto | Comidas, flores, vacunas u otros productos que requieran refrigeración por su corto tiempo de vida. |

Fuente: Warehouse and Distribution Science

5.1.2. Centro de distribución de frutas

Un centro de distribución de frutas se puede definir como una instalación designada donde los productos frescos se agrupan y preparan para cumplir con los requisitos de un mercado objetivo. En este sitio se aplican los tratamientos poscosecha y se monitorean los estándares de calidad (FAO, 2012).

Los centros de distribución para frutas (o también llamados bodegas de empaque) sirven como sitio protegido de trabajo para el producto, y se crea un conjunto ordenado de operaciones donde fluye el producto para que sea manejado y supervisado. También proporcionan un lugar de almacenamiento para el equipo y materiales y, si son bastante grandes, pueden alojar las oficinas y equipos de comunicación. En la exportación de productos frescos, las bodegas son una parte esencial de la operación en que la selección, clasificación y control de calidad deben estar bien organizados (FAO, 1987).

En la bodega se integran diferentes componentes (como materias primas, equipos y personal) que juntos permiten preparar los productos para cumplir las condiciones del mercado. Además, en esta se puede aplicar la gestión de calidad para asegurar el suministro confiable de las frutas hacia los consumidores (FAO, 2012).

Las funciones que cumplen un centro de distribución de frutas son (FAO, 2012):

- Sirve como **punto de acumulación o recolección**, en dónde el producto se agrupa en cantidades de acuerdo con la demanda de los mercados que atiende.
- **Almacenamiento temporal antes de la distribución:** el producto se protege de la contaminación y se mantiene a una temperatura adecuada para minimizar el deterioro.
- **Punto de despacho de productos a diferentes destinos:** si la instalación da servicio a varios mercados, el producto se segrega en grupos distintos antes de la carga.

Los usuarios principales de una bodega de frutas son los siguientes (FAO 2012):

- **Cultivadores:** los productores necesitarán realizar las operaciones de poscosecha en una instalación central antes de comercializar sus productos. Los productos sin clasificar generalmente tienen precios más bajos porque son de calidad mixta y pueden tener una vida útil más corta.
- **Cooperativas y agrupaciones:** los agricultores organizados en cooperativas están en mejores condiciones de acumular volúmenes suficientes de productos que los productores individuales. Las cooperativas aumentan el poder de negociación de los agricultores y facilitan las negociaciones con los compradores porque solo hay una entidad involucrada.
- Comerciantes, exportadores, procesadores.

Tener una bodega de empaque genera beneficios en la cadena. Algunos de estos beneficios son (FAO, 2012):

- **Mayor productividad:** una bodega de empaque bien diseñada y equipada permite a los trabajadores desempeñarse de manera más eficiente. Los volúmenes de productos manejados aumentan y se reducen los errores en la clasificación.
- **Extensión de la vida útil del producto:** proporcionan un lugar apropiado donde los preparativos del mercado se pueden realizar adecuadamente. Se debe asegurar el manejo adecuado de los productos después de la cosecha, minimizando así el desarrollo de enfermedades, reduciendo el daño mecánico y desacelerando la tasa de maduración y deterioro.

- **Mejora de la calidad del producto:** el producto no apto se separa y elimina de manera más eficiente de los productos de buena calidad en una bodega de empaque. Esto evita la contaminación cruzada y el deterioro prematuro. Los productos también se clasifican mejor en diferentes grados y tamaños que pueden ofrecer mejores precios que las líneas mixtas de productos.

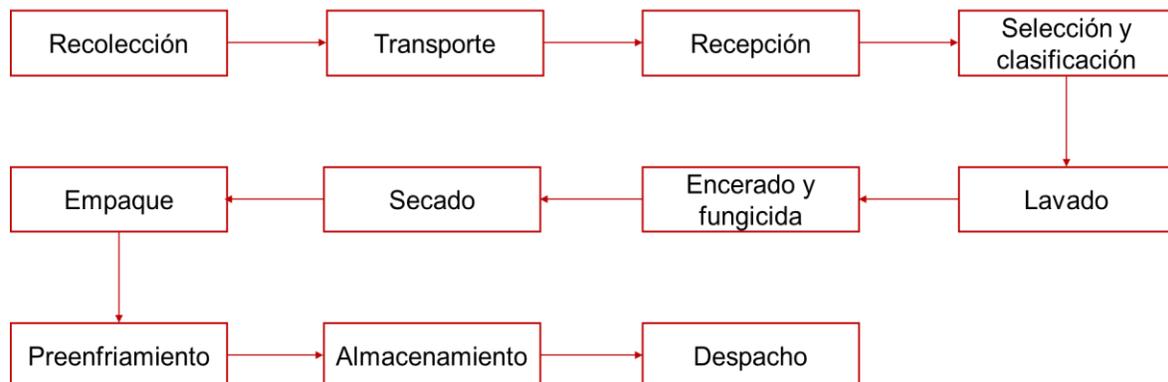
5.1.3. Proceso poscosecha de frutas

De acuerdo con lo revisado anteriormente, la mayor parte del proceso de poscosecha de las frutas se realiza en un centro de distribución. Las operaciones en la bodega dependen de los productos que pasarán por ésta. Uno de los principales aspectos para tener en cuenta dura en proceso poscosecha es que las frutas continúan vivas, por ende, sus procesos de respiración y metabólicos son factores importantes para así poder mantener la fruta lo más fresca posible (FAO, 2000).

Un adecuado proceso poscosecha es importante ya que la reducción de las pérdidas poscosecha es muy importante, pues representa aproximadamente el 25% de la producción de alimentos en todo el mundo. Se estima que las pérdidas posteriores a la cosecha de los cultivos hortícolas provocan el desperdicio de más del 50% de la producción total debido a las malas técnicas de manipulación posterior a la cosecha, incluida la mala gestión de la temperatura (Aung, M.M., Chang, Y.S., 2014).

Entre los procesos de poscosecha, se incluyen: recorte, limpieza, eliminación de exceso de humedad, encerado, selección y clasificación, maduración, desverdecimiento, envasado, y preenfriamiento (FAO, 2012). En la figura 1 se presenta el proceso de poscosecha general para frutas.

Figura 1. Proceso poscosecha general de frutas.



Fuente: FAO, 2012

En la sección 6.2 se explica con mayor detalle cada una de las operaciones de poscosecha.

5.1.4. Comportamiento climatérico de las frutas

En el almacenamiento de las frutas, es importante tener en cuenta que el producto sigue vivo después de cosecharlas. Es por esto que, la fruta sigue respirando o en algunos casos madurando, lo cual aún seguirá presentando cambios estructurales o bioquímicos.

Asimismo, el producto cosechado está constantemente expuesto a la pérdida de agua debido a la transpiración y a otros fenómenos fisiológicos (FAO, 2000).

Lo descrito anteriormente hace que las frutas se clasifiquen en *climatéricas* y *no climatéricas*, según su patrón respiratorio y de producción de etileno durante la maduración organoléptica o de consumo (tabla 2). Las frutas climatéricas incrementan marcadamente su ritmo respiratorio y producción de etileno durante la maduración organoléptica. De igual manera, los cambios asociados con esta etapa de desarrollo (color, sabor, aroma, textura) son rápidos, intensos y variados (FAO, 2000).

En las frutas no-climatéricas, los procesos de desarrollo y maduración organoléptica son continuos y graduales; manteniendo éstas, en todo momento, niveles bajos de respiración y de producción de etileno (FAO, 2000).

Tabla 2. Clasificación de algunas frutas de acuerdo con su comportamiento respiratorio.

| Frutas climatéricas | Frutas no climatéricas |
|---------------------|------------------------|
| Aguacate | Limón |
| Chirimoya | Mandarina |
| Granadilla | Naranja |
| Mango | Sandía |
| Melón | Piña |
| Papaya | Pomelo |
| Plátano | Toronja |
| Maracuyá | Uva |

Fuente: FAO, 2000

5.1.5. Factores para el almacenamiento de frutas

Según el código de prácticas para el envasado y transporte de frutas y hortalizas tropicales frescas del Codex Alimentarius, los factores para tener en cuenta en el almacenamiento de frutas son (FAO, 2000):

Humedad relativa

El agua que pierden las frutas cosechadas es irrecuperable y afecta la calidad de los productos, por esta razón, para una buena conservación, se recomiendan humedades relativas del 85% al 95%. La humedad relativa del ambiente de almacenamiento puede regularse de las siguientes maneras:

- Adicionando agua al aire con ayuda de humedecedores (aspersión o neblina).
- Regulando el movimiento del aire en la cámara de almacenamiento.
- Utilizando barreras para la humedad empaques impermeables, revestimiento de polietileno en los contenedores).
- Minimizando las diferencias de temperatura existentes entre el aire y el refrigerante (máximo 1°C).
- Mojando el piso de la cámara de almacenamiento.
- Colocando recipientes con agua en el almacén.

- Aplicando hielo en los empaques de aquellos productos que toleran este tratamiento.
- Rociando el producto con agua potable.
- Evitando el ingreso de aire caliente en la cámara de almacenamiento, lo cual disminuye la humedad relativa del ambiente, con el consecuente efecto deshidratador del producto.

Composición atmosférica

En la mayoría de los casos las frutas se almacenan en un ambiente cuya composición atmosférica corresponde a la del aire. Existe la posibilidad de variar la composición de los gases del ambiente de almacenamiento mediante el uso de atmósferas controladas/modificadas o en cámaras hipobáricas.

Ventilación

Una adecuada circulación del aire, en el ambiente de almacenamiento, es indispensable para eliminar el calor, CO₂ y etileno generados por el producto asegurando, asimismo, un adecuado abastecimiento de O₂. Además, es necesario eliminar el calor que se introduce en la cámara por la apertura de las puertas y a través de las superficies de las paredes, suelo y techo.

Sanidad

La cámara de almacenamiento debe mantenerse en condiciones óptimas de higiene para evitar el deterioro del producto debido a la incidencia de patógenos.

Temperatura

Cada producto tiene su propia temperatura óptima de almacenamiento. Muchas frutas que ahora o en el pasado se originaron en climas tropicales o subtropicales son susceptibles a la descomposición a baja temperatura (Broekmeulen, R.A.C.M, 1998).

Olores

Productos como la cebolla y el ajo producen olores que son absorbidos por frutas como los melones. La separación espacial de los productos o el embalaje adecuado de los productos puede evitar mantener la pérdida de calidad por olores (Broekmeulen, R.A.C.M, 1998).

Etileno

Las altas concentraciones de etileno aceleran la maduración y la descomposición de una gran cantidad de productos. De acuerdo con Abeles et al. (1992), los productos que producen etileno son susceptibles al etileno al mismo tiempo. El efecto de la hormona etileno se puede reducir mediante la ventilación de la zona. Su producción y su interacción dependen de la temperatura de almacenamiento (Broekmeulen, R.A.C.M, 1998 & (López C., A.F., 2003).

5.2. Antecedentes

El diseño de bodega para frutas además de tener en cuenta las condiciones para poder realizar la actividad de ordenar y recoger, debe considerar las características propias las

frutas y minimizar la manipulación del producto (López C., A.F., 2003), por lo que la gestión de operaciones de este tipo de centro de distribución es más compleja que la de un centro de distribución promedio. Esta complejidad se ve resaltada en que la proporción del costo de distribución en el precio al consumidor de verduras y frutas es casi el doble que el costo de distribución de los productos no perecederos (Hoogerwerf et al. 1990, citado en Broekmeulen, R.A.C.M, 1998).

El tamaño y grado de sofisticación de la bodega de frutas depende principalmente de: el volumen a ser procesado, cultivo(s) considerado(s), del capital que se desea invertir y si se trabaja sólo la producción propia o si se presta servicios a terceros. Estas pueden ser desde un simple cobertizo con techo de paja hasta instalaciones altamente automatizadas (López C., A.F., 2003).

Los factores para considerar en el diseño de la bodega son los siguientes:

Ubicación

Un centro de distribución de frutas debe estar ubicado próximo al lugar de producción y con acceso a los caminos o rutas principales. El predio en donde se localiza debe tener un sólo acceso para facilitar los controles de entrada y salida además de ser lo suficientemente grande como para permitir expansiones o construcciones futuras. Además, es necesario que esté orientado de manera tal que las áreas de carga y descarga estén sombreadas la mayor parte del día (López C., A.F., 2003).

Funcionalidad

Todos y cada uno de los componentes de la bodega, deben tener una función que contribuya al éxito de la empresa (FAO, 2012). Un diseño adecuado asegura suficiente espacio para la libre circulación interna, con puertas y aberturas lo suficientemente anchas y altas para permitir el manejo mediante montacargas. La planta debe tener una disposición tal que permita la rápida evacuación en caso de accidentes o incendios (López C., A.F., 2003). En las zonas de carga o descarga debe haber suficiente espacio de estacionamiento de vehículos para evitar atascos. Se debe considerar el tamaño de los vehículos más grandes (FAO, 2012).

Calidad y volumen de producto

El diseño de la instalación no debe afectar negativamente la calidad y la seguridad de los productos frescos. Las paredes permiten que el calor y el etileno se acumulen dentro de la instalación, lo que aumenta la tasa de maduración y deterioro de los productos. La instalación debe ser lo suficientemente grande como para acomodar el volumen de productos a manejar. Los futuros aumentos de volumen también deben integrarse en las consideraciones de diseño, de modo que se puedan establecer diseños para la expansión durante la construcción (FAO, 2012).

Seguridad y comodidad del trabajador

Las condiciones de trabajo dentro de las instalaciones deben minimizar la fatiga y el estrés físico. Es importante controlar la temperatura y la humedad relativa (dentro o cerca de los niveles recomendados mediante aire acondicionado o ventilación suficiente), niveles de luz, ergonomía del equipo y la ubicación de los materiales, herramientas y equipos necesarios

(fácil de encontrar y de fácil acceso) (FAO, 2012). El suministro de energía eléctrica es de vital importancia para el funcionamiento de los equipos, pero también para refrigeración e iluminación (López C., A.F., 2003).

Agua

Es importante la provisión de abundante agua para lavar el producto, camiones, envases y equipos, para tratamientos fitosanitarios y en algunos casos para el hidrogenfriado, por lo que es necesario de instalaciones adecuadas tanto para el suministro como para la eliminación del agua servida (López C., A.F., 2003).

Gestión de operaciones

La gestión de un centro de distribución de hortalizas y frutas debe abordar cuestiones relacionadas con la gestión de operaciones, como las siguientes (Broekmeulen, R.A.C.M, 1998):

- ¿Cuánto espacio de almacenamiento se necesita?
- ¿Qué tipo de condiciones de almacenamiento se necesitan en cada zona?
- ¿Dónde deben ubicarse los productos en el centro de distribución?
- ¿Qué tipo de política de almacenamiento se debe aplicar?

Se recomienda, como política de almacenamiento *primeras en entrar, primeras en salir* (FIFO por sus siglas en inglés) (FAO, 2012).

La asignación de almacenamiento a las zonas y la selección de una política de almacenamiento se consideran decisiones a largo plazo. Las siguientes restricciones deben cumplirse cuando la administración toma decisiones asignando valores a las cantidades de decisión (Broekmeulen, R.A.C.M, 1998):

- Cada producto debe asignarse a una zona.
- No se puede exceder la capacidad de almacenamiento de una zona.
- La pérdida de calidad de mantenimiento de los productos no puede exceder más de un nivel predefinido acordado en la cadena de distribución.

Instalaciones funcionales dentro de la bodega

La Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura en su trabajo titulado *Good practice in the design, management and operation of a fresh produce packing-house* en el 2012 recomienda que una bodega para productos frescos (como las frutas) debe tener las siguientes instalaciones:

Cuartos de almacenamiento frío

Idealmente, estos deben ubicarse lo más cerca posible de las áreas de despacho y de productos terminados. La proximidad de las cámaras frigoríficas a las áreas de despacho también minimiza la condensación y el recalentamiento al cargar camiones.

Cuartos de maduración

Estos deben mantenerse aislados de las áreas de retención y recepción porque hay altos niveles de etileno en esta área. Es necesaria una ventilación de aire suficiente para disipar

rápidamente el etileno una vez que se abre una sala de maduración; El aire de la habitación debe ser expulsado de la instalación de embalaje.

Laboratorio

Un pequeño laboratorio equipado con instrumentos básicos para evaluaciones de calidad posteriores a la cosecha, incluyendo SSC / TSS, TA, contenido de almidón y contenido de materia seca, debe ser parte de la instalación. Dependiendo de la escala de las operaciones y los requisitos del mercado, también se pueden realizar pruebas microbianas rápidas.

Cuarto de almacenamiento de materiales

Estos se utilizan para almacenar materiales de embalaje (almohadillas, revestimientos, cajas de cartón o bandejas) y canastillas. Las áreas de almacenamiento de materiales de embalaje deben estar cerradas y a prueba de plagas. Las puertas de estas habitaciones siempre deben mantenerse cerradas. Para evitar la contaminación, los materiales de embalaje deben almacenarse en la parte superior de bastidores, paletas o estantes.

Instalaciones para los trabajadores

- **Baños:** se recomienda que se proporcione un baño por cada 15 empleados o una fracción de 15 y que se ubiquen a una distancia razonable de la estación de los trabajadores. Si hay menos de cinco empleados, no se requieren baños separados.
- **Lavamanos:** como regla general, debe haber mínimo un lavamanos por cada diez personas. Los lavamanos deben ser accesibles o de fácil acceso para el personal de la empacadora, cerca o muy cerca de los baños. Los suministros adecuados y suficientes para la higiene personal deben estar disponibles en todo momento.

Área para disposición de desperdicios

Deben diseñarse y construirse de manera que se evite la contaminación de frutas y verduras y del suministro de agua. Deben clasificarse los residuos en biodegradables y no biodegradables, estar convenientemente ubicados y accesibles. Estas instalaciones deben mantenerse limpias.

Otras instalaciones

El centro de distribución puede tener otras instalaciones, tales como: cuarto de herramientas, oficinas administrativas, casinos/restaurante o casilleros.

Construcción

Los materiales de construcción y el tipo de construcción se regirán de acuerdo con los cultivos a manejar, el volumen esperado, el mercado que se atenderá y el financiamiento disponible. Las operaciones a pequeña escala pueden ser exitosas en estructuras relativamente simples y económicas. Los requisitos principales son:

- Protección adecuada del sol y la lluvia.
- Buena ventilación, pero proteger de la lluvia y el polvo.
- Pisos duros y nivelados para el movimiento seguro y fácil de personas y productos.

Las bodegas, excepto aquellas construidas para grandes operaciones comerciales, no deberían tener equipos fijos. Esto permite mayor flexibilidad para cambiar el diseño según lo exijan los diferentes volúmenes de productos y variedad de cultivos.

5.2.1. Marco normativo

Las instalaciones que manipulen alimentos en Colombia deben tener en cuenta los requerimientos de Buenas Prácticas de Manufactura (a nivel internacional), la Resolución 2674 del 2013 y las Normas Técnicas Colombianas para poder cumplir de manera consistente las especificaciones y expectativas de los clientes, además de condiciones básicas de higiene en el proceso de manejo de alimentos. A continuación, se describe cada uno de los documentos.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) incluyen un conjunto de procedimientos administrativos y de fabricación que aseguran que el producto pueda cumplir de manera consistente con las especificaciones y las expectativas del cliente. El objetivo de las BPM es reducir el riesgo de contaminación de productos frescos durante el manejo, empaque, almacenamiento y transporte. Este se compone de tres elementos principales: seguridad alimentaria, buenas prácticas y calidad del producto. Juntos, estos elementos contribuyen a producir productos seguros y de buena calidad.

A diferencia de los alimentos procesados, los productos frescos no están sujetos a tratamientos de esterilización para preservar su sabor y textura originales. La aplicación de BPM es, por lo tanto, fundamental para garantizar que todas las instalaciones y equipos utilizados en el manejo de productos frescos permanezcan sanitarios y no presenten un riesgo de contaminación química, física o microbiológica para el producto.

Resolución 2674 del 2013

Los artículos 6, 7, 27, 28 y 29 de la Resolución 2674 del 2013 detallan la información que deben cumplir las instalaciones para poder manipular y procesar productos frescos.

El artículo 6 describe las condiciones generales que deben cumplir los establecimientos destinados a la fabricación, el procesamiento, envase, almacenamiento y expendio de alimentos en cuanto a: localización y accesos; diseño y construcción; disposición de residuos líquidos y sólidos e instalaciones sanitarias.

El artículo 7 establece las condiciones específicas de las áreas de elaboración. Estas incluyen requisitos de diseño y construcción de: pisos y drenajes; paredes; techos; ventanas y otras aberturas; puertas, escaleras, elevadores y estructuras complementarias (rampas, plataformas); iluminación y ventilación.

El artículo 27 especifica las condiciones generales que deben evitar las operaciones de almacenamiento, distribución, transporte y comercialización: la contaminación y alteración; la proliferación de microorganismos indeseables y el deterioro o daño del envase o embalaje.

Los artículos 28 y 29 explican las condiciones que las operaciones de almacenamiento y transporte deben cumplir, alineadas a las BPM.

Normas Técnicas Colombianas (NTC)

Una norma técnica es un documento aprobado por un organismo reconocido que establece especificaciones técnicas basadas en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico, que hay que cumplir en determinados productos, procesos o servicios¹. En Colombia se regula mediante ICONTEC. Las NTC que se tendrán en cuenta para este trabajo son: NTC-1248 (aguacate), NTC-4087 (limón), NTC-1330 (mandarina) y las NTC-1268 y NTC-4086 (naranja).

5.3. Contexto

5.3.1. Contexto general de los pequeños cultivadores en el mundo y las cadenas logísticas de frutas y verduras

En la economía de los diferentes países del mundo, el sector agrícola juega un papel importante, debido a su participación en el PIB y a la generación de empleo o modo de vida al 40% de la población del mundo (Naciones Unidas, 2016). Esta es una de las razones por las que la Organización de las Naciones Unidas, insiste en la necesidad de brindar a los productores las condiciones para que su actividad sea económicamente sostenible como punto de partida para garantizar la seguridad alimentaria para una población mundial creciente. Da Silva, Baker y Shepherd (2013), reportan que en el 2008 aproximadamente 800 millones de personas en el mundo se consideraban como pobres, que vivían con un ingreso de menos de un dólar por día, de las cuales el 75% se ubican en el sector rural y su principal actividad es la agricultura. Los mismos autores señalan que la sostenibilidad sólo será posible si se logran establecer condiciones de competitividad que se mantengan en el tiempo. El gran reto para los pequeños agroindustriales y agricultores está en lograr incluirse en las cadenas de abastecimiento que los hagan más eficientes en costos operativos, precios, oferta, entre otros, pero sobre todo si la remuneración que reciben los pequeños agricultores es adecuada para ellos. Vorley, Lundy, y MacGregor (2013), aseguran que es necesario el diseño de modelos operativos que vinculen a los pequeños productores agrícolas, denominados por el World Business Council for Sustainable Development-WBCSD (2008), como negocios inclusivos y haciendo referencia a otras denominaciones como asociaciones de beneficio mutuo y capitalismo inclusivo utilizadas por FAO y CIFOR (2002) y Hart (2007) respectivamente.

En un recorrido hecho por Vorley, Lundy, y MacGregor (2013), sobre el estado de estos modelos operativos a lo largo de diferentes países del mundo como Honduras, Guatemala, Bulgaria, Sri Lanka, Turquía, México, entre otros, se puede identificar la intención de los modelos por mejorar el desempeño del sector de pequeños agricultores, para ofrecer beneficios logísticos, aprovechar las economías de escala y en general ser más competitivos. Estos parten de la necesidad de trabajar bajo algún modelo de integración, en el que los cultivadores asociados controlen una mayor parte de su cadena logística. Lo anterior tiene coherencia con lo planteado por algunos autores como Liao y Joh (2001), Soosa y Hyland (2015), Gunasekaran et al (2015) y Arshinder y Deshmukh (2008), quienes muestran los beneficios de la integración en las cadenas de abastecimientos en términos

¹ Tomado de:

http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/normas_tcnicas.html

de su mejor desempeño. En particular, Arshinder y Deshmukh (2008) precisan sobre los beneficios de la integración, toda vez que mencionan que las interfaces entre los miembros de la cadena que permiten mayores eficiencias en términos operativos son: aprovisionamiento – producción, producción – inventarios, producción – distribución y distribución – inventario. El centro de acopio y distribución propuesto se ubica en el centro de las interfaces de la cadena, entre la producción y la distribución.

Arshinder y Deshmukh (2008) mencionan que existen grandes oportunidades de mejoramiento en la productividad de estas interfaces. Sobre el diseño de cadenas logísticas y centros de distribución de alimentos y frutales, Jedermann et. al., 2015, reportan que la cantidad de alimentos que se desperdician en la cadena de abastecimiento varía entre el 14 y 40%, dependiendo de los mercados (en los que Estados Unidos es el que más desperdicio genera). Con base en esto proponen la utilización de mecanismos electrónicos con sensores y sistemas de información que permitan aumentar la rotación de los productos en un centro de distribución. Manikas y Terry, 2009 proponen un modelo de evaluación de los centros de distribución de vegetales frescos en el reino unido para identificar la naturaleza y magnitud de los principales problemas logísticos en ellos.

Verdouw et. al., 2010 proponen un modelo de referencia para el diseño de procesos físicos y de información en las cadenas de abastecimiento de frutas en cuatro países de Europa, con el fin de enfocarlas más cercanamente a las necesidades de los clientes. Demirtas y Tuzkaya, 2012 proponen un modelo para el diseño de un centro de distribución de frutas y vegetales en un entorno urbano, con la intención de maximizar la rentabilidad del intermediario que lo operaría. Vasiljevic, Stepanovic y Manojlovic, 2013 proponen un modelo de operación para un centro de distribución de alimentos basados en crossdocking. Finalmente, Wu et. al., 2013 adaptan el marco de SLP (Sistematic Layout Planning), que es una metodología general utilizada desde hace cuatro décadas para decidir en la ubicación de las distintas áreas que debe tener una instalación. Los autores lo aplican al caso de un centro de distribución de alimentos frescos para un supermercado, con resultados importantes de disminución de la manipulación de los recorridos de los alimentos y por consiguiente de los alimentos deteriorados en el centro de distribución.

Como se puede observar, en la literatura revisada no se han encontrado publicaciones con las características específicas propuestas en este proyecto, como son las de trabajar en un entorno tropical, especializado en frutas y enfocado a generar el mayor valor posible para los cultivadores asociados.

5.3.2. Frutas en Colombia y Valle del Cauca

Colombia

Colombia es uno de los países con la mayor oferta de suelo y clima del mundo para el cultivo de frutas tropicales durante todo el año desde el nivel del mar hasta los 2,800 metros de altitud (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Por lo anterior, constituye gran parte de las ventajas comparativas y competitivas para el desarrollo de la fruticultura. La fruta colombiana comparada con otros países subtropicales tanto del hemisferio norte como el del sur es de mejor calidad en relación con las características organolépticas, principalmente en lo que tiene que ver con color sabor y aroma y mayor contenido de sólidos solubles o grados Brix (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Sin embargo, en Colombia existe la llamada estacionalidad de la cosecha que es una consecuencia de la tenencia de la tierra, sumada al desconocimiento de la tecnología disponible. Lo anterior se puede evidenciar en que la mayoría de los fruticultores no usan riego artificial, por lo que la época de recolección de la fruta depende de las épocas de lluvias que cada lugar (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Un ejemplo de lo anterior es que, en cítricos, la llamada cosecha principal se recolecta el 70% de la producción y el 30% restante en la cosecha de mitaca. La cosecha principal va de mayo a agosto y la mitaca de diciembre a febrero. Cundinamarca con Tolima, Santander y Valle del Cauca produce el 50% de los cítricos de Colombia y Cundinamarca sola produce el 18% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Otra característica importante es que el 70% de la producción de las frutas proviene de pequeños y medianos agricultores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006) por lo que proyectos como el que se está realizando tienen repercusiones a nivel nacional.

Por otro lado, de acuerdo al diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura realizado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2006, en Colombia se reportan 48 especies frutales, los cuales se clasifican en: perennes mayores (especies permanentes de mayor importancia económica y social) que representan el 56% del área nacional cultivada, los frutales transitorios (que tienen un ciclo vegetativo y productivo que no pasa de tres años) representan un 36% del área nacional cultivada y perennes menores (especies que revisten menor importancia desde el punto de vista de su impacto económico y social) con el 8% restante. Las tablas 3, 4 y 5 muestran los frutos por cada clasificación y el área sembrada (2006).

Tabla 3. Especies de frutales perennes mayores

| Especie | Área actual (hA) | Área nacional |
|----------------|-------------------------|----------------------|
| Naranja | 35,452 | 16.1% |
| Mango | 18,305 | 8.3% |
| Aguacate | 17,535 | 7.9% |
| Guayaba | 15,972 | 7.2% |
| Mandarina | 11,573 | 5.2% |
| Coco | 9,258 | 4.2% |
| Lima Tahití | 6,596 | 3.0% |
| Lima pajarito | 4,311 | 2.0% |
| Guanábana | 1,954 | 0.9% |
| Vid | 1,920 | 0.9% |
| Total | 122,876 | 55.7% |

Fuente: PFN, 2006

Tabla 4. Especies de frutales transitorios

| Especie | Área actual (hA) | Área nacional |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Banano | 12,718 | 5.76% |
| Piña | 12,596 | 5.71% |
| Mora | 10,631 | 4.82% |
| Tomate de árbol | 9,223 | 4.18% |
| Lulo | 6,637 | 3.01% |
| Maracuyá | 6,447 | 2.92% |
| Patilla | 5,816 | 2.64% |
| Papaya | 4,575 | 2.07% |
| Bananito | 3,634 | 1.65% |
| Granadilla | 3,010 | 1.36% |
| Curuba | 1,824 | 0.83% |
| Melón | 1,348 | 0.61% |
| Fresa | 791 | 0.36% |
| Uchuva | 614 | 0.28% |
| Cholupa | 135 | 0.06% |
| Badea | 68 | 0.03% |
| Papayuela | 53 | 0.02% |
| Total | 80,120 | 36.31% |

Fuente: PFN, 2006

Tabla 5. Especies de frutales perennes menores

| Especie | Área actual (hA) | Área nacional |
|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Chontaduro | 6,103 | 2.766% |
| Borojó | 3,293 | 1.493% |
| Caducifolios | 3,028 | 1.372% |
| Ciruela frío | 1,055 | 0.478% |
| Tangelo | 706 | 0.320% |
| Ciruela cálido | 699 | 0.317% |
| Toronja | 524 | 0.238% |
| Pitaya | 430 | 0.195% |
| Brevo | 279 | 0.126% |
| Marañón | 260 | 0.118% |
| Macadamia | 248 | 0.112% |
| Feijoa | 220 | 0.100% |
| Chirimoya | 220 | 0.100% |
| Guayaba manzana | 158 | 0.072% |
| Zapote | 140 | 0.063% |
| Higo | 87 | 0.039% |
| Mangostino | 80 | 0.036% |
| Arazá | 75 | 0.034% |
| Níspero | 10 | 0.005% |

Continuación tabla 5.

| Especie | Área actual (hA) | Área nacional |
|--------------|------------------|---------------|
| Dátil | 7 | 0.003% |
| Tamarindo | 5 | 0.002% |
| Total | 17,627 | 7.989% |

Fuente: PFN, 2006

En cuanto al proceso de poscosecha de frutas, gran parte de la fruta es producida por agricultores pequeños que desconocen la tecnología, cosechan a cualquier hora del día y tampoco saben ni pueden pagar la incipiente cadena de frío. Estos agricultores sufren también del impacto de los altos costos de acopio, transporte, intermediarios, asistencia técnica e insumos. Como resultado, se produce fruta de varias calidades y se producen pérdidas por el inadecuado manejo después de la recolección del producto. La pérdida de frutas en poscosecha es de 25% en mango, 20% en aguacate, 15% en banano, 13% en cítricos, 10% en piña y 8% en papaya y otras (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

De acuerdo con diferentes estudios realizados por el Ministerio de Agricultura, en conjunto con el Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola (FNFH), la Asociación Hortofrutícola de Colombia (ASOHOFrucol) y la Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca (SAG), presentan en el 2006 proponen el plan frutícola nacional (2006-2026) para priorizar las especies y así aumentar el área a sembrar de las frutas seleccionadas. Esta propuesta se sustenta sobre las siguientes especies: naranja, limón Tahití, mandarina, toronja, mango, guayaba, aguacate, marañón, borjón, macadamia y pitaya como especies permanentes, apalancadas sobre un grupo de transitorias como la mora, piña, tomate de árbol, lulo, papaya, maracuyá, bananito, uchuva y granadilla (tabla 6) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Se estima que son 186.250 hectáreas nuevas para cultivo que, cuando estén en producción, generarán un PIB adicional de casi 1.8 billones de pesos a pesos del 2006, 99 mil empleos directos, 220 mil indirectos para un gran total de 319.4 mil empleos nuevos.

Complementando lo anterior, un estudio realizado en el 2018 por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (Upura), arrojó como resultados que, los productos con mayor potencial en el mercado internacional son: café, caña de azúcar, banano y flores, sumado a los que vienen creciendo en mercados internacionales, como el aguacate Hass, la palma de aceite, la piña, los cítricos, el cacao, el lulo y la papaya (La República, 2018).

Tabla 6. Plan frutícola nacional, especies priorizadas

| Especie | Área a sembrar (ha) | % Área |
|---------------|---------------------|--------|
| Naranja | 27,500 | 14.8 |
| Mango | 25,000 | 13.5 |
| Limón Tahití | 16,500 | 8.9 |
| Guayaba | 15,300 | 8.2 |
| Aguacate Hass | 11,750 | 6.3 |

Continuación tabla 6.

| Especie | Área a sembrar (ha) | % Área |
|-----------------|----------------------------|---------------|
| Mora | 10,000 | 5.4 |
| Piña | 10,000 | 5.4 |
| Tomate de árbol | 10,000 | 5.4 |
| Marañón | 10,000 | 5.4 |
| Lulo | 9,000 | 4.8 |
| Mandarina | 9,500 | 5.1 |
| Papaya | 6,500 | 3.5 |
| Borojó | 6,000 | 3.2 |
| Maracuyá | 6,200 | 3.3 |
| Toronja | 4,000 | 2.2 |
| Total | 177,250 | 95.4 |

Fuente: PFN, 2006

Valle del cauca

De acuerdo con las características de la región (condiciones de suelo y clima), el departamento del Valle del Cauca es considerada como “tierra de frutas” (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006). Históricamente, el departamento cuenta con una tradición productora una cultura de consumo y transformación agroindustrial de frutales que le permiten ser el primer productor de frutas en Colombia, con 28,192 hectáreas en producción en el 2004 y 669,184 toneladas de fruta fresca en el mismo año (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Por lo anterior, el sector frutícola es priorizado como una de las apuestas estratégicas de la denominada Agenda Interna de Competitividad del Valle del Cauca (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006). Los frutales de mayor representación en producción en el año 2004 en el Valle del Cauca fueron: naranja, piña, guayaba, banano, papaya, vid, mandarina y maracuyá (tabla 7).

Tabla 7. Área, producción y rendimiento de 33 especies de frutales del Valle del Cauca

| Especie | Área (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|----------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
| Papaya | 642 | 51,368 | 80 |
| Piña | 1,167 | 80,317 | 68.8 |
| Naranja | 3,027 | 145,277 | 48 |
| Limón Tahití | 370 | 14,788 | 40 |
| Toronja | 92 | 3,697 | 40 |
| Guayaba | 1,855 | 70,499 | 38 |
| Mandarina | 855 | 32,490 | 38 |
| Limón pajarito | 185 | 7,022 | 38 |
| Tangelo | 92 | 3,234 | 35 |
| Melón | 455 | 14,687 | 32.3 |

Continuación tabla 7.

| Especie | Área (ha) | Producción (t) | Rendimiento (t/ha) |
|-----------------|------------------|-----------------------|---------------------------|
| Tomate de árbol | 485 | 12,119 | 25 |
| Vid | 1,538 | 35,376 | 23 |
| Maracuyá | 890 | 20,303 | 22.8 |
| Brevo | 54 | 1,197 | 22 |
| Guanábana | 449 | 8,988 | 20 |
| Aguacate | 1,486 | 26,749 | 18 |
| Lulo | 1,098 | 19,756 | 18 |
| Mango | 105 | 1,568 | 15 |
| Granadilla | 596 | 7,265 | 12.2 |
| Coco | 341 | 4,140 | 12.1 |
| Mora | 1,138 | 13,653 | 12 |
| Banano | 5,976 | 65,972 | 11 |
| Bananito | 381 | 3,768 | 9.9 |
| Ciruela Cal | 9 | 82 | 9.1 |
| Curuba | 179 | 1,523 | 8.5 |
| Caducifolios | 10 | 76 | 7.8 |
| Zapote | 32 | 226 | 7.1 |
| Uchuva | 4 | 21 | 6.1 |
| Pitaya | 198 | 1,175 | 5.9 |
| Fresa | 2 | 8 | 5.6 |
| Borojó | 844 | 4,580 | 5.4 |
| Chontaduro | 3,600 | 17,100 | 4.8 |
| Macadamia | 40 | 160 | 4 |
| Total | 28,195 | 669,184 | 23.7 |

Fuente: PFN Valle del Cauca, 2006

Además, en lo corrido del siglo XXI, las frutas con mayor producción departamental (medidas en toneladas por año) son la naranja, piña, guayaba, banano, papaya, vid, mandarina y aguacate, las cuales representan el 75.9% de la producción total, lo que refleja una producción frutícola concentrada en pocas especies, a pesar de poseer 33 el departamento (tabla 8) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Tabla 8. Estructura de la producción en toneladas de frutales en el Valle del Cauca

| Especie | Participación producción departamental (%) |
|----------------|---|
| Naranja | 21.71 |
| Piña | 12 |
| Guayaba | 10.54 |
| Banano | 9.86 |
| Papaya | 7.68 |
| Vid | 5.29 |

Continuación tabla 8.

| Especie | Participación producción departamental (%) |
|-----------------|---|
| Mandarina | 4.86 |
| Aguacate | 4 |
| Maracuyá | 3.03 |
| Lulo | 2.95 |
| Chontaduro | 2.56 |
| Limón Tahití | 2.21 |
| Melón | 2.19 |
| Mora | 2.04 |
| Tomate de árbol | 1.81 |
| Guanábana | 1.34 |
| Granadilla | 1.09 |
| Limón pajarito | 1.05 |
| Borojó | 0.68 |
| Coco | 0.62 |
| Bananito | 0.56 |
| Toronja | 0.55 |
| Tangelo | 0.48 |
| Mango | 0.23 |
| Curuba | 0.23 |
| Brevo | 0.18 |
| Pitaya | 0.18 |
| Zapote | 0.03 |
| Macadamia | 0.02 |
| Ciruela Cal | 0.01 |
| Caducifolios | 0.01 |

Fuente: PFN Valle del Cauca, 2006

Por lo anterior, y de acuerdo con el Plan Frutícola Nacional, los frutales priorizados para el Valle del Cauca son los presentados en la tabla 9.

Tabla 9. Frutales priorizados para el Valle del Cauca

| Especie | Área sembrada (ha) | Área proyectada (ha) |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Naranja | 43,940 | 4,000 |
| Guayaba | 23,254 | 2,500 |
| Piña | 14,337 | 1,000 |
| Chontaduro | 43,619 | 1,000 |
| Maracuyá | 10,247 | 1,000 |
| Limón Tahití | 4,232 | 2500 |
| Papaya | 7,256 | 1,000 |

Continuación tabla 9.

| Especie | Área sembrada (ha) | Área proyectada (ha) |
|-----------------|--------------------|----------------------|
| Mandarina | 9,622 | 4,500 |
| Lulo | 12,002 | 500 |
| Granadilla | 6,484 | 500 |
| Borojó | 9,142 | 100 |
| Guanábana | 4,809 | 2,500 |
| Aguacate | 15,761 | 2,500 |
| Mora | 12,054 | 500 |
| Tomate de árbol | 4,985 | 500 |
| Pitaya | 1,896 | 500 |

Fuente: PFN Valle del Cauca, 2006

Por otro lado, en el área de poscosecha se presentan una serie de oportunidades. Estas son (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006):

- Estudios básicos y aplicados de la fisiología en poscosecha.
- Mejoramiento de las técnicas de acondicionamiento y conservación del producto fresco: selección, clasificación, limpieza, empaque, embalaje, transporte y almacenamiento.
- Investigación y desarrollo de procesos y productos, aplicación de principios de ingeniería y biotecnología.
- Aprovechamiento de residuos de cosecha y procesamiento.
- Desarrollo de infraestructura y equipos para la agroindustria

Esta última alineado al proyecto que se desarrolla en este trabajo.

5.3.3. ASOCAMPOALEGRE

Este trabajo se está realizando en conjunto con la Asociación de usuarios del distrito de adecuación de tierras de pequeña escala (ASOCAMPOALEGRE). ASOCAMPOALEGRE es una organización jurídica sin ánimo de lucro, conformada por una base social de pequeños y medianos productores del sector agropecuario que se han unido democráticamente con el propósito de mejorar sus condiciones de vida mediante el desarrollo de acciones colectivas, equilibradas, justas y sostenibles. Es la empresa social de mayor impacto que se ha proyectado para el beneficio de los productores agrarios de la zona rural plana del Municipio de Andalucía y busca convertirse en el punto de partida de una verdadera transformación integral de su base social y en general de la comunidad rural andaluza. En la figura 2 se presenta la ubicación de la asociación en el Valle del Cauca.

Los pequeños productores de frutales, principalmente cítricos, en el municipio de Andalucía han pasado por un periodo de 5 años donde se han visto en crisis por diversos factores como lo son el climáticos, comerciales, loteo de fincas para urbanizaciones campestres y expansión del monocultivo de la caña de azúcar. Es importante resaltar que, a pesar de que varios agricultores han cambiado su cultivo a la caña de azúcar, se mantiene un gran

número de productores con sus frutales los cuales en el último año se han visto favorecidos por el aumento de la demanda nacional y mundial.

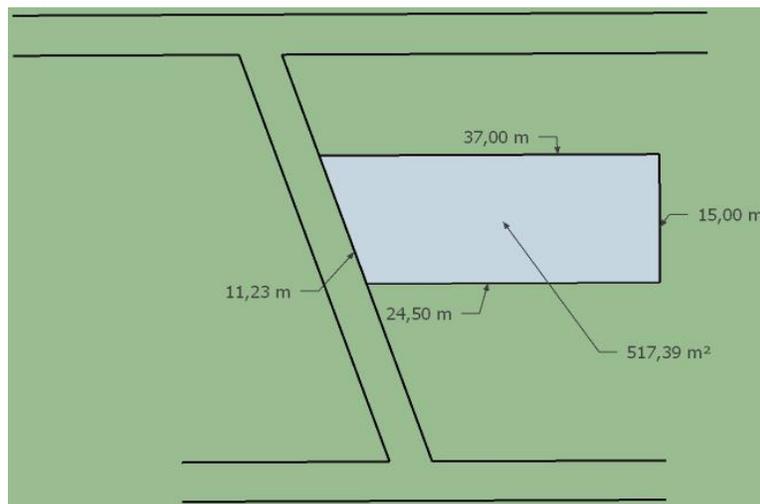
Figura 2. Ubicación de ASOCAMPOALEGRE.



Fuente: Google Maps.

Actualmente la asociación está considerando hacer la distribución de sus productos sin involucrar intermediarios, para ello requieren un centro de acopio y distribución que permita realizar el proceso de poscosecha de las frutas que cultivan para poder satisfacer las necesidades de los clientes. El lote ya está definido y se muestra en la figura 3.

Figura 3. Lote destinado para el centro de acopio y distribución



Fuente: ASOCAMPOALEGRE

6. PROCESOS DE TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO, PROCESAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE FRUTAS

A continuación, se detalla el procedimiento para caracterizar los procesos de transporte, almacenamiento, procesamiento y distribución de los frutales de interés.

6.1. Selección de frutales de interés

El primer aspecto para tener en cuenta para caracterizar los procesos de transporte, almacenamiento, procesamiento y distribución es determinar cuáles son las frutas que pasarán por el centro de acopio y distribución. Para ello es importante conocer las frutas que se cultivan en la región y quiénes serán los interesados para el proyecto. Una vez se conoce a los involucrados, se realiza una investigación primaria con el fin de obtener la información necesaria de productos y procesos que actualmente manejan.

Una vez se cuenta con la información de las frutas cultivadas en la región se procede a analizar su producción, la importancia del cultivo en la región en cuanto a la utilidad que genera a los agricultores y la importancia nacional que tienen con respecto a los planes gubernamentales.

6.1.1. Caso estudio

Cómo se menciona en la sección 5.3.3., la región de interés es la zona rural del municipio de Andalucía, Valle del Cauca. La comunidad de interés está organizada mediante la asociación *ASOCAMPOALEGRE*.

Para la recolección de la información, se realizó un inventario predio a predio para conocer los frutales cultivados por cada productor. Para ello, se recorrió la zona y se hizo una encuesta a los cultivadores con el fin de conocer los frutos que cultivan y la cantidad.

De acuerdo con la información recogida, los productos cultivados en la zona son el limón (pajarito, común y Tahití), mandarina, naranja, cacao, aguacate y zapote. De dichos productos el que presenta mayor frecuencia es el limón, debido a que es cultivado por 69 agricultores de la zona en cuestión; en tanto el producto de menor frecuencia es el zapote, debido a que es cultivado por 2 agricultores (Ver tabla 10).

Tabla 10. Productos cultivados en la zona rural de Andalucía.

| Producto | Productores | Porcentaje |
|----------------|-------------|----------------|
| Mandarina | 61 | 31.94% |
| Naranja | 54 | 28.27% |
| Limón pajarito | 67 | 35,08% |
| Aguacate | 3 | 1.57% |
| Limón Tahití | 2 | 1.05% |
| Cacao | 2 | 1.05% |
| Zapote | 2 | 1.05% |
| Total | 191 | 100.00% |

Fuente: ASOCAMPOALEGRE.

Analizando la información anterior se puede decir que el 96,34% de los productores de la región cultivan naranja, limón y mandarina, por lo que la región se especializa en cítricos, un factor determinante al momento de diseñar el centro de distribución y acopio, ya que las características de estos frutos son similares en cuanto a procesamiento y almacenamiento. Además, de acuerdo con lo mencionado por la asociación, estas frutas son de gran importancia para la región en cuanto a las utilidades que generan a los agricultores de la zona. Adicionalmente, estos frutos hacen parte de las especies priorizadas del plan frutícola de Colombia 2006-2026 (ver sección 5.3.2), adquiriendo una importancia significativa.

Por otro lado, el aguacate es una fruta que adquiere una importancia nacional. Además de estar en el plan frutícola nacional, es una de las frutas cuya exportación se perfila como uno de los de mayor crecimiento a nivel nacional (Revista Dinero, 2019).

Por lo anterior, los frutales de interés propuestos son: limón (en sus variedades pajarito y Tahití), naranja (valencia y sweety), mandarina (arrayana y oneco) y el aguacate (papelillo y común).

6.2. Procesos de poscosecha

Una vez se identifican los frutales de interés, es necesario conocer los procesos de poscosecha que se realizan a las frutas para asegurar un producto de calidad al consumidor. A continuación, se describen las operaciones del proceso de poscosecha de frutas que se ejecuta en una bodega o centro de distribución de frutas:

Recepción

En este proceso, el producto es revisado, contado, pesado y, en algunos casos, se toman muestras para conocer su calidad y se etiqueta para identificar origen y fecha de llegada. La revisión incluye: revisión por daño, insectos o roedores, descomposición, materiales extraños y residuos químicos visibles. Dependiendo del tipo de producto, se puede registrar el peso bruto cosechado en este momento. (FAO, 2012).

Es necesario que, en la recepción del producto, la operación sea muy rápida. En caso de que no pueda ser así, es necesario que el área de recepción esté protegida del sol (López C., A.F., 2003).

La descarga del producto se puede realizar en seco o en agua, en ambos casos es muy importante disponer de desaceleradores de caída para minimizar los golpes asociados a esta operación. El volcado en agua es un procedimiento mucho más suave y que también sirve para el transporte, pero no todos los productos toleran ser mojados (López C., A.F., 2003).

Selección y clasificación

Luego de la recepción, es necesaria la selección y clasificación o eliminación de los productos no son aprovechables para el consumo humano (López C., A.F., 2003). En esta operación los productos descartables son unidades severamente dañadas o pudriéndose, así como las demasiado pequeñas, residuos o material extraño, frutas con afectación de plagas y frutas muy maduras o falta de madurez.

Algunas frutas descartables pueden ser usadas para la alimentación animal. En caso de no usarse como alimento animal, pueden ser utilizados para el relleno sanitario, producción de alcohol, biogás o como mejoradores orgánicos de suelo (López C., A.F., 2003).

Una vez se eliminan las frutas no aprovechables, las frutas son clasificadas y agrupadas por tamaño para satisfacer los estándares de calidad y tamaño del mercado de destino (FAO, 2012).

Aquellas frutas que son destinadas a mercados de alta gama o de exportación pueden clasificarse de acuerdo con los estándares internacionales de peso, tamaño, color o calidad visual. Los mercados nacionales pueden tener estándares menos rigurosos que varían según la ubicación.

La selección en campo puede ayudar a reducir el volumen de productos que se manejarán en una bodega de empaque. Luego de hacer la selección, se procede con la clasificación del producto de acuerdo con criterios establecidos de calidad y tamaño (peso, diámetro o longitud) reconocidos o aceptados por los gobiernos y la industria. Cada grupo de productos lleva una agrupación de nombre y tamaño aceptada, como Clase Extra, Clase I o Clase II en el caso de las normas de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC) para productos frescos (FAO, 2012).

Una operación adicional es el recorte, en esta se eliminan las partes de frutas no deseadas, aquellas que puedan ser rechazadas por los consumidores o partes que pueden contribuir al deterioro. El recorte debe hacerse con las herramientas adecuadas, como cuchillos afilados de acero inoxidable o tijeras de podar (FAO, 2012).

Lavado

En el proceso de lavado se elimina el látex, la suciedad y los residuos químicos. Se reduce la carga microbiana, los insectos y otros materiales extraños de la superficie del producto. Los productos con una apariencia limpia son atractivos para el consumidor y se pueden vender fácilmente. El proceso de lavado consta de tres etapas: la primera etapa consiste en enjuagar los productos para eliminar las partes de la planta en descomposición y la suciedad. La segunda etapa utiliza agua clorada para eliminar el material extraño que todavía está presente en lugares estrechos. La tercera etapa sirve como enjuague final en agua clorada (FAO, 2012).

Los métodos de limpieza incluyen (FAO, 1989):

- **Lavado:** ya que la contaminación microbiana generalmente se encuentra en las superficies de frutas, por lo que el lavado es un paso importante para reducir la carga microbiana. Los métodos de lavado pueden ser: inmersión de la fruta, lavado por spray o cepillado.
- **Wiping:** proceso de limpieza mediante un paño húmedo se pueden rociar la fruta con agua sobre una mesa y luego limpiarse con un paño limpio.
- **Cepillado en seco:** se utiliza para productos sensibles al agua. El jengibre, por ejemplo, se cepilla sin usar agua. Se utilizan cepillos pequeños para eliminar la suciedad y los insectos adheridos a la fruta.
- **Aire forzado:** también para productos sensibles al agua. El producto se somete a aire a presión para eliminar la suciedad y los insectos.

Encerado y tratamientos fungicidas

Después del lavado de las frutas, un proceso complementario es el encerado y tratamientos con fungicidas.

En el encerado, se reemplazan las ceras naturales que pueden perderse durante la cosecha y la manipulación, así como mejorar el brillo, reducir la pérdida de humedad y desacelerar la maduración. Las ceras impregnadas con compuestos antifúngicos también pueden usarse para el control de enfermedades. Los recubrimientos apropiados deben dar brillo; ser transparentes, inodoros e insípidos; biodegradables; impermeables al agua y semipermeables al O₂ y CO₂ (FAO, 2012).

En el tratamiento con fungicida, se busca prevenir la descomposición causada por mohos o bacterias, lo cual produce pérdidas de productos frescos durante la comercialización. La infección puede ocurrir antes o después de la cosecha, ya sea por lesiones o por penetración directa de la piel intacta del producto. Las infecciones previas a la cosecha a menudo permanecen latentes hasta después de la cosecha, especialmente en la fruta, donde pueden desarrollarse solo a medida que la fruta madura. Los mangos, plátanos, aguacates y pimientos dulces están sujetos a infecciones de antracnosis latentes. La aplicación de fungicidas después de la cosecha es habitual en cultivos como manzanas, plátanos y cítricos que se almacenan durante un período prolongado o en aquellos que se transportan a mercados lejanos (FAO, 1989).

Secado

Antes de empaquetar el producto, este debe ser secado. En una pequeña bodega, el proceso se puede hacer en una rejilla de secado o en una mesa de madera o malla de alambre cubierta de plástico (FAO, 1989). Si la bodega es más sofisticada, se hace en túneles a temperatura del aire entre 40°C a 50°C, y el tiempo de permanencia en el túnel debe ser inferior a 3 min. En la actualidad se están introduciendo ceras que se secan a baja temperatura (30°C), y reducen el peligro de alteraciones en los frutos por las altas temperaturas del túnel de secado (Pássaro c., et al; 2012).

Empaque

El empaque es la operación de envasar el producto con materiales que permitan inmovilizarlo y protegerlo. Sus funciones básicas son (López C., A.F., 2003):

1. Contener al producto, facilitando la manipulación y distribución, uniformando el número de unidades o peso en su interior y así estandarizar su comercialización.
2. Proteger al producto de los daños mecánicos (impacto, compresión, abrasión y heridas) y condiciones ambientales adversas (temperatura, humedad relativa) durante el transporte, almacenamiento y comercialización.
3. Proveer información al comprador, tal como especie, variedad, peso, número de unidades, grado de selección o calidad, nombre del productor y/o empaquetador, país o zona de origen, etc. Es frecuente también incluir recetas, valor nutritivo, código de barras o algún otro tipo de información que permita la rastreabilidad.

Un envase adecuado debe adaptarse a los diferentes tratamientos o condicionales en las que será sometida la fruta. Por ejemplo, si el producto posee una alta tasa respiratoria, debe

poseer aberturas para permitir la ventilación; si se desea evitar la deshidratación, debe constituir una eficaz barrera a la pérdida de humedad, etc. (López C., A.F., 2003).

Adicionalmente, el empaque de frutas debe satisfacer los requerimientos tanto del producto como del mercado. La mejora del empaque es, a menudo, una gran meta para el desarrollo del mercado y prevención de pérdidas poscosecha (FAO, 1987).

Los materiales utilizados son diversos, pero se pueden clasificar en dos grupos principales (FAO, 2012): 1) Materiales de empaque a granel utilizados para el transporte y comercialización al por mayor, y (2) empaque al por menor. Este último debe contener información sobre el contenido (como el volumen, la fuente y el país de origen), ser atractivo y proporcionar comodidad al consumidor. La utilización de materiales semipermeables también permite crear atmósferas especiales en su interior que contribuyen a mantener la frescura (FAO, 1987).

Entre los tipos de envasado se encuentran los siguientes (FAO, 2012):

- **Llenado por volumen:** los productos se ponen en un contenedor hasta alcanzar la capacidad, peso o número de unidades deseadas.
- **Envasado en celdillas o bandejas:** los productos se ponen en celdillas o bandejas moldeadas que facilitan la separación y reducen las magulladuras.
- **Envasado o preenvasado para el consumidor:** cantidades pequeñas se envasan, pesan y etiquetan para su venta al por menor.
- **Envoltura con película o por contracción:** cada fruta se envuelve y cierra herméticamente por separado con una película para reducir la pérdida de humedad y la pudrición. La película se puede tratar con fungicidas u otras sustancias químicas previamente.

Durante el proceso de empaque es necesario etiquetar el producto para facilitar la identificación de los productos y su manejo. Las etiquetas pueden ser pegadas, estampadas o estar impresas directamente sobre las cajas. Si la calidad de la fruta es resaltable, se puede pegar de forma individual una pequeña etiqueta adhesiva en donde se muestra a colores el nombre comercial (FAO, 2000).

La información contenida en las etiquetas debe ser la siguiente (FAO, 2000):

- Nombre común del producto.
- Peso neto, número de unidades y/o volumen.
- Nombre de la marca, así como el nombre y dirección del productor, empacador o exportador.
- País de origen (cuando corresponda).
- Tamaño y clasificación.
- Temperatura de almacenamiento recomendada.
- Instrucciones especiales de manejo.
- Nombre de los fungicidas o bactericidas empleados durante la selección y empaque (permitidos en el país de consumo).

Todo en el idioma del país de consumo.

Preenfriamiento

En el proceso de preenfriamiento se pretende eliminar el calor de campo de las frutas hasta obtener la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa recomendadas para mantener su calidad (FAO, 2000). Este proceso es necesario para mantener la calidad de frutas, hortalizas y otros productos vegetales y forma parte de la «cadena de frío» para maximizar la vida poscosecha del producto. El preenfriamiento es generalmente una operación aparte, que requiere de instalaciones especiales, aunque complementaria del almacenamiento refrigerado (López C., A.F., 2003).

El preenfriamiento alarga la duración del producto al reducir (FAO, 2000):

- El calor del campo
- La tasa de respiración y el calor generado por el producto
- La velocidad de maduración
- La pérdida de humedad (agotamiento y marchitamiento)
- La producción de etileno (gas que genera el producto durante la maduración)
- La difusión de la pudrición.

El calor de campo que se eliminará de un material (Q) se puede estimar utilizando la ecuación 1 donde m es el peso del material (kg), Cp es el calor específico (kJ/kg/K) y ΔT es el cambio de temperatura (FAO, 2012).

$$Q = mC_p\Delta T \quad (1)$$

En la tabla 11 se mencionan los métodos de preenfriamiento con sus ventajas y desventajas (FAO, 2012).

Tabla 11. Métodos de preenfriamiento

| Método | Ventajas | Desventajas |
|---------------------------|---|--|
| Cuarto refrigerado | Potencialmente menores costos de capital y funcionamiento en comparación con otros métodos de enfriamiento. | Velocidades de enfriamiento lentas especialmente para productos envasados; distribución de temperatura variable; limitado a productos con bajas tasas de respiración. |
| Enfriado por aire forzado | Las instalaciones de almacenamiento en frío existentes se pueden convertir fácilmente en refrigeración por aire forzado; 4-10 veces más rápido que el cuarto refrigerado; aplicable a una amplia gama de productos. | Requiere mayor potencia del ventilador y mayor capacidad de refrigeración que el cuarto refrigerado; necesita patrones de apilamiento especiales y operadores calificados. |
| Hidrogenfriamiento | Simple de realizar; eficaz; reduce o revierte la pérdida de humedad; método de enfriamiento muy rápido (2-23 veces más rápido que el enfriamiento por aire forzado). | Acumulación de microorganismos que causan descomposición; necesita recipientes resistentes al agua; alto requerimiento de refrigeración; los productos deben tolerar la humectación y ser resistentes al agua; baja eficiencia energética. |

| | | |
|-----------------------|--|--|
| Enfriamiento al vacío | Enfriamiento rápido y uniforme; muy eficiente. | Equipo costoso, aplicable solo para productos con una alta relación superficie/volumen y que pierda agua fácilmente de los tejidos; se produce pérdida de peso. |
| Hielo | Se puede hacer manualmente para pequeños volúmenes; el contacto directo con el producto produce un enfriamiento rápido; el exceso de hielo elimina la necesidad de refrigeración durante el transporte a distancias cortas; no hay pérdida de humedad. | Equipo especial necesario para grandes operaciones, el material de empaque debe ser resistente al agua; el producto debe ser tolerante a la humedad y a la temperatura de casi congelación; el hielo debe ser reemplazado en caso de transporte a larga distancia; el hielo ocupa una cantidad significativa de espacio en el empaque. |

Fuente: FAO, 2012

Las buenas prácticas de manufactura (BPM) para el preenfriamiento incluye lo siguiente (FAO, 2012):

1. **Manejo adecuado de la temperatura:** la elección del método de preenfriamiento debe considerar que las frutas y verduras tienen requisitos de temperatura variables para una calidad óptima.
2. **Usar agua y hielo limpios:** el agua y el hielo utilizados en las operaciones de enfriamiento son fuentes potenciales de contaminación, especialmente el agua reutilizada durante el enfriamiento. El hielo utilizado para la aplicación directa a los alimentos debe producirse a partir de agua potable. El agua y el hielo utilizados en las operaciones de enfriamiento son fuentes potenciales de contaminación, especialmente el agua reutilizada durante el enfriamiento. El hielo utilizado para la formación de hielo en paquetes o para la aplicación directa a los alimentos debe producirse a partir de agua potable.
3. **Mantenimiento adecuado de equipos de enfriamiento por aire y áreas de enfriamiento:** los equipos de enfriamiento por aire y las áreas de enfriamiento deben limpiarse, inspeccionarse y mantenerse periódicamente en condiciones limpias y sanitarias. Las posibles fuentes de contaminación no deben ubicarse cerca de las entradas de aire.
4. **El producto debe estar limpio:** los productos limpios y de buena calidad son resistentes a la contaminación microbiana. Por otro lado, los productos contaminados que pasan por un proceso de enfriamiento como en el hidrogenfriamiento pueden causar una acumulación de microorganismos en el suministro de agua de enfriamiento.

En el proceso de preenfriamiento, así como en el de almacenamiento refrigerado, es importante tener en cuenta que un inadecuado manejo de la temperatura produce un acelerado deterioro de la calidad. El daño producido por ese inadecuado manejo se llama daño por frío. Los síntomas del daño por frío son: pérdida de turgencia, presencia de exudados y la desorganización general de los tejidos (López C., A.F., 2003).

Almacenamiento

Después del preenfriamiento, los productos deben cargarse inmediatamente en camiones refrigerados para su envío al mercado. En las situaciones en las que no es posible el envío inmediato, el producto debe mantenerse almacenado a baja temperatura para evitar el deterioro (FAO, 2012).

Cuando pasan bajos volúmenes de productos por la bodega, se puede clasificar los productos en grupos que sean compatibles entre sí con base en la temperatura. Otros factores para tener en cuenta es la humedad relativa (tabla 12), producción y sensibilidad al etileno (tabla 13) y emisión y absorción de olores (tabla 14) (FAO, 2012).

Tabla 12. Temperaturas y humedades relativas recomendadas para el almacenamiento de algunas frutas (estos valores pueden variar para las diferentes variedades y cultivares de la fruta)

| Producto | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) | Vida almacenamiento |
|-------------------|------------------|----------------------|---------------------|
| Guayaba | 8-5 | 90 | 2 a 3 meses |
| Lima | 8.5-10 | 85-90 | 1 a 4 meses |
| Limón verde | 10-14 | 85-90 | 2 a 3 semanas |
| Limón coloreado | 0-4.5 | 85-90 | 2 a 6 meses |
| Mango | 7-12 | 90 | 3 a 6 semanas |
| Mandarina | 4 | 90-95 | 2 a 4 semanas |
| Maracuyá | 7-10 | 85-90 | 3 a 5 semanas |
| Melón | 7-10 | 85-90 | 3 a 7 semanas |
| Naranja | 3-9 | 85-90 | 3 a 12 semanas |
| Aguacate | 7-12 | 85-90 | 1 a 2 semanas |
| Papaya | 7-13 | 85-90 | 1 a 3 semanas |
| Piña verde | 10-13 | 85-90 | 2 a 4 semanas |
| Piña madura | 7-8 | 85-90 | 2 a 4 semanas |
| Plátano coloreado | 13-16 | 85-90 | 20 días |
| Plátano verde | 12-13 | 85-90 | 1 a 4 semanas |
| Sandía | 5-10 | 85-90 | 2 a 3 semanas |
| Toronja | 10-15 | 85-90 | 6 a 8 semanas |
| Uva | -1,0-0 | 90-95 | 1 a 4 meses |

Fuente: FAO, 2000

Tabla 13. Frutas que emiten y absorben etileno

| Emiten | Afectados |
|----------|------------|
| Manzana | Banano |
| Aguacate | Guayaba |
| Banano | Kiwi |
| Durian | Limón |
| Guayaba | Mandarina |
| Yaca | Mango |
| Kiwi | Mangostino |

| | |
|--------|---------|
| Lichi | Papaya |
| Mango | Caqui |
| Papaya | Ciruela |

Fuente: FAO, 2012

Tabla 14. Frutas que producen y absorben olores

| Producen olor | Absorben olor |
|---------------|---------------------------|
| Manzana | Manzanas |
| Aguacate | Aguacate (de la pimienta) |
| Cítricos | Cítricos |
| Uvas | Uva |
| Pera | Pera |
| | Piña (del aguacate) |

Fuente: FAO, 2012

Para un adecuado almacenamiento, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones (FAO, 2000):

- Uso de material adecuado y aislamiento térmico.
- Puertas y accesos apropiados y bien ubicados para las operaciones de carga y descarga.
- Distribución uniforme del aire refrigerado.
- Termostatos sensibles y estratégicamente ubicados.
- Suficiente capacidad de frío en relación con las necesidades existentes.

Despacho

Este proceso se refiere al transporte desde el centro de distribución hacia los clientes. Para el modo de transporte y tipo de equipo deben tener en cuenta los siguientes factores (FAO, 2000):

- Destino.
- Valor de los productos.
- Grado en que son perecederos los productos.
- Cantidad de productos que han de transportarse.
- Temperatura y humedad relativa de almacenamiento recomendadas.
- Condiciones de temperatura exterior en los puntos de origen y de destino.
- Duración del transporte por vía aérea, terrestre o marítima hasta llegar al destino.
- Flete negociado con los transportistas.
- Calidad del servicio de transporte.

Antes del despacho, los productos listos deben ponerse en un área separada de la materia prima entrante para evitar la contaminación cruzada. La exposición del producto frío a la temperatura ambiente debe reducirse al mínimo para evitar el recalentamiento y evitar la condensación en el producto, lo que puede provocar la descomposición o el debilitamiento de los cartones. Las puertas de los muelles de carga deben estar equipadas con cortinas

de aire o cortinas de plástico para reducir la infiltración de aire caliente. También se puede revestir la carga para retrasar el calentamiento (FAO, 2012).

Para lograr un adecuado transporte, es importante que se reduzca al mínimo el manejo descuidado, la carga excesiva de los camiones, la contaminación cruzada y la exposición a condiciones de tiempo extremas. El área de despacho debe ser fresca, limpia y espaciosa para permitir el almacenamiento temporal del producto envasado, el libre movimiento del personal encargado de la carga y de los vehículos de transporte (FAO, 2012).

Para el transporte de los productos se recomienda el uso de contenedores refrigerados, así se asegura que el producto dure el tiempo suficiente para su comercialización. Algunos transportistas pueden ofrecer un servicio de puerta a puerta, esto reduce la manipulación, exposición, daños y robos de los productos (FAO, 2000).

Otras operaciones

Maduración y desverdecimiento

La maduración es el proceso de acelerar artificialmente la transición de una fruta desde su etapa inicial de verde maduro a una etapa semi o completamente madura (FAO, 2000 & López C., A.F., 2003).

Por otro lado, muchas frutas cítricas no desarrollan la cáscara de naranja o amarilla completa esperada por los consumidores cuando la fruta se produce a temperaturas superiores a 12°C. El desverdecimiento es un proceso utilizado para destruir el pigmento verde que produce el color de la cáscara deseado de la fruta (FAO, 2000 & López C., A.F., 2003).

La maduración y el desverdecimiento se logran exponiendo los productos maduros y de buena calidad al etileno o su análogo químico, el acetileno, a una temperatura óptima de maduración con suficiente circulación de aire. Los plátanos, mangos, papayas y tomates suelen madurar artificialmente. Los cítricos, como los pomelos y las mandarinas, sufren un desverdecimiento (FAO, 2012).

Tratamientos de cuarentena

Las moscas de la fruta son las plagas de insectos más destructivas y son una barrera importante para la exportación. Los países importadores requieren tratamientos de cuarentena como la fumigación con bromuro de metilo y fosfina.

Los tratamientos térmicos, una inmersión prolongada en agua caliente y la exposición al aire seco son ejemplos de métodos físicos para controlar las plagas de insectos que no presentan riesgos para la salud de residuos químicos y son más aceptables para los consumidores (FAO, 2012).

La temperatura, la duración del tratamiento y método a aplicar es dependiente del producto considerado y debe ser muy preciso para no provocar daños, particularmente en las especies muy perecederas. Una vez terminado el tratamiento, es muy importante disminuir la temperatura del producto a los niveles recomendados para su almacenamiento y/o transporte (López C., A.F., 2003).

Atmósferas controladas/modificadas

La atmósfera controlada (AC) o modificada (AM) se refiere a la tecnología de almacenamiento que se basa en la eliminación o adición de gases del ambiente que da como resultado una atmósfera de conservación del producto con una composición distinta a la del aire (78.08 % de N₂, 20.95 % de O₂, 0.03 % de CO₂). Generalmente esto implica reducción de la concentración de O₂ y/o aumento de la del CO₂. La diferencia entre AC y AM consiste solamente en el grado de control de la composición atmosférica resultante, siendo el grado de precisión mayor en el caso de la AC (FAO, 2000).

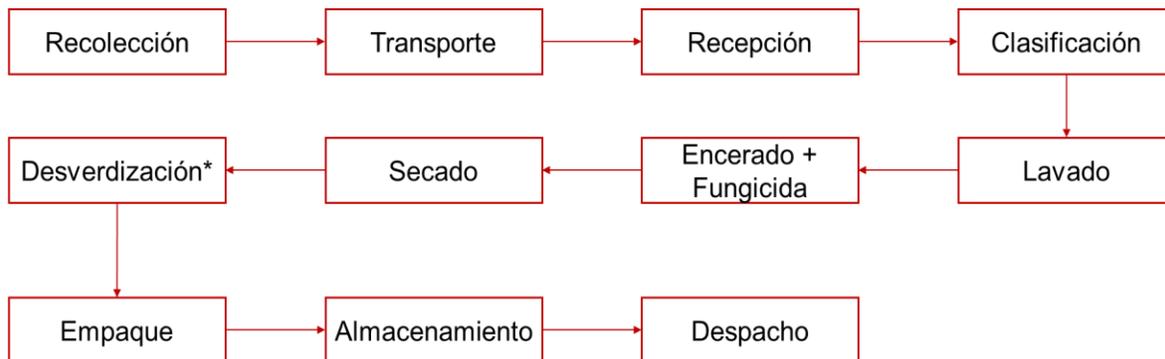
6.2.1. Caso estudio

Cómo se mencionó en la sección 6.1.1, en el caso estudio a trabajar, los frutales de interés son el limón, mandarina, naranja y aguacate. Los primeros tres frutales, al ser cítricos, tienen un proceso poscosecha común y diferentes al aguacate. Esta consideración es importante, especialmente en el momento del almacenamiento para evitar posibles contaminaciones cruzadas. En las figuras 4 y 5 se muestran los procesos de poscosecha para los cítricos y aguacate, respectivamente. La información de cada proceso se realizó mediante una consolidación de la investigación secundaria realizada.

La desverdización para cítricos es un proceso opcional en la asociación, ya que actualmente estos productos tienen destino a clientes nacionales, por lo que no se va a tener en cuenta en el cálculo de las áreas del centro de distribución y acopio propuesto.

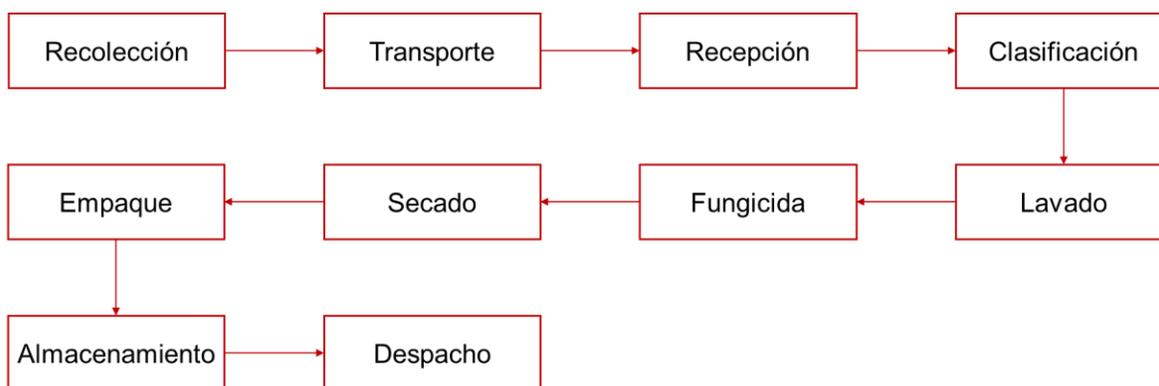
Por otro lado, es importante la refrigeración en el aguacate para alargar su vida útil, ya que, por ser una fruta climatérica, sus procesos metabólicos siguen desarrollándose después de cosechar la fruta.

Figura 4. Proceso poscosecha cítricos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Proceso poscosecha aguacates.



Fuente: Elaboración propia.

Para el almacenamiento hay que tener en cuenta la temperatura y la humedad relativa para lograr un aumento en la vida útil del producto. La tabla 15 muestra el requerimiento de los parámetros mencionados para los frutales de interés.

Tabla 15. Temperatura y humedad relativa para las frutas seleccionadas

| Especie | Temperatura (°C) | Húmedad relativa (%) | Tiempo de almacenamiento (días) |
|-----------|------------------|----------------------|---------------------------------|
| Limón | 10 a 13 | 85-90 | 30-180 |
| Mandarina | 4 a 7 | 90-95 | 14-28 |
| Naranja | 0 a 9 | 85-90 | 56-84 |
| Aguacate | 3 a 13 | 85-90 | 14-56 |

Fuente: Aras V., C.J., Toledo H., J. (2000).

La recolección de los frutos se realiza en horas de la mañana, por lo que el recibo de estos se debe hacer alrededor del mediodía, de acuerdo a lo consultado con la asociación. Entre las dos de la tarde y diez de la noche se realizará el proceso de recepción hasta almacenamiento y en la madrugada del siguiente día se realizará el despacho de los productos hacia los clientes.

6.3. Procesos de comercialización y valor agregado que se le realiza a cada frutal

Además de los procesos de poscosecha, es importante conocer cuáles son los principales clientes y, dado el caso, qué otros procesos se pueden realizar a los frutos que no cumplen con los requerimientos de calidad del cliente, pero pueden ser consumidos de otras maneras. A continuación, se detallan los procesos de comercialización de frutas y procesos de valor agregado.

Comercialización

De acuerdo con López C., A.F. (2003) el sector frutihortícola está compuesto de muchos pequeños productores distribuidos en diferentes áreas de producción y en muchos casos alejados de los centros de consumo. Las relaciones comerciales que se generan son muy

variadas y las transacciones generalmente están basadas en función de un valor monetario por el volumen y calidad entregados.

Un sistema de comercialización por lo general consta de los siguientes involucrados (FAO, 1989):

- **Cultivadores:** para muchos pequeños agricultores, la comercialización puede significar la venta de productos a un comerciante o su envío a un agente de comisión. Venderían directamente a los consumidores o al mercado mayorista solo si la granja está cerca de dichos puntos de venta.
- **Comerciantes:** el papel es actuar como el enlace entre el productor y el distribuidor. La comercialización de frutas y verduras en los países en desarrollo está marcada por un gran número de pequeños comerciantes que se ocupan de la exportación e importación de productos en muchos países.
- **Agentes:** toman los productos de un agricultor o un comerciante y para venderlos al mejor precio posible, generalmente a un mayorista o directamente a un distribuidor.
- **Retailers:** tienen gran influencia en el precio del producto. Lo que los detallistas comprenden, reflejan la demanda del mercado. Los agricultores y comerciantes deben tener contacto con los minoristas para estar al tanto de las preferencias del mercado y así poder organizar las prácticas de producción y manejo de poscosecha para proporcionar productos de la calidad deseada.

Tipos de comercialización

Según (FAO, 1989) y (López C., A.F. 2003), los tipos de comercialización son de las frutas son los siguientes:

- **Mercados terminales:** es el canal de comercialización más frecuente en donde mayoristas, distribuidores, importadores o intermediarios están agrupados y donde el producto proveniente de distintas partes del país y del extranjero es distribuido a los comercios minoristas, restaurantes y otras casas de comida, cadenas de supermercados y otros comercios locales o incluso a otros mercados regionales de menor importancia.
- **Puesto de venta fijo:** en la mayor parte de las ciudades existen reglamentaciones municipales que establecen zonas y lugares en donde pueden ubicarse puestos fijos para la venta de frutas y hortalizas.
- **Venta ambulante o en las calles:** muy frecuente en los países en desarrollo.
- **Mercado de productores:** sistema de venta directa en o próximo a una comunidad en donde muchos productores venden en forma directa a muchos compradores.
- **Centros de acopio/mercados regionales:** tiene las características de mercado, es decir un lugar físico en donde muchos compradores y vendedores se encuentran para realizar transacciones comerciales. Están orientados principalmente hacia la venta mayorista, si bien la venta al menudeo es también posible. Este sistema permite reunir cantidades relativamente pequeñas de productos que muchos agricultores, individualmente considerados, tienen para vender en un momento dado.

- **Venta en finca:** la venta en finca tiene un atractivo especial para muchos compradores y es el sistema que mayor valor permite agregarle. La compra de frutas y hortalizas en finca es parte del «mini turismo».
- **Venta a hoteles y restaurantes:** la compra directa a productores por parte de restaurantes, hoteles, comedores de hospitales, asilos y otras instituciones, normalmente se hace con el objetivo de bajar costos y simplificar el abastecimiento de materia prima para la elaboración de los platos ofrecidos.
- **Venta a domicilio:** en este sistema el comprador se vincula con un proveedor de su confianza y mediante teléfono o correspondencia electrónica hace el pedido con entrega domiciliaria.
- Venta en el hogar.
- **Supermercados:** los supermercados pueden negociar directamente con los productores para obtener productos frescos y eliminando los costos de intermediarios, vendiendo productos a precios que coinciden con los de los mercados de agricultores. Sin embargo, en los países en desarrollo, la producción en los supermercados es generalmente más costosa que en los mercados abiertos, en gran parte debido al empaque, productos de alta calidad y la atracción para el cliente.

En Colombia la comercialización de frutas y verduras particularmente se realiza en gran porcentaje siguiendo un modelo tradicional o centralizado; esto es de acuerdo con el modelo de “Reloj de arena”, en donde los aspectos geográficos como la distancia entre los centros de consumo y producción, los agentes que intervienen, la información, los procesos de formación de precio, se convierten factores determinantes del modelo, de su eficiencia y de su eficacia. En este modelo la intermediación incide en forma significativa en el “proceso de formación de precios, ya que generalmente se hace en cadenas largas en las cuales intervienen numerosos agentes, desde el productor hasta los distribuidores minoristas, que llegan a los consumidores, pasando por los acopiadores locales, regionales y los mayoristas” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013).

Valor agregado

Hay una gran variedad de posibilidades de procesamiento de frutas y hortalizas que se pueden realizar a nivel artesanal y pequeña escala industrial que pueden agregar valor. Las razones para procesar aquellas frutas que no se pueden comercializar son (FAO, 2019):

- Aumentar las ventas creando diversidad de productos.
- Estabilizar los ingresos permitiendo la creación de ingresos durante las temporadas bajas.
- Aumentar la rentabilidad de la apicultura.
- Brindar oportunidades a otros grupos o sectores para generar ingresos.
- Proporcionar una salida para otros talentos creativos.
- Hacer uso del exceso de productos.

Los productos de fruta procesada generalmente incluyen productos de fruta mínimamente procesados, como fruta recién cortada, productos de fruta fermentada, productos de fruta tradicionalmente procesados térmicamente, como mermelada, gelatina, jugo y bebidas,

nuevos productos de fruta no procesados térmicamente como como jugo y bebida, etc. (Vasantha, R., H.P. & Yo, L.J. 2013)

6.3.1. Caso estudio

Los principales sistemas de comercialización de la asociación caso estudio ASOCAMPELEGRE son:

- **Intermediario minorista:** persona que paga el producto al más bajo precio para vender a otro intermediario.
- **Intermediario de plaza:** persona que compra el producto al productor o al intermediario minorista y lo vende en las plazas de mercado como CAVASA, Santa Elena, galería de Tuluá, Medellín, Bogotá y Cartagena.
- **Intermediario de Fruver:** es la persona que compra al productor o a intermediario minorista y vende al consumidor final en el Fruver.
- **Intermediario de supermercado:** compra el producto a intermediarios o productores los cuales deben de cumplir con requerimientos de lavado, selección, encerado y enmallado; siendo los que mejor pagan el producto por su calidad y venden al consumidor final a un alto precio.
- **Mercado campesino:** por sus bajos volúmenes de demanda no es recomendable para sacar toda la producción de la región.

El 22.22% de los productores se encargan del transporte de los productos hasta su cliente; para ello el 54.55% de los agricultores utilizan vehículo propio, el 40.91% utiliza un medio de transporte contratado y el 4.55% utiliza un medio de transporte público.

Por otro lado, y de acuerdo con lo consultado, las pérdidas de las frutas en la asociación no son aprovechables para realizar algún tipo de procesamiento para generar valor agregado. Sin embargo, estos residuos se utilizan para producir compost que posteriormente emplean los agricultores para sus cultivos.

7. CANTIDADES DE CADA FRUTAL Y LAS TEMPORADAS EN LAS QUE PASARÁN POR EL CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN

Además de conocer los procesos de transporte, almacenamiento, procesamiento y distribución de las frutas, es necesario identificar los volúmenes de producción, temporadas y demanda esperada para las frutas de interés y así determinar la capacidad del centro de distribución y acopio en los diferentes momentos.

A continuación, se describe el proceso de recolección de la información de la producción, momentos de cosecha y la demanda esperada.

7.1. Recolección de información sobre los momentos de cosecha y los volúmenes a comercializar

Un centro de acopio y distribución se diseña para manejar unos volúmenes específicos de productos y su operación se programa alrededor de las temporadas de cosecha de estos. El Plan Frutícola Nacional (2006) menciona que en Colombia tiene temporadas en las que la producción de frutas es mayor con respecto a otros meses del año. Esto se debe a que, aunque todo el año se pueda cultivar por su ubicación geográfica, la poca tecnología que se tiene, especialmente en los pequeños productores, hace que se dependa de la temporada de lluvias para el cultivo de las frutas. Por lo anterior, diseñar un centro de distribución y acopio debe tener en cuenta los momentos de mayor producción de frutas para así poder diseñar los equipos y áreas necesarias, así como su operación.

Para poder recoger la información de temporadas y volúmenes de producción es necesario realizar investigación. Para ello, se realiza un acercamiento con los productores de la región, de igual forma como se hizo en la sección 6.1 efectuando una serie de preguntas o encuestas con el fin de obtener la información deseada.

7.1.1. Caso estudio

En el caso de estudio del trabajo, la recolección de la información se realizó mediante una serie de preguntas a los miembros de la asociación. A continuación, se presentan los resultados de la investigación realizada.

Temporada de cosecha

De acuerdo con la información recogida, en el año los frutos a trabajar tienen cuatro fases: fase vegetativa, fase de floración, fase de fructificación y fase de maduración, y es en este último en el que se puede empezar la cosecha de las frutas. El tiempo de cosecha de los frutos mencionados varía entre el mes y los seis meses, esto una vez se cuente con el cultivo en una etapa de maduración.

La cosecha principal (equivalente al 60% de la producción total anual) se da entre los meses de mayo a agosto y noviembre a enero. La cosecha secundaria, también llamada mitaca (equivalente al 40% restante de la producción total), se da entre los meses de febrero a abril y agosto a septiembre.

Volumen de producción

De acuerdo con el manejo del cultivo, los productores de la asociación se clasifican en: producto tecnificado, productor piloto y productor tradicional. El productor tecnificado tiene un

rendimiento entre 35 a 45 toneladas por hectárea-año, el producto pilo de 20 a 30 toneladas por hectárea-año y el productor tradicional un rendimiento entre 12 a 15 toneladas por hectárea-año. Con respecto a la producción anual, la tabla 16 muestra el volumen para cada uno de los frutales de interés.

Tabla 16. Producción anual ASOCAMPOALEGRE.

| Frutos | Total producción (kg/año) | Total producción en desarrollo (kg/año) |
|--------------------|---------------------------|---|
| Limón pajarito | 1,262,900 | 494,600 |
| Limón Tahití | 69,700 | 121,600 |
| Mandarina arrayana | 254,000 | 121,200 |
| Mandarina oneco | 43,000 | 1,500 |
| Naranja valencia | 43,800 | 2,100 |
| Naranja sweety | 110,900 | 17,000 |
| Aguacate común | 38,700 | 7,100 |
| Aguacate papelillo | 20,400 | 24,000 |
| Total | 1,843,400 | 789,100 |

Fuente: ASOCAMPOALEGRE.

La producción en desarrollo son frutos cuyos árboles están en periodo de crecimiento y en tres años se logrará una producción normalizada de estos. Esta producción se tiene en cuenta en el análisis de la capacidad del centro de acopio y distribución.

De acuerdo con los momentos de cosecha, la tabla 17 muestra la producción para los dos momentos que se presentan (se incluye la producción en desarrollo).

7.2. Recolección de información de la demanda actual y proyectada de los frutales de interés

Para determinar niveles de intermediario, políticas de almacenamiento y con ellos capacidad de las bodegas para almacenar las frutas, es importante conocer la demanda esperada y los productos que podrían tener mayor prioridad sobre otros.

De acuerdo con *el Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en Colombia* realizado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2006, el consumo de fruta de los colombianos en las zonas urbanas se concentra en la naranja (27%), banano (15%), piña (6.6%), limón (5.3%), mango (5.2%), tomate de árbol (5.1%) y guayaba (4.9%), concentrándose en estas frutas el 69.1% del consumo total (no se contempla el consumo de los hogares rurales, autoconsumo y perdidas poscosecha).

Tabla 17. Total producción de acuerdo con las temporadas de cosecha.

| Frutos | Tipo | Cosecha principal (60%) | | Mitaca (40%) | |
|--------------------|----------|---------------------------|---|---------------------------|---|
| | | Total producción (kg/año) | Total producción en desarrollo (kg/año) | Total producción (kg/año) | Total producción en desarrollo (kg/año) |
| Limón pajarito | Cítrico | 757,740 | 296,760 | 505,160 | 197,840 |
| Limón Tahití | Cítrico | 41,820 | 72,960 | 27,880 | 48,640 |
| Mandarina arrayana | Cítrico | 152,400 | 72,720 | 101,600 | 48,480 |
| Mandarina oneco | Cítrico | 25,800 | 900 | 17,200 | 600 |
| Naranja valencia | Cítrico | 26,280 | 1,260 | 17,520 | 840 |
| Naranja sweety | Cítrico | 66,540 | 10,200 | 44,360 | 6,800 |
| Aguacate común | Aguacate | 23,220 | 4,260 | 15,480 | 2,840 |
| Aguacate papelillo | Aguacate | 12,240 | 14,400 | 8,160 | 9,600 |
| Total | | 1,106,040 | 473,460 | 737,360 | 315,640 |

Fuente: ASOCAMPOALEGRE.

Además, el mismo trabajo menciona que la tasa de crecimiento de consumo de fruta en los hogares colombianos puede estar cercana a los 3.9% anuales (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006). La tabla 18 muestra la demanda colombiana de frutas (el 93.9% de las frutas más consumidas), con base en el crecimiento esperado mencionado en el Diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en Colombia.

Tabla 18. Consumo de frescos en Colombia (Proyectado).

| Especie | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Toneladas | Toneladas | Toneladas | Toneladas | Toneladas |
| Naranja | 679,621 | 706,126 | 733,665 | 762,278 | 792,007 |
| Banano | 374,621 | 389,232 | 404,412 | 420,184 | 436,571 |
| Piña | 165,156 | 171,597 | 178,289 | 185,242 | 192,467 |
| Limón | 132,539 | 137,708 | 143,078 | 148,658 | 154,456 |
| Mango | 130,039 | 135,110 | 140,379 | 145,854 | 151,542 |
| Tomate de árbol | 126,483 | 131,416 | 136,541 | 141,866 | 147,399 |
| Guayaba | 122,197 | 126,963 | 131,914 | 137,059 | 142,404 |
| Maracuyá | 101,514 | 105,473 | 109,586 | 113,860 | 118,300 |
| Papaya | 97,340 | 101,136 | 105,081 | 109,179 | 113,437 |
| Mandarina | 77,351 | 80,367 | 83,502 | 86,758 | 90,142 |
| Mora | 71,285 | 74,066 | 76,954 | 79,955 | 83,074 |
| Manzanas y peras | 62,025 | 64,444 | 66,957 | 69,568 | 72,281 |
| Coco | 56,959 | 59,181 | 61,489 | 63,887 | 66,378 |
| Curuba | 53,773 | 55,870 | 58,049 | 60,313 | 62,665 |
| Aguacate | 50,670 | 52,646 | 54,699 | 56,832 | 59,049 |
| Sandia | 49,161 | 51,078 | 53,070 | 55,140 | 57,291 |

Fuente: PFN, 2006

En el caso del Valle del Cauca, de acuerdo con el trabajo *Valle del Cauca, tierra de frutas* realizado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2006, en términos de participación por especie, las frutas que más se consumen en el departamento son la naranja, banano, piña, mango, tomate de árbol y limón, con el 69.5% del gasto en fruta fresca por parte de los hogares. Además, el consumo per cápita de los hogares vallecaucanos es de 60.7 kilos/persona-año, el cual está ligeramente por encima de los 59.8 kilos per cápita mundial, reportado por la FAO (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2006), por lo que el Valle del Cauca se convierte en uno de los departamentos con mayor potencial de consumo interno (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2006).

7.2.1. Caso estudio

Según lo expuesto anteriormente, las cuatro frutas que se van a manejar en el centro de distribución tienen una gran importancia nacional, puesto que se encuentran en las que más consumen los colombianos.

Por otro lado, y de acuerdo con lo consultado con la asociación, la fruta producida y que es apta para consumo humano, ya se encuentra comprometida para la venta, es por esto que en este caso a trabajar la demanda es igual a la producción de frutas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el 5% de la fruta producida se considera pérdida de producción (esta fruta se utiliza posteriormente como abono para los agricultores, como se menciona en la sección 6.3.1.).

Adicionalmente, las frutas en Colombia se pueden clasificar en tres calidades, dependiendo su tamaño y calidad (NTC 1248, 1994, NTC 4087, 1997, NTC 1330, 1977 & NTC 4086, 1997):

- **Calidad extra:** frutos libres de defectos, con leve alteración en la superficie siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto.
- **Calidad I:** deben tener el color y la forma típica de la variedad y presentar ligeros defectos.
- **Calidad II:** puede presentar defectos en la forma y color y defectos en la epidermis y quemaduras al sol que no exceda los 6 cm².

En la asociación, las frutas de calidad extra equivalen al 55% de la producción total, la calidad I al 35% y la calidad II el 5% de la producción. La tabla 19 muestra la producción de total de acuerdo con las calidades y las pérdidas anuales de las frutas de interés de ASOCAMPOALEGRE.

Tabla 19. Producción anual total (por calidad) y pérdidas anuales.

| Frutos | Calidad extra (kg/año) | Calidad I (kg /año) | Calidad II (kg /año) | Pérdidas (kg /año) |
|--------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Limón pajarito | 694,595 | 442,015 | 63,145 | 63,145 |
| Limón Tahití | 38,335 | 24,395 | 3,485 | 3,485 |
| Mandarina arrayana | 139,700 | 88,900 | 12,700 | 12,700 |
| Mandarina oneco | 23,650 | 15,050 | 2,150 | 2,150 |
| Naranja valencia | 24,090 | 15,330 | 2,190 | 2,190 |
| Naranja sweety | 60,995 | 38,815 | 5,545 | 5,545 |
| Aguacate común | 21,285 | 13,545 | 1,935 | 1,935 |
| Aguacate papelillo | 11,220 | 7,140 | 1,020 | 1,020 |
| Total | 1,013,870 | 645,190 | 92,170 | 92,170 |

Fuente: ASOCAMPOALEGRE.

8. DISEÑO DEL CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN

Una vez se conocen los procesos que se realizan en un centro de acopio y distribución de frutas y el volumen de producción con sus temporadas, se procede con el diseño del centro de acopio y distribución.

8.1. Áreas y equipos requeridos en el centro de acopio y distribución

Lo primero que se debe considerar en el diseño del centro de acopio y distribución de frutas son las instalaciones y equipos que se van a requerir, así como el tipo y cantidad de servicios, tanto para propósitos inmediatos como para cualquier futura expansión (FAO, 1987).

Las actividades del centro de acopio y distribución deben programarse sobre la base de la información de la producción agrícola, incluido el volumen de las cosechas pico, así como los volúmenes de cosecha diarios, semanales y anuales del producto a ser manejado. También se debe considerar los volúmenes futuros que se manejarán (FAO, 2012).

Áreas

Para el cálculo del área del centro de distribución y acopio se debe tener en cuenta el tipo de producto, su volumen y los requerimientos de espacio del equipo y cada operación. Cada operación debe tener una capacidad estimada, tanto para operaciones manuales como automatizadas (FAO, 1989). Las áreas básicas que se requieren son las siguientes (FAO, 1987 & FAO, 1989):

- **Área de recibo:** este es el lugar donde se almacenan temporalmente los productos recién llegados antes de la preparación al mercado. El área de recepción debe estar nivelada con la plataforma del camión para facilitar la descarga del producto. Los recipientes utilizados están expuestos a varios contaminantes, por lo que esta área debe estar adecuadamente separada de las otras operaciones para evitar contaminación cruzada. Los recipientes plásticos pueden limpiarse y secarse fuera de la instalación y no deben mezclarse con cajas usadas en áreas limpias, los otros recipientes deben ser debidamente descartados.
- **Área de clasificación:** lugar en el que el producto se clasifican dependiendo su grado de calidad y se eliminan los productos descartables. El área dependerá de la cantidad de producto a clasificar.
- **Área de trabajo:** incluye las áreas de lavado, recorte y empaque. Tener en cuenta un área de almacenamiento para materiales de empaque, canastillas, cajas y recipientes para las frutas.
- **Oficinas:** área reservada para oficinas, laboratorios, almacén de herramientas y equipos, y baños.
- **Área de almacenamiento temporal o almacenamiento en frío:** la cantidad y el tamaño de las cámaras frigoríficas dependen de los volúmenes proyectados y los requisitos de temperatura de los diferentes tipos de productos que se manejan.
- **Área para rechazos:** esta área debe mantenerse separada de los productos aptos para comercializar.

- **Espacio necesario para el flujo de operarios:** el personal debe poder moverse fácilmente de un área a otra.
- **Otras áreas:** un centro de acopio y distribución debe contar con áreas como casino y parqueaderos para operarios, visitantes y muelles de espera de los vehículos que van a cargar/descargar.

Equipos

Una vez que se conocen los requisitos de capacidad para cada operación, se puede determinar la capacidad de los equipos y la cantidad de personal para un volumen determinado de productos, es por esto que los equipos que se utilicen serán específicos para cada centro de acopio. Para bodegas de pequeña escala, es probable que manejen distintas variedades de frutas, por lo que el diseño del equipo debe ser simple y flexible (FAO, 1989).

A continuación, se muestran los diferentes equipos que se utilizan en un centro de distribución y acopio de frutas (FAO, 1987, FAO, 1989 & FAO, 2012)

- **Equipos para transporte interno:** para mover los productos dentro del centro de distribución, se puede utilizar diversos equipos de transporte, dependiendo de la cantidad a movilizar y la unidad de carga mínima que se va a manejar. Algunos ejemplos de equipos de y transporte interno son: bandas transportadoras, montacargas, carretillas o transpaletas (figura 6). Para evitar contaminación al producto, se recomienda el uso de montacargas eléctricas.

Figura 6. Ejemplos de equipos para transporte interno.



Fuente: Elaboración propia

- **Equipos para embalaje:** para facilitar el movimiento de los productos y protegerlos durante el proceso, se utilizan equipos que ayudan a manejar, proporcionar protección física contra daños mecánicos y permitir la circulación de aire. Además, dependiendo el destino, los equipos para embalaje deben contener información sobre el contenido (como el volumen, la fuente y el país de origen). Algunos

ejemplos de equipos son: canastillas, cestas, cajas de cartón o bines plásticos (figura 7) los cuales pueden ser agrupados en estibas (especialmente de acero o plásticas). Para esto, es importante definir la unidad de carga en el que se van a mover y despachar los productos. Los equipos pueden ser retornados y se debe asegurar la limpieza de estos.

Figura 7. Ejemplos de equipos para embalaje.



Fuente: Elaboración propia.

- **Equipos para carga/descarga de productos:** estos equipos facilitan el cargue o descargue de las frutas y deben ayudar a mantener el producto en condiciones adecuadas. Algunos ejemplos son: bandas transportadoras, estibas y plataformas niveladoras.
- **Equipos para manejo poscosecha:** cada proceso que se realiza en un centro de distribución y acopio para frutas puede tener equipos especializados. A continuación, se detallan algunos de los equipos que se utilizan para cada una de las operaciones dentro de la instalación, de acuerdo con las áreas previamente descritas en esta sección.

Recibo: debido a que en este proceso se revisa, cuenta y pesa el producto, el área debe contar con mesas y básculas para que los operarios puedan desarrollar las actividades. Las mesas deben ser de acero inoxidable 304 o 316 y con bordes lisos y redondos. Si la operación es de gran escala, se pueden utilizar bandas transportadoras para el descargue de los productos. También es necesario tener equipos para hacer la respectiva disposición de materiales extraños o de frutas en mal estado.

Selección y clasificación: dependiendo de la cantidad de producto, se pueden utilizar mesas clasificadoras automatizadas o adecuar mesas de trabajo que permitan a los operarios expertos clasificar las frutas (figura 8). Si la clasificación es manual, también se pueden utilizar medidores (figura 9). En cuanto a la madurez se puede utilizar un

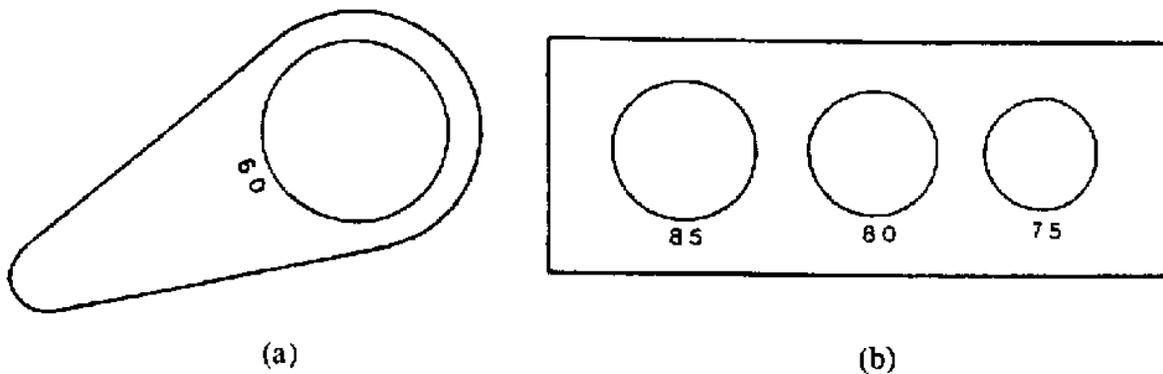
refractómetro de mano. Este instrumento mide el índice de refracción del agua con presencia de azúcares.

Figura 8. Ejemplos de mesas para clasificación de los productos.



Fuente: FAO, 2012.

Figura 9. Medidores



Fuente: FAO, 1989.

Lavado: se pueden utilizar máquinas lavadoras de frutas o tanques pequeños en acero inoxidable con formas cilíndricas, dependiendo del método de lavado a utilizar (ver sección 6.2.). Si se utilizan tanques pequeños, se debe tener en cuenta que el lavado consta de tres etapas, por lo que el agua utilizada en etapas posteriores puede ser reutilizada en las anteriores. Adicionalmente es común el uso de antimicrobianos o desinfectantes que se agregan al agua potable para garantizar que sea de la más alta calidad microbiológica. Los más utilizados son: cloro, peróxido de hidrógeno, ácido peroxiacético, ozono o agua electrolizada.

Encerado y tratamiento fungicida: al igual que en los procesos anteriores, la operación puede ser automatizada o manual, dependiendo de la cantidad de producto. Si el proceso

es manual, los métodos para aplicar cera y fungicidas incluyen espuma, rociado, inmersión y goteo. Se recomienda el uso de guantes y tapabocas para la operación manual.

Secado: se pueden usar ventiladores de sala ordinarios y ventiladores de radiador de automóvil para pequeños volúmenes de productos. Se utilizan ventiladores más grandes para un mayor efecto de ventilación. Los transportadores de rodillos equipados con sopladores de alta capacidad se utilizan para secar de forma continua.

Empaque: en esta área es importante contar con los equipos de embalaje a utilizar para el almacenaje y envío de los productos al cliente. Adicionalmente, es importante etiquetadoras que permitan la identificación del producto.

Preenfriamiento y almacenamiento: dependiendo de la unidad de carga y el método de almacenamiento, se puede utilizar estanterías, adecuar espacio para almacenamiento en piso o utilizar refrigeradores que permita mantener la calidad del producto. La estantería puede ser de acero o de madera. También se debe contar con termostatos y termómetros calibrados para el control de la temperatura de la bodega de almacenamiento. Se puede utilizar máquinas de enfriamiento por aire forzado, cuartos fríos, máquinas para hidrogenado, enfriamiento al vacío o adecuar espacios para enfriar mediante contacto directo con hielo.

Despacho: se debe contar con los equipos de manejo de materiales necesarios para el despacho adecuado del producto, como montacargas o carretillas (dependiendo la unidad de carga) y plataformas niveladoras así como mesas para inspección del producto antes de la salida de este.

- **Otros equipos:** si es necesario, se pueden utilizar máquinas para maduración o desverdecimiento del producto. Se debe tener en cuenta lavaderos para los equipos de manejo de materiales; sanitarios, duchas y lavamanos de los baños; equipos de oficina; entre otros.

8.1.1. Caso estudio

De acuerdo con los procesos poscosecha identificados en la sección 6.2.1. para las frutas de interés y la información de los momentos de cosecha, producción total y demanda (secciones 7.1.1. y 7.2.2.), se procede a identificar las áreas y equipos que se requieren para la operación diaria. Para los cálculos se tiene en cuenta la producción total en la temporada de *cosecha principal* ya que es la operación más grande que se tiene en el año.

Con base en lo anterior, la tabla 20 muestra la producción diaria en la temporada de cosecha principal. Para el cálculo se tendrá en cuenta un 10% adicional.

Además, se debe tener en cuenta que, de la producción, el 5% es pérdida, por lo tanto, el cálculo de operaciones y sus capacidades se debe realizar con respecto a la producción que se recibe menos el 5%. La tabla 21 muestra la cantidad que pasará por la instalación.

Con base en lo anterior, se procede a identificar las áreas y equipos que se requieren. Se propone una jornada de trabajo de ocho horas, seis días a la semana.

Tabla 20. Producción total ASOCAMPOALEGRE

| Fruto | Recibo diario pico (kg) | Adicional (kg) |
|--------------------|-------------------------|----------------|
| Naranja | 334.23 | 33.42 |
| Limón pajarito | 3,379.81 | 337.98 |
| Limón Tahití | 367.88 | 36.79 |
| Mandarina arrayana | 721.54 | 72.15 |
| Mandarina oneco | 85.58 | 8.56 |
| Aguacate | 173.46 | 17.35 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Cantidad para el cálculo de las operaciones y sus capacidades

| Fruto | Despacho diario pico (kg) | Adicional (kg) |
|--------------------|---------------------------|----------------|
| Naranja | 317.52 | 31.75 |
| Limón pajarito | 3,210.82 | 321.08 |
| Limón Tahití | 349.49 | 34.95 |
| Mandarina arrayana | 685.46 | 68.55 |
| Mandarina oneco | 81.30 | 8.13 |
| Aguacate | 164.79 | 16.48 |

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan las áreas y equipos propuestos para el centro de acopio y distribución del caso estudio.

Área de recepción: en esta área se propone realizar el descargue de los vehículos de los productos cosechados por los pequeños agricultores, el pesaje del producto, la inspección y el registro de entrada. Las zonas que se proponen para la recepción se muestran en la tabla 22. La unidad de carga propuesta son canastillas plásticas de 0.6m x 0.4m x 0.25m (largo, ancho, alto) y para el producto y material extraño resultante de la inspección se propone costales con capacidad de 11 kg (figura 9).

Los cálculos se presentan en las hojas “Recibo y despacho” y “Recepción” del Excel adjunto.

Tabla 22. Zonas propuestas para el área de recepción

| Operaciones/zonas | Cantidad | Operaciones/zonas | Cantidad |
|--|----------|----------------------------------|----------|
| Muelles | 1 | Zona operarios inspección | 1 |
| Plataforma niveladora (figura 10) | 1 | Zona operarios báscula | 1 |
| Zona de descargue | 1 | Registro entrada | 1 |
| Báscula (figura 11) | 1 | | |
| Mesa de inspección (figura 12) | 1 | | |
| Zona canastillas y costales | 1 | | |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Canastillas y costales



Canastillas plásticas: dimensiones en centímetros (largo, ancho, alto): 60, 40, 25, capacidad de 25 kg. **Cantidad:** 225 canastillas para recibo.

Costales: capacidad de 11 kg. **Cantidad:** 21 costales.

Figura 12. Báscula



Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453616649-bascula-balanza-digital-plataforma-indust-300-kg-recargable-_JM#position=2&type=item&tracking_id=ea271499-0425-49bd-9452-a6d47e6fedd5

Dimensiones en metros (largo, ancho, alto): 3.00, 1.88, 1.70.

Capacidad de carga: 2,500 kg.

Figura 11. Plataforma niveladora



Fuente: <http://www.marksell.com.br/espanhol/dmc/dmc.html>

Dimensiones en metros (largo, ancho, alto): 3.00, 1.88, 1.70.

Capacidad de carga: 2,500 kg.

Figura 13. Mesa para inspección



Fuente: <https://www.martinmaq.com/es/seleccion/mesas-de-seleccion-de-banda-serie-msb/p-156>

Dimensiones en metros (largo, ancho, alto): 2.00, 1.00, 1.00.

Capacidad: 20 segundos por canastilla.

Área de clasificación: en el área de clasificación se propone realizar la respectiva clasificación de acuerdo con las tres calidades que exige las Normas Técnicas Colombianas para cada una de las frutas de interés y se hará el recorte de posibles tallos que tenga el fruto. La cantidad de canastillas a utilizar serán 222 unidades, y se propone que sean de tres colores diferentes, dependiendo la calidad de las frutas: para la calidad extra, canastillas de color verde (aproximadamente 126 unidades); calidad I canastillas color azul (82 unidades) y para la calidad II canastillas de color amarillo (14 unidades).

En la tabla 23 se muestra las zonas propuestas para el proceso de clasificación. Los cálculos se presentan en la hoja “Clasificación” del Excel adjunto y para la cantidad de canastillas en la hoja “Recepción y despacho” del Excel adjunto.

Tabla 23. Zonas área clasificación

| Zonas | Cantidad |
|-----------------------------------|----------|
| Mesa de clasificación (figura 13) | 1 |
| Mesa de recorte (figura 14) | 1 |
| Zona canastillas | 1 |
| Zona operarios clasificación | 1 |
| Zona operarios recorte | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Clasificadora de frutas **Figura 15.** Mesa para recorte



Fuente: <https://www.logismarket.com.co/maquinaria-jersa/clasificadoras-frutas-verduras/6639521037-p.html#supplier-info>

Dimensiones en metros (largo, ancho): 2.5, 1.8.

Capacidad de carga: 1 tonelada por hora.



Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-453402736-mesa-de-trabajo-aceroinoxidable-304-carniceriasrestaurantes-JM?matt_tool=37161380&matt_word&gclid=EA1aIQobChMInyeh9Kh5glVGoeGCh1X6QU5EAQYASABEGl8bfD_BwE&quantity=1

Dimensiones en centímetros (largo, ancho, alto): 100, 60, 90.

Área de lavado: en esta área sólo se realizará el lavado de las frutas. Para ellos, se propone el uso de una máquina lavadora, con capacidad de una tonelada por hora. Las dimensiones (largo, ancho y alto) en metros son: 2.233, 1.028, 1.738 (figura 15). Las zonas que se proponen para el área de lavado se muestran en la tabla 24. Los cálculos realizados se presentan en la hoja “Lavado” del Excel adjunto.

Tabla 24. Zonas del área de lavado

| Zonas | Cantidad |
|------------------------------|----------|
| Máquina para lavado | 1 |
| Zona operarios lavado | 1 |
| Zona canastillas | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Lavadora de frutas



Fuente: <https://citalisa.com/lavadora-de-frutas-por-inmersion-citalisa-lia1>

Área encerado y aplicación tratamiento fungicidas: el proceso de encerado sólo se realizará a los cítricos y el tratamiento con fungicidas tanto a cítricos como a aguacates. Estas dos operaciones se realizarán mediante inmersión de la fruta por lo tanto se, requiere una mesa para la aplicación de fungicidas y una mesa para el encerado de las frutas (mandarina, naranja y limón). La tabla 25 presenta las zonas que se proponen para el área de encerado y tratamiento fungicidas y la figura 16 muestra la mesa que se propone para realizar las operaciones mencionadas. Los cálculos se presentan en la hoja “Encerado+Fungicida” del Excel adjunto.

Tabla 25. Zonas área encerado y tratamiento fungicida

| Zonas | Cantidad |
|------------------------------------|----------|
| Mesa de aplicación | 1 |
| Mesa de encerado | 1 |
| Zona canastillas aplicación | 1 |
| Zona canastillas encerado | 1 |
| Zona operarios aplicación | 1 |
| Zona operarios encerado | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Mesa para encerado y aplicación de fungicidas



Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-497211879-piso-monte-lavadero-fregadero-tazon-de-acero-inoxidable-_JM?quantity=1#position=3&type=item&tracking_id=7f13a79f-9802-4f38-8126-34e944d4fea3

Área de secado: se propone utilizar una máquina secadora con capacidad de secado de una tonelada por hora (figura 17). Las dimensiones (largo, ancho y largo) en metros son: 0.8, 0.6, 1.0. La tabla 26 presenta las zonas propuestas para el área de secado. Los cálculos se presentan en la hoja “Secado” del Excel adjunto.

Tabla 26. Zonas área secado

| Zonas | Cantidad |
|-----------------------|----------|
| Secadora de banda | 1 |
| Zona canastillas | 1 |
| Zona operarios secado | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Máquina secadora de frutas



Fuente: https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-hot-air-tunnel-drying-oven-conveyor-belt-dryer-60826060195.html?spm=a2700.md_es_ES.maylikeexp.4.46f74938Tdw6kO

Área de empaque: ya que la unidad de carga que se propone es la canastilla plástica, no va a ser necesario un embalaje adicional. Sin embargo, en esta área se hará el etiquetado de las canastillas y se pesará cada una de ellas. Las zonas propuestas se presentan en la tabla 27. Los cálculos se presentan en la hoja “Empaque” del Excel adjunto.

Tabla 27. Zonas área de empaque

| Zonas | Cantidad |
|--|----------|
| Mesa computador y etiquetadora (figura 17) | 1 |
| Báscula | 1 |
| Zona operario etiquetado | 1 |
| Zona operario pesaje | 1 |
| Zona canastillas | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19. Etiquetadora



Fuente: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-512978776-impresora-termica-pos-80mm-de-alta-velocidad-con-cortadora-_JM?quantity=1#position=9&type=item&tracking_id=f7be6183-9ce1-426b-998a-95d2d356e37f

Almacenamiento: se propone almacenamiento a piso y refrigerado mediante condensadores de aire industriales. Se tendrán dos bodegas: una para los aguacates y una para los cítricos (naranja, mandarina y limón), que tendrá un extractor de olor. Además, se propone una oficina equipada con computador para el control de las bodegas. La tabla 28 presenta las zonas propuestas. Los cálculos se presentan en las hojas “Almacenamiento”, “Diseño bodega alm” y “Distancia y tiempo bodegas” del Excel adjunto.

La bodega de aguacates tendrá una temperatura que oscilará entre los 5°C y 10°C con una humedad relativa entre 85% y 90%. En la bodega de cítricos, la temperatura estará entre los 7°C y 13°C y humedad relativa entre 85% y 90%.

Tabla 28. Zonas área de almacenamiento

| Zonas/equipos | Cantidad |
|-------------------------------|----------|
| Zona almacenamiento aguacate | 1 |
| Zona almacenamiento cítricos | 9 |
| Zona operarios almacenamiento | 1 |
| Pasillos aguacate | 1 |
| Pasillos cítricos | 1 |
| Separador | 1 |
| Condensador | 2 |
| Extractor de olor | 1 |
| Termómetro | 2 |
| Higrómetro | 2 |
| Medidor de etileno | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Área de despacho: en esta área se realizará la inspección, registro de salida y cargue de los vehículos. Los tipos de vehículos de carga son camionetas de una tonelada, vehículos tipo turbo (4.5 toneladas) y sencillos (8 toneladas), por lo que el piso del centro de distribución tendrá una altura igual a la altura del vehículo sencillo (2.4 metros). Por lo tanto, se hará uso de un nivelador de muelle (figura 19). Las zonas que se proponen para la recepción se muestran en la tabla 29.

Los cálculos se presentan en las hojas “Recibo y despacho” y “Despacho” del Excel adjunto.

Tabla 29. Zonas área despacho

| Zonas | Cantidad |
|---------------------------|----------|
| Muelles | 2 |
| Zona de cargue | 2 |
| Mesa de inspección | 1 |
| Zona operarios inspección | 1 |
| Registro salida | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Área almacenamiento equipos de manejo de materiales: se una zona en el que se almacenen las canastillas (para recibo y despacho) y costales, además de un lavadero para el lavado de las canastillas. Las zonas propuestas se presentan en la tabla 30. Los cálculos se presentan en la hoja “Alm MM” del Excel adjunto.

Área de residuos: se propone un área para depositar los residuos sólidos (orgánicos y reciclables) de la operación del centro de acopio y distribución (ver hoja “Bodega residuos” del Excel adjunto).

Otras áreas: la tabla 31 muestra las otras áreas que se proponen para el centro acopio y distribución.

Figura 20. Nivelador de muelle

Dimensiones (largo, ancho, alto) en metros: 2.5, 2.0, 1.0.



Fuente:
<http://www.marksell.com.br/espanhol/niveladora-para-muelles-de-carga/niveladora-para-muelles-de-carga-embutida-mkspndee.html>

Tabla 30. Zonas almacenamiento equipos de manejo de materiales

| Zonas | Cantidad |
|----------------------|----------|
| Zona canastillas 1 | 1 |
| Zona canastillas 2 | 1 |
| Zona costales | 1 |
| Mesa control | 1 |
| Pasillos | 1 |
| Lavadero canastillas | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Otras áreas del centro de acopio y distribución

| Zonas | Cantidad |
|------------------------|----------|
| Baños | 2 |
| Bebederos | 1 |
| Casino/restaurante | 1 |
| Sala de reuniones | 1 |
| Cuarto almacén insumos | 1 |
| Enfermería | 1 |
| Parqueaderos operarios | 1 |

Fuente: Elaboración propia.

Equipos para transporte interno: para el movimiento de las canastillas se propone el uso de carretillas con capacidad de carga de 300 kg y dimensiones (largo, ancho y alto) en metros de: 0.725, 0.475, 0.820 (figura 20). Se utilizarán en total 8 carretillas.

Figura 21. Carretilla



Fuente: <https://www.amazon.es/WilTec-Plataforma-Transporte-Plegable-Carretilla/dp/B07NLB7W69>

8.2. Distribución y operación de áreas y equipos en el centro de acopio y distribución

Una vez se conocen las áreas y los equipos, se procede a realizar el diseño de la distribución de las áreas y los equipos, con su respectivo flujo. Para ello se debe hacer lo siguiente:

1. Calcular las áreas de los procesos y los equipos.

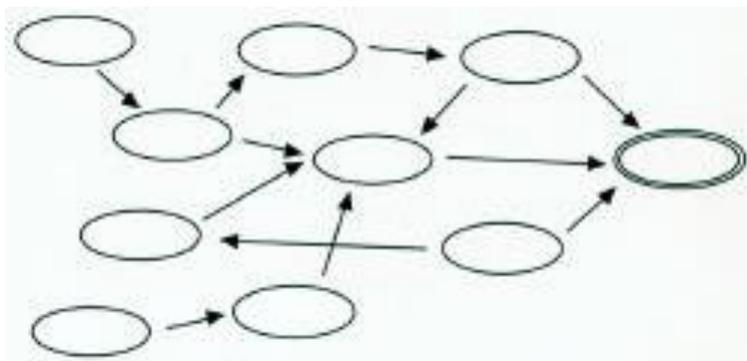
Es importante conocer las áreas de cada proceso para poder hacer la distribución sobre el lote en el que se construirá el centro de acopio y distribución. Para ello se debe conocer las dimensiones de los equipos y de las zonas de los trabajadores para operar o moverse de un lado a otro del centro. También es importante considerar el área que ocupan las columnas de la instalación, los espacios para el movimiento de los equipos de transporte y los vehículos.

2. Identificar las relaciones entre procesos.

Paralelamente al cálculo de las áreas se debe identificar las relaciones entre estas. Existen varios tipos de relaciones, sin embargo, el que se tienen en cuenta para este tipo de proyectos es el de las relaciones de flujo, ya que es importante para el planificador pues permite observar el flujo como el movimiento de artículos, materiales, energía información o personas. (Tompkins et al., 2006).

Para las relaciones entre procesos es importante tener en cuenta la secuencia de las operaciones o procesos que por sus características (posible contaminación cruzada, por ejemplo) no pueden estar una junto a la otra. El resultado de la identificación de las relaciones se puede realizar mediante un diagrama de relaciones (figura 21).

Figura 22. Diagrama de relaciones



Fuente: Elaboración propia

3. Diseño del centro de acopio y distribución.

Una vez se cuenta con el cálculo de las áreas y las relaciones entre estas, se procede a realizar la ubicación espacial y la respectiva disposición en el lote del centro de distribución y acopio. Para estos proyectos generalmente se trabajan disposiciones para departamentos de línea de producción (Tompkins et al., 2006) en el que los materiales (frutas) fluyen de una estación de trabajo a otra.

Para el diseño se pueden utilizar software especializado u hojas a escala y disponer cada área como un bloque (tamaño relativo del departamento o estación de trabajo) o presentarlo la disposición detallada (muestra la ubicación de todos los equipos).

Adicionalmente se debe tener en cuenta el área de los pasillos. La tabla 32 presenta ancho de pasillo recomendado para diferentes tipos de flujo.

Tabla 32. Anchuras de pasillos recomendadas para diferentes tipos de flujo.

| Tipo de flujo | Anchura del pasillo (m) |
|--|-------------------------|
| Tractores | 3,7 |
| Montacargas de horquilla de 3 toneladas | 3,4 |
| Montacargas de horquilla de 2 toneladas | 3,0 |
| Montacargas de horquilla de 1 toneladas | 2,7 |
| Camión para pasillo angosto | 1,8 |
| Camión para plataforma manual | 1,5 |
| Personal | 0,9 |
| Personal con puertas que se abren hacia un solo lado del pasillo | 1,8 |
| Personal con puertas que se abren hacia ambos lados del pasillo | 2,4 |

Fuente: Tompkins et al., 2006.

4. Flujos de operación.

Una vez se cuenta con el diseño del centro de acopio y distribución se realiza el flujo de las operaciones con el fin de identificar el flujo general de la instalación. El flujo puede ser en línea recta, en forma de U, en forma de S o en forma de W o una combinación de estos, y

para ello es importante considerar la ubicación de la entrada y la salida. (Tompkins et al., 2006).

5. Requerimiento de personal.

En el requerimiento del personal es importante establecer los tiempos de cada proceso/departamento y las horas que se trabajan por turnos, así como restricciones que tenga el proceso. Determinar el número de personas que estarán operando en la planta se puede realizar de dos maneras:

1. Se toma el tiempo de cada proceso/departamento y se divide entre el tiempo que un operario trabaja en un turno.
2. Se realiza la suma de todos los tiempos de cada proceso/departamento y se divide entre el tiempo que un operario trabaja en un turno.

El menor número de las dos operaciones matemáticas anteriores determina el número de operarios que se requieren en la instalación, siempre y cuando las operaciones se puedan realizar simultáneamente en el turno de trabajo.

8.2.1. Caso estudio

1. Calcular las áreas de los procesos y los equipos.

De acuerdo con los procesos, zonas y equipos identificados en la sección 8.1.1., se procede a calcular las áreas de estos. La tabla 33 muestra el área en metros cuadrados para cada una de las zonas que tendrá el centro de distribución. Los cálculos se encuentran en la hoja "Áreas operaciones" del Excel adjunto.

Tabla 33. Áreas de las zonas y procesos que estarán en el centro de acopio y distribución

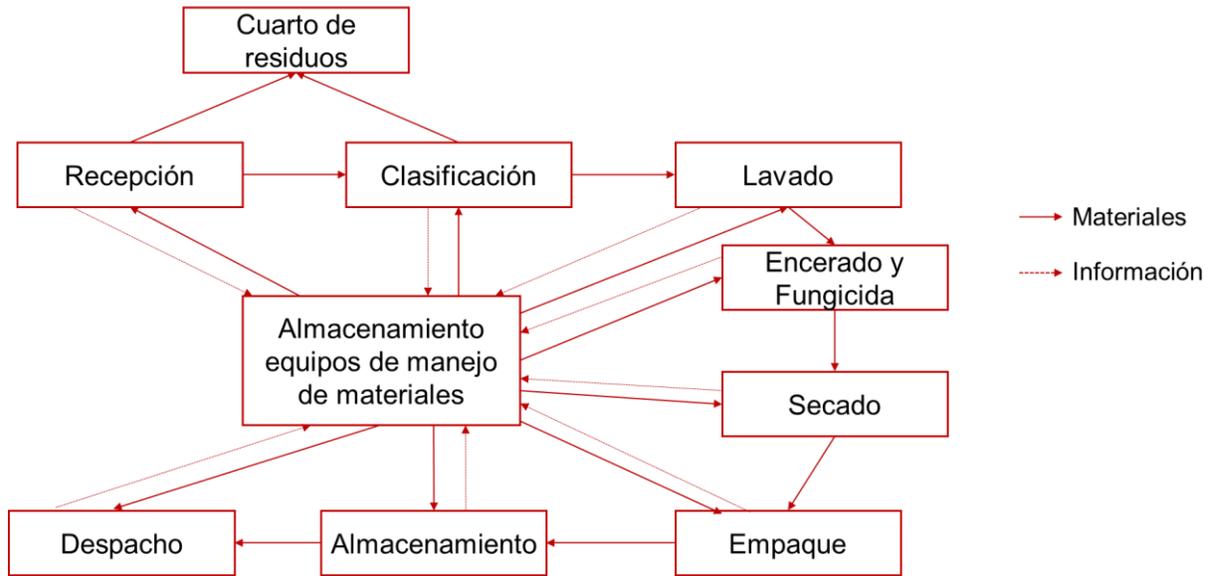
| Zonas | Área (m2) |
|---|---------------|
| Recepción | 30.81 |
| Clasificación | 13.53 |
| Lavado | 7.29 |
| Encerado y fungicida | 5.98 |
| Secado | 4.18 |
| Empaque | 5.29 |
| Almacenamiento | 37.53 |
| Despacho | 92.08 |
| Almacenamiento equipo de manejo de materiales | 34.64 |
| Otras áreas | 69.39 |
| Bodega de residuos | 17.27 |
| Pasillos | 119.06 |
| Carretera | 119.99 |
| Total | 557.03 |

Fuente: Elaboración propia.

2. Identificar las relaciones entre procesos.

Las relaciones que se tienen en instalaciones que manejan frutas tienen la característica de que el nivel de contaminación va disminuyendo en la medida que el producto avanza en el proceso. La figura 23 muestra la relación que existe para cada una de las áreas del centro de acopio y distribución.

Figura 23. Relaciones entre procesos y áreas del centro de acopio y distribución



Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que los procesos de recepción, clasificación y el área de residuos tienen una relación directa, este último debe estar alejado de los dos primeros por los altos niveles de contaminación.

En cuanto a la relación del área de almacenamiento de equipos de manejo de materiales con los demás departamentos se tiene que: el área de almacenamiento suministra canastillas y las carretillas, siempre y cuando el departamento lo requiere.

3. Diseño del centro de acopio y distribución.

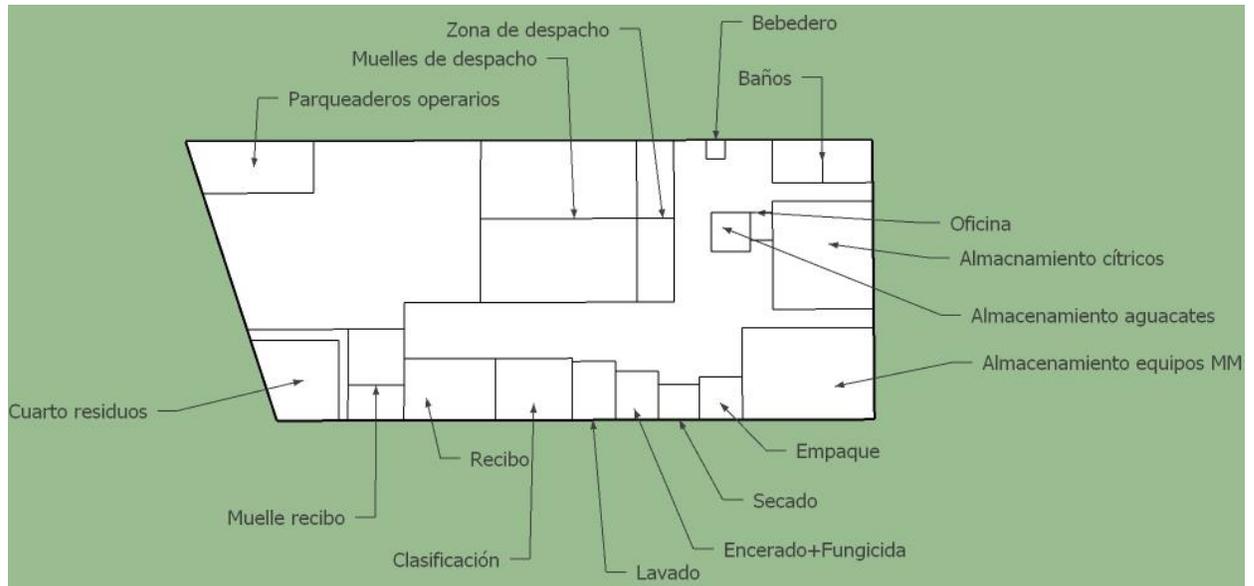
Una vez se cuenta con las áreas y las relaciones entre las operaciones del centro de acopio y distribución, se procede a realizar la ubicación espacial y proponer diferentes diseños, de acuerdo con el lote destinado para la instalación (figura 3, sección 5.3.3.).

Para este caso se realizaron 8 versiones distintas de diseños del centro de acopio y, de acuerdo con reunión previa con la asociación, se escogió el mejor diseño posible de acuerdo los movimientos, espacio disponible y criterios expuestos por ellos. El diseño presenta dos plantas: en la primera planta se encuentra toda la operación principal del centro de acopio y distribución; la segunda planta el comedor, sala de reuniones, enfermería y cuarto de insumos, todos ubicados en un mezanine. La figura 24 muestra las disposiciones anteriormente mencionadas.

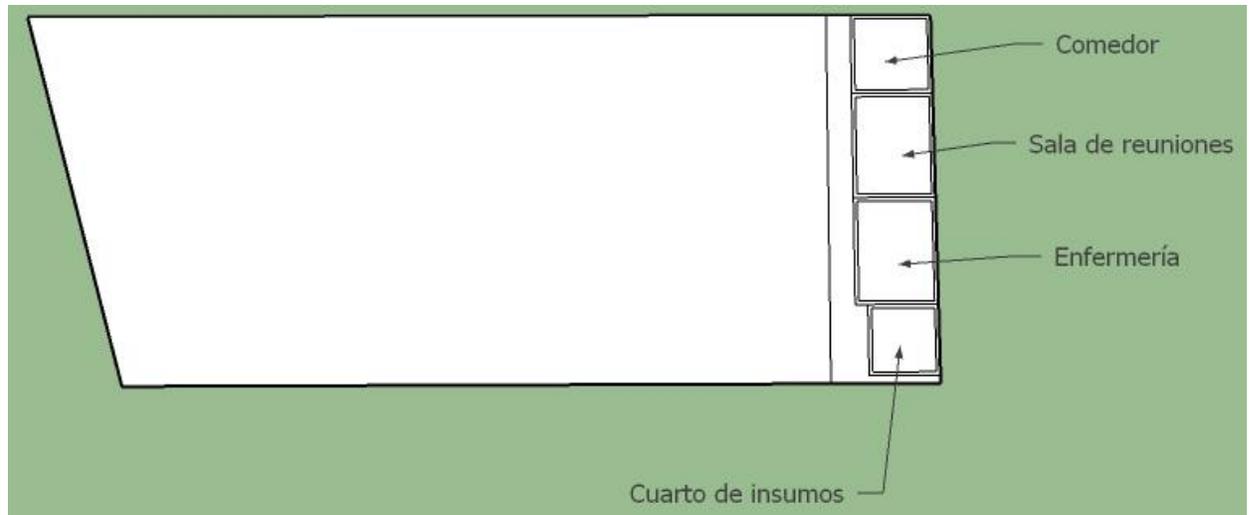
El diseño del centro de distribución se realizó en el programa de diseño y arquitectura SketchUp.

Figura 24. Diseño del centro de acopio y distribución

a) Primera planta



b) Segunda planta

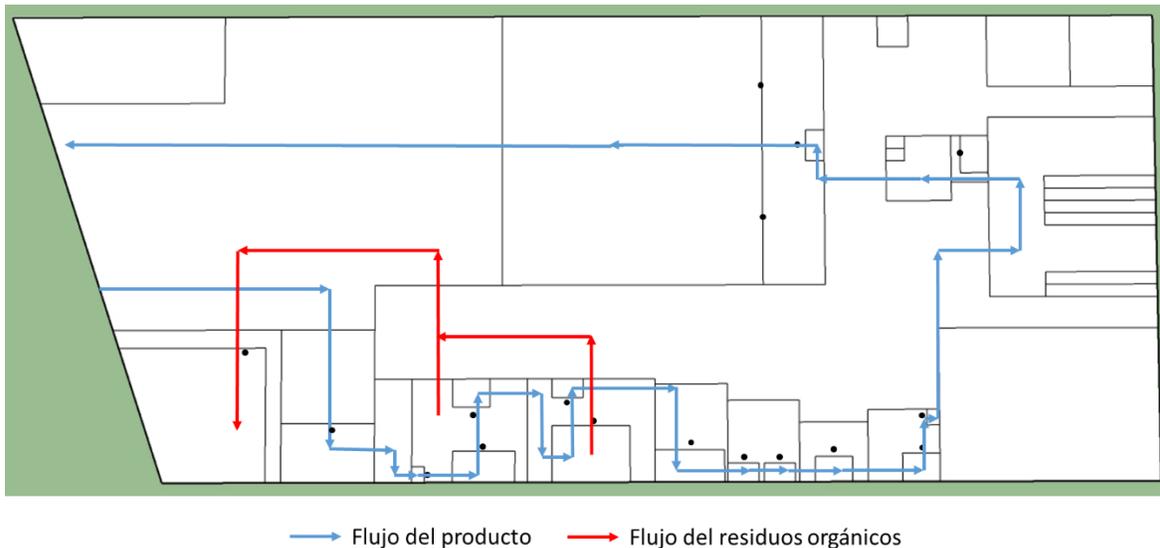


Fuente: Elaboración propia.

4. Flujos de operación.

Una vez se tiene el diseño de la instalación, se procede a dibujar el flujo de la operación. La figura 25 muestra el flujo del centro de acopio y distribución propuesto.

Figura 25. Flujos del centro de acopio y distribución



Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar que el flujo es secuencial, en forma de U y no presenta cruces en cuanto al flujo del producto.

5. Requerimiento de personal.

En cuanto al requerimiento de personal, la tabla 34 muestra los tiempos para cada uno de los procesos/departamentos. Los cálculos detallados de los tiempos se presentan en las hojas "Recepción" a "Despacho" del Excel adjunto.

Tabla 34. Tiempos para las operaciones del centro de acopio y distribución propuesto

| Zonas | Tiempos (h) |
|----------------------|-------------|
| Recepción | 6.70 |
| Clasificación | 6.52 |
| Lavado | 5.29 |
| Encerado y fungicida | 4.65 |
| Secado | 5.11 |
| Empaque | 3.08 |
| Almacenamiento | 1.59 |
| Despacho | 9.17 |

Fuente: Elaboración propia.

Dado que los procesos de recepción a almacenamiento y el proceso de despacho se realizan en diferentes turnos, el requerimiento de operarios se hace por separado. Las tablas 35 y 36 muestran los requerimientos de personal para los dos casos mencionados.

Tabla 35. Requerimiento de personal operaciones recepción a almacenamiento

| Tiempo operaciones (sin despacho) (h) | Turno (h) | Operarios | % ocupación |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| 39.54 | 8 | 5 | 98.85% |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36. Requerimiento de personal en la operación de despacho

| Tiempo despacho (h) | Turno (h) | Operarios | % ocupación |
|----------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| 9.17 | 8 | 2 | 57.29% |

Fuente: Elaboración propia.

9. DISEÑO DETALLADO DEL CENTRO DE ACOPIO Y DISTRIBUCIÓN PROPUESTO

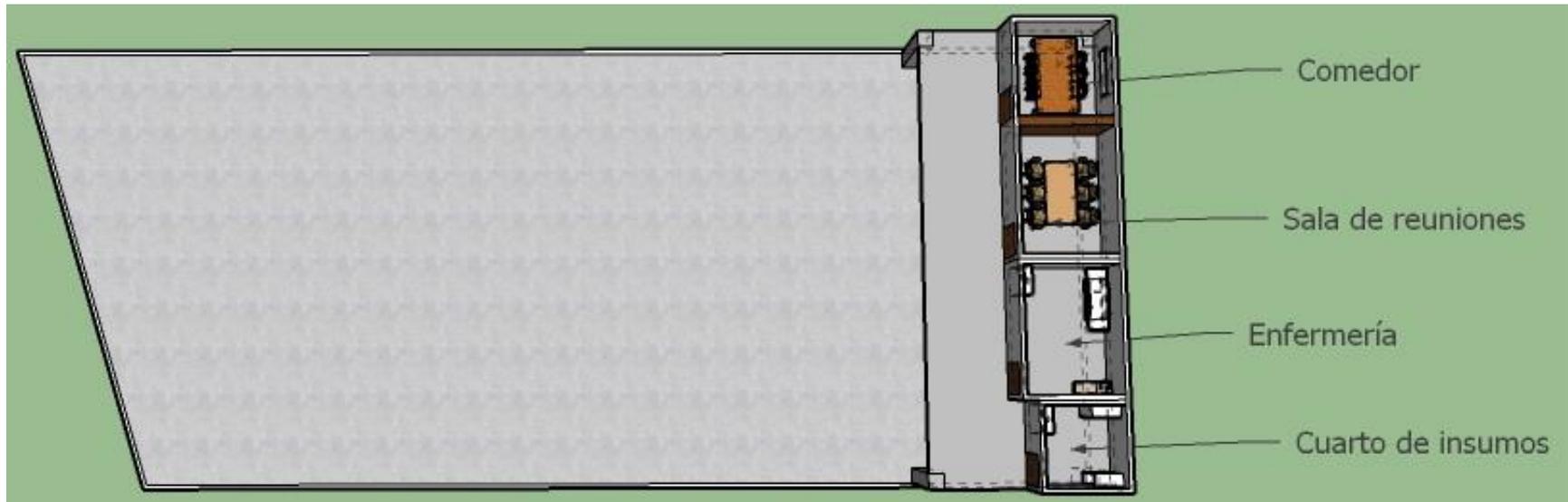
A continuación se muestra el diseño detallado propuesto para el centro de acopio y distribución. El diseño se realizó con la ayuda del software SketchUp.

Figura 26. Diseño detallado del centro de acopio y distribución

a) Primera planta



b) Segunda planta



Fuente: Elaboración propia.

10. IMPLICACIONES DEL TRABAJO

Este trabajo se encuentra en el marco del proyecto de Jóvenes Investigadores de COLCIENCIAS (convocatoria 812-2018) que lleva el mismo nombre y cuyo eje estratégico es *Plataformas rurales integrales para la articulación de cadenas de valor y el acceso a mercados*.

Los impactos esperados del proyecto se presentan a continuación:

Tabla 37. Impactos esperados del proyecto

| Impacto esperado | Plazo | Indicador verificable | Supuestos |
|---|------------------|--|--|
| Construcción del centro de acopio y distribución | Corto (3 años) | Evidencia física de la construcción del centro de acopio. | Asociación de cultivadores operando efectivamente. Recursos conseguidos (del gobierno local, regional o de regalías nacionales). |
| Mejoramiento del ingreso para los cultivadores. | Mediano (5 años) | Precio obtenido por el producto entregado. | El centro de acopio está operando de acuerdo con lo planeado. |
| Integración de los cultivadores y de la cadena logística. | Largo (10 años) | Número de eslabones de la cadena logística de frutales (reducción) | La asociación de cultivadores y el centro de acopio continúan operando satisfactoriamente, |

Fuente: Elaboración propia.

Impactos ambientales:

El impacto potencial de este proyecto es derivado de la operación del centro de acopio y distribución propuesto, principalmente en tres aspectos:

1. El aumento de las operaciones de transporte de entrada y salida hacia y desde el lugar donde se ubique la instalación propuesta.
2. La generación de residuos sólidos orgánicos, como cáscaras, frutas deterioradas y otros que son inevitables en los procesos poscosecha.
3. La generación de aguas servidas después de los procesos de limpieza de los productos, instalaciones y equipos.

Estos impactos se considerarán en todos los diseños que se propongan, procurando que la instalación propuesta cumpla con toda la reglamentación vigente y que aproveche los residuos orgánicos en procesos de compostaje y otros de interés para la comunidad de cultivadores.

11. INVESTIGACIONES FUTURAS

Teniendo en cuenta el alcance de este trabajo de grado se pueden evaluar como futuras investigaciones:

- Evaluar económicamente un centro de acopio de distribución para asociaciones de pequeños agricultores.
- Beneficios económicos que obtienen los pequeños agricultores al poder realizar la distribución de los productos.
- Diseño arquitectónico y civil de un centro de acopio y distribución para frutas.
- Proyectos de ecoturismo.
- Proyectos de centros de distribución en otras zonas del país, considerando uno o varios tipos de frutas.

12. CONCLUSIONES

- En el desarrollo del trabajo se logró identificar las características de las frutas con base en el comportamiento climatérico de estos, logrando conocer sus procesos metabólicos y las necesidades de almacenamiento que se requieren para poder aumentar la vida útil de estos productos. Entre las necesidades de almacenamiento están la temperatura y humedad relativa, parámetros que juegan un papel importante en cuanto al deterioro de la fruta y su calidad.
- En la investigación realizada se logró evidenciar la actualidad en Colombia en cuanto al cultivo de frutas y su potencial dadas las condiciones climáticas y geográficas. La falta de infraestructura, especialmente en las zonas rurales del país, evidencia una oportunidad de mejora para la competitividad de los pequeños agricultores y para Colombia.
- Se caracterizó los principales procesos de poscosecha y comercialización de las frutas en general, así como de los frutales de interés dado el caso estudio, logrando conocer los requerimientos de procesamiento, almacenamiento y distribución de las frutas.
- Durante el proceso de diseño se logró evidenciar que un proceso secuencial, como el proceso poscosecha de las frutas, facilita la ubicación espacial de las áreas, especialmente en este caso en el que se diseña la instalación “desde cero”.
- El aporte que se puede hacer desde la academia a la sociedad es interesante y de gran valor. Es importante seguir promoviendo proyectos que un trabajo conjunto entre la academia y la sociedad, ya que la relación que se logra una relación “gana-gana” en el que ambas partes se benefician.
- Durante el desarrollo del proyecto se logró la aplicación de conceptos vistos en la maestría, así como el aprendizaje de nuevos temas que van más allá de la Ingeniería Industrial. Además, el trabajar en conjunto con la asociación permite conocer de cerca necesidades y oportunidades que tienen diferentes comunidades y que desde la Ingeniería poder brindarles ayuda, es gratificante.

13. BIBLIOGRAFÍA

Alzamora, S.M., Guerrero, S.N., Nieto, A.B., Vidales, S.L. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.

Aras V., C.J., Toledo H., J. (2000). Manual de manejo poscosecha de frutas tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), pp 17-43 y 98-132.

Arshinder, K. Deshmukh, A. (2008). Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, 115(2), pp. 316-335.

Aung, M.M., Chang, Y.S. (2014) Temperature management for the quality assurance of a perishable food supply chain. *Food control. Volumen 40*, 198-207.

Bartholdi, J.J., & Hackman, S.T. Warehouse and Distribution Science. Versión 0.97. Georgia, Atlanta. 2016. Recuperado de:
<http://www2.isye.gatech.edu/~jib/wh/book/editions/wh-sci-0.96.pdf>

Broekmeulen, R.A.C.M. (1998) Operations Management of Distribution Centers for Vegetables and Fruits. *International Transactions in Operational Research. Volumen 5(6)*, 501-508.

Borghi, D.F., Guirardello, R., Cadozo F., L. (2009). Storage logistics of fruits and vegetables in distribution centers. *10th international symposium on process systems engineering*.

Caicedo Díaz del Castillo, J. (2013). La intermediación como un impedimento al desarrollo del pequeño productor de Medellín. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 14(1).

CAME (2018). Comunicado CAME: La participación del productor en los precios es de sólo un 22,8%. Confederación Argentina de la Mediana Empresa. Recuperado de http://www.redcame.org.ar/contenidos/comunicado/La-participacion-del-productor-en-losprecios-es-de-solo-un-22_8_-1528.html en Mayo de 2018

Cárdenas, J.I. Vallejo, L.E. (2016). Agricultura y desarrollo rural en Colombia 2011-2013: una aproximación. *Apuntes del CENES*, 62, (35), pp. 87-123. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/cenes/v35n62/v35n62a04.pdf>

CEPAL (2010). Políticas integradas de infraestructura, transporte y logística: experiencias internacionales y propuestas iniciales. Santiago, Chile.

Da Silva, C., Baker, D., & Shepherd, A. (2013). Agroindustrias para el desarrollo.

Demirtas, N., Tuzkaya, U. (2012). Strategic Planning of Layout of the Distribution Center: an Approach for Fruits and Vegetables Hall. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 58, (12), pp 159-168.

FAO (1996). Depósito de documentos de la FAO. Recuperado en 2016, de <http://www.fao.org/docrep/003/w3613s/w3613s00.htm>

FAO (2015). The State of Food Insecurity in the World. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2015). The economic lives of smallholder farmers: An analysis based on household data from nine countries.

FAO. (2019). Bees and their role in forest livelihoods: a guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products.

Garavito, E. Sistemas de Almacenamiento. (2010). Recuperado de: gavilan.uis.edu.co/~garavito/docencia/.../Sistemas%20de%20Almacenamiento.pdf

Jedermann, R., Nicometo, M., Uysal, I., Lang, W. (2014). Reducing food losses by intelligent food logistics. Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences. 372. 20130302. 10.1098/rsta.2013.0302.

Juan Pablo Vega B. (2018, julio 31). El próximo gobierno tendrá priorizados al menos 25 productos agropecuarios. La República. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/economia/el-proximo-gobierno-tendra-priorizados-al-menos-25-productos-agropecuarios-2755024>

Liao, Y., & Johnson, E. (2011). Global supply chain adaptations to improve financial performance: Supply base establishment and logistics integration. Journal of Manufacturing Technology Management, 204-222.

López C., A.F. (2003). Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas. Del campo al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/Y4893S/Y4893S00.htm>

Manikas, I., Terry, L. (2009). A case study assessment of the operational performance of a multiple fresh produce distribution centre in the UK. British Food Journal. 111, (5). pp 421-435.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). Plan frutícola nacional - diagnóstico y análisis de los recursos para la fruticultura en Colombia. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2006). Valle del Cauca, tierra de frutas. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Informe de rendición pública de cuentas, gestión 2013-2014. Recuperado de: https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Informe_2013_2014_Final.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 2674 del 2013. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Salud y Protección Social y FAO (2013). Perfil nacional de consumo de frutas y verduras. Bogotá, Colombia.

Naciones Unidas. (2016). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado en 2017, de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación – FAO (1987). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas - Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/x5055s/x5055S00.htm#Contents>

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación - FAO (1989). Prevention of post-harvest food losses fruits, vegetables and root crops a training manual. Roma, Italia. Recuperado en 2019 de: <http://www.fao.org/3/t0073e/T0073E00.htm#Contents>

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación - FAO (2012). Good practice in the design, management and operation of a fresh produce packing-house. Bangkok, Tailandia.

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación – FAO (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos.

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación - FAO (2018). Low cost, high impact solutions for improving the quality and shelf-life of mandarins in local markets.

Pássaro C., C.P., Navarro, P., Salvador, A. (2012). Poscosecha. Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización, pp 223-284.

Pássaro C., C.P., Londoño L., J. (2012) Industrialización de cítricos y valor agregado. Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización, pp 307-342.

Perfetti, J. J., Hernández, A., Leibovich, J., Balcázar, A. (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. Fedesarrollo.

Reina, M.L., Adarme, W. (2014). Logística de distribución de productos perecederos: estudios de caso Fuente de Oro (Meta) y Viotá (Cundinamarca). Revista colombiana de ciencias hortícolas. 8, (1), pp. 80-91.

Revista Dinero (2019, octubre 29). “Colombia será uno de los líderes mundiales en aguacate hass”: Iván Duque. Recuperado de: <https://www.dinero.com/pais/articulo/colombia-quiere-ser-uno-de-los-mayores-exportadores-de-aguacate/278520>

Soosa, C. A., & Hyland, P. (2015). A decade of supply chain collaboration and directions for future research. Supply Chain Management: An International Journal.

Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., y Tanchoco, M.A. (2004). Planeación de instalaciones. México DF, México: Cengage Learning.

UNCTAD (2015). Annual report 2015: Delivering on a sustainable agenda. United Nations Conference on Trade and Development.

Vasanth, R. H.P., Yu, L.J. (2012). Value-Added Fruit Processing for Human Health. Recuperado de: <https://www.intechopen.com/books/food-industry/value-added-fruit-processing-for-human-health>

Vasiljevic, D., Stepanovic, M., Manojlovic, O. (2013), Cross docking implementation in distribution of food products. *Economics of Agriculture*, 60 (1), pp 91-100.

Verdouw, C.N., Beulens, A.J.M., Trienekens, J.H. Van der Vorst, J.G.A.J. (2010) A framework for modelling business processes in demand-driven supply chains, *Production Planning & Control*, 22:4, 365-388.

Vorley, B., Lundy, M., & MacGregor, J. (2013). Modelos operativos que incluyen a los pequeños agricultores. *Agroindustrias para el desarrollo*.

Wu, C.; Hu, T., Wang, X., Zheng, C. (2013). Study on the Functional Zones Layout of Fresh Food Distribution Center Based on the SLP Method. *Advanced Materials Research* Vols 694- 697, pp 3614-3617.