



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

## **LOGÍSTICA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA**

**Edgar Daniel Martínez García**

Asesorado por el Ing. Orlando Posadas Valdez

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**LOGÍSTICA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE  
MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR DANIEL MARTÍNEZ GARCÍA**  
ASESORADO POR EL ING. ORLANDO POSADAS VALDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **LOGÍSTICA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 8 de marzo de 2011.

  
**Edgar Daniel Martínez García**

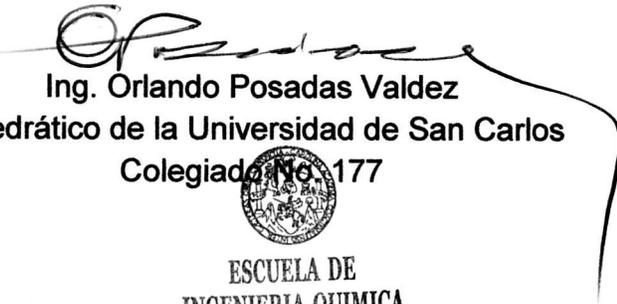
Guatemala, 21 de septiembre de 2012

Ingeniero  
V́ctor Manuel Monz3n Valdez  
Director Escuela de Ingenieŕa Qúmica  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingenieŕa

Estimado Ingeniero V́ctor Monz3n

Por este medio le env́o mi dictamen de aprobaci3n del informe final de trabajo de graduaci3n titulado: **“LOGÍSTICA DE OPERACI3N PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA”**. Trabajo final de graduaci3n que podr3 continuar el proceso tras la aprobaci3n de la terna evaluadora por el estudiante universitario **EDGAR DANIEL MARTÍNEZ GARCÍA** con carn3 No. **200611349**, quien cursa la carrera de Ingenieŕa Qúmica y es asesorado y supervisado por mi persona.

Sin otro particular me despido de usted atentamente.

  
Ing. Orlando Posadas Valdez  
Catedr3tico de la Universidad de San Carlos  
Colegiado No. 177  
  
ESCUELA DE  
INGENIERÍA QUÍMICA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 05 de octubre de 2012  
Ref. EI.Q.TG-IF.043.2012

Ingeniero  
**Víctor Manuel Monzón Valdez**  
DIRECTOR  
Escuela Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el Acta TG-157-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por el estudiante universitario: **Edgar Daniel Martínez García**

Identificado con número de carné: **2006-11349**

Previo a optar al título de INGENIERO QUÍMICO.

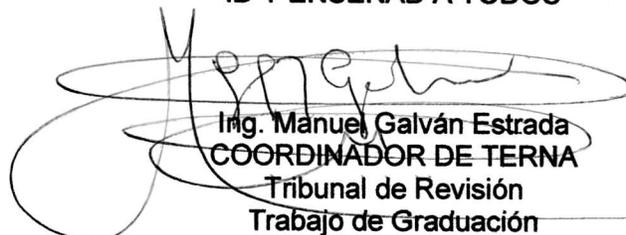
Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**LOGÍSTICA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Orlando Posadas**.

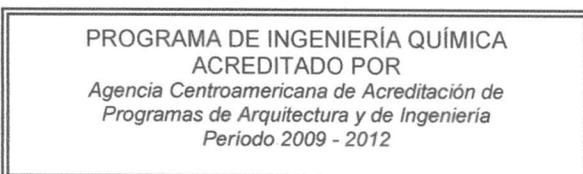
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Manuel Galván Estrada  
COORDINADOR DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **EDGAR DANIEL MARTÍNEZ GARCÍA** titulado: **"LOGÍSTICA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA"**. Procède a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, Noviembre de 2012

Cc: Archivo  
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **LOGÍSTICA DE OPERACIÓN PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Daniel Martínez García**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en funciones



Guatemala, 14 de noviembre de 2012

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**Dios**

Por sus innumerables beneficios, los que me son evidentes y por aquellos que pasan ocultos.

**Mis seres queridos**

Por acompañarme y ayudarme de diversas maneras durante el transcurso de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios**

Por facilitarme los medios para llevar a cabo mi vocación particular.

**Mis seres queridos**

Por brindarme el apoyo material y afectivo a lo largo de las distintas etapas de mi carrera.

**Compañeros de estudio y trabajo**

Por brindarme su amistad y ayuda durante nuestro ciclo de aprendizaje.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XIX
OBJETIVOS .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXIII
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Logística de operación de plantas en ingeniería química .....	7
2.1.1. Desarrollo del proyecto .....	8
2.1.2. Factores en la elaboración de la logística de la planta .....	9
2.2. Legislación alimentaria y sus implicaciones en la elaboración de la logística de la planta .....	10
2.2.1. Agencia de Estándares Alimentarios (FSA) .....	11
2.2.2. Codex Alimentarius .....	18
2.2.2.1. Norma del Codex para las zanahorias congeladas rápidamente .....	18
2.2.2.2. Código internacional de prácticas recomendado y Código de prácticas de higiene para frutas y hortalizas frescas .....	19

3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
3.1.	Descripción general de la metodología.....	35
3.1.1.	Elaboración de las hojas de balance de masa .....	35
3.1.2.	Selección de equipos.....	36
3.1.3.	Elaboración del <i>plant layout</i> .....	37
3.2.	Delimitación del campo de estudio .....	40
3.2.1.	Campo de investigación .....	40
3.2.2.	Área de investigación .....	40
3.2.3.	Línea de investigación .....	40
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	42
3.4.	Recursos materiales disponibles .....	42
3.5.	Técnica cualitativa.....	43
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información .....	43
3.6.1.	Observación .....	44
3.6.2.	Entrevista .....	44
3.6.3.	Análisis de contenido.....	44
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información .	45
3.8.	Plan de análisis de los resultados .....	46
3.8.1.	Programas a utilizar para análisis de datos .....	47
4.	RESULTADOS .....	49
4.1.	Proceso de manufactura de zanahorias congelada .....	49
4.1.1.	Balance de masa.....	49
4.1.2.	Diagrama de flujo másico .....	58
4.1.3.	Diagrama de recorrido y de relaciones .....	58
4.2.	Descripción de las especificaciones principales del equipo involucrado en el proceso.....	61
4.3.	Elaboración del <i>plant layout</i> .....	66
4.3.1.	Ubicación y distribución general de la planta .....	71

4.3.2.	Bodega del proceso .....	79
4.3.3.	Cálculo de iluminación .....	81
4.3.4.	Ventilación y aire acondicionado .....	86
4.3.5.	Consideraciones sanitarias .....	92
4.4.	Consideraciones ambientales .....	94
4.4.1.	Impactos ambientales e implicaciones en la logística de operación .....	96
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	103
	CONCLUSIONES .....	107
	RECOMENDACIONES.....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111
	APÉNDICES.....	115



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Etapas del diseño.....	39
2.	Campo de estudio, área, línea y proyecto de investigación.....	41
3.	Plan de análisis de los resultados .....	46
4.	Diagrama de flujo del proceso.....	51
5.	Lavado de zanahorias .....	54
6.	Secado de zanahorias.....	55
7.	Clasificación de zanahorias.....	57
8.	Matriz de relaciones de operaciones .....	59
9.	<i>Plant layout</i> , vista planta .....	68
10.	<i>Plant layout</i> , vista elevación .....	69
11.	<i>Plant layout</i> , vistas en perspectiva .....	70
12.	Viento arriba y viento abajo.....	72
13.	Ubicación y distribución general del <i>plant layout</i> .....	73
14.	Esquema de tratamiento de los efluentes del proceso .....	76
15.	Esquema general del filtro.....	77
16.	Almacenamiento de zanahorias .....	80
17.	Instalación bodega de cosecha aprobada .....	81
18.	Variables de iluminación .....	82
19.	Factor de utilización .....	84
20.	Iluminación.....	85
21.	Balance energético del enfriamiento .....	88
22.	Ventilación y aire acondicionado .....	91
23.	Unidades de refrigeración y ventilación en el área de carga .....	92

24.	Lavamanos a la entrada del proceso .....	93
25.	Sanitarios para personal del proceso.....	94
26.	Aplicación instrumento de gestión ambiental, primera etapa .....	95
27.	Aplicación instrumento de gestión ambiental, segunda etapa.....	95

## TABLAS

I.	Límites máximos de pesticidas permitidos en zanahorias.....	17
II.	Tabla de recursos humanos disponibles.....	42
III.	Producción de zanahorias por región en el Huerto Fantasía.....	50
IV.	Tabla de superficie ocupada por operación .....	60
V.	Especificaciones técnicas: pesa industrial .....	62
VI.	Especificaciones técnicas: lavadora de vegetales .....	63
VII.	Especificaciones técnicas: secadora de vegetales al vacío .....	63
VIII.	Especificaciones técnicas: mesa de trabajo.....	64
IX.	Especificaciones técnicas: cuarto frío .....	64
X.	Especificaciones técnicas: mesa de empaque.....	65
XI.	Especificaciones técnicas: <i>pallet jack</i> .....	65
XII.	Especificaciones técnicas: montacargas.....	66
XIII.	Lecho filtrante y de soporte.....	78
XIV.	Bases para construcción del filtro .....	79
XV.	Índice del local.....	83
XVI.	Planificación y diseño de sitios para el establecimiento de la empacadora de hortalizas.....	96
XVII.	Manejo de la preparación del sitio y construcción.....	97
XVIII.	Almacenamiento de sustancia agroquímicas.....	98
XIX.	Manejo de desechos.....	99
XX.	Manejo de residuos sólidos .....	100
XXI.	Manejo de aguas residuales de proceso.....	101

XXII.	Control de plagas .....	102
XXIII.	Seguridad laboral .....	102



## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Aw</b>	Actividad de agua
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>pH</b>	Potencial de hidrógeno
<b>PCC</b>	Puntos críticos de control



## GLOSARIO

<b>Actividad acuosa</b>	Es la relación de la presión del vapor de agua del producto y la presión del vapor del agua pura a la misma temperatura.
<b>Agroquímico</b>	Son sustancias químicas o mezclas de sustancias, destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas.
<b>Anaeróbico</b>	Todo proceso respiratorio que no requiere de oxígeno. No requiere de oxígeno libre para llevar a cabo la respiración.
<b>Balance de energía</b>	Es el que se aplica a un proceso o parte del mismo separado de sus alrededores por un límite imaginario. Establece, como en un balance de masa, que la entrada de energía que cruza el límite debe ser igual a la salida más la acumulación; si las condiciones son de estado estacionario y no varían con el tiempo, la entrada es igual a la salida.

<b>Balance de masa</b>	Es un método matemático utilizado principalmente en Ingeniería Química. Se basa en la ley de conservación de la materia, que establece que la masa de un sistema cerrado permanece siempre constante. La masa que entra en un sistema debe, por lo tanto, salir del sistema o acumularse dentro de él.
<b>Biosólidos</b>	Materia orgánica rica en nutrientes que se ha obtenido de tratamiento de lodos de aguas residuales.
<b>BPM's</b>	Buenas prácticas de manufactura.
<b>Codex Alimentarius</b>	Normas alimentarias, reglamentos y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas bajo el programa conjunto FAO/OMS de normas alimentarias.
<b><i>Container</i></b>	Camión contenedor.
<b>Contaminación cruzada</b>	Es la contaminación del material de partida (ya sea un principio activo o un excipiente) con otro. Es decir la mezcla indeseada de diferentes materiales.

<b>Contaminante</b>	Cualquier agente biológico o químico, materia extraña u otras sustancias no añadidas intencionalmente a los alimentos y que puedan comprometer la inocuidad o la aptitud de los alimentos.
<b>Contaminante químico</b>	Adición o presencia de químicos en tal cantidad que impide que el producto sea usado para el fin con el cual fue hecho.
<b>Contaminante físico</b>	Varios tipos de materias extrañas pueden contaminar el alimento como pueden ser partículas de metal desprendidas por utensilios o equipos, pedazos de vidrio por rotura de lámparas, pedazos de madera procedentes de empaques o de tarimas, anillos, lapiceros, pulseras u otros, todos los cuales pueden caer en el alimento y contaminarlo.
<b>Contaminante microbiológico</b>	Es todo microorganismo ajeno a un alimento o al agua, que ha sido añadido o inoculado por malas prácticas de manufactura, de higiene, agrícolas o contaminación ambiental, y que es capaz de producir el deterioro de un producto o enfermedades al consumidor final.
<b>Cooler</b>	Ventilador utilizado para refrigeración industrial.

<b>Desinfección</b>	La reducción, sin afectar en modo adverso a los alimentos, mediante la aplicación de agentes químicos higiénicamente satisfactorios y/o métodos físicos, del número de microorganismos a un nivel que no produzca la contaminación nociva del alimento.
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<b>FIME</b>	Tecnología de filtración en múltiples etapas.
<b>Fitosanitario</b>	Sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir la acción de, o destruir directamente, insectos, ácaros, moluscos, roedores, hongos, malas hierbas, bacterias y otras formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la salud pública y también para la agricultura.
<b><i>Flow sheets</i></b>	Hojas de balance de masa de un proceso.
<b>FSA</b>	Agencia de Estándares Alimentarios de Reino Unido.
<b>HACCP</b>	Análisis de riesgos y puntos críticos de control.
<b>Inocuidad de alimentos</b>	La garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con su uso predestinado.

<b>ISO</b>	Organización internacional de estándares.
<b>Limpieza</b>	La eliminación de los residuos de alimentos, suciedad, grasa u otras materias objetables.
<b>Lixiviación</b>	Extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la elución de uno o más de los componentes solubles del sólido.
<b>Logística de operación</b>	Es una función operativa que comprende todas las actividades y procesos necesarios para la administración estratégica del flujo y almacenamiento de materias primas y componentes, existencias en proceso y productos terminados; de tal manera, que éstos estén en la cantidad adecuada, en el lugar correcto y en el momento apropiado.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b>Microbicida</b>	Es una sustancia que mata o inhibe el crecimiento de microbios, como bacterias, hongos, parásitos o virus.
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud.

<b>Operación unitaria</b>	Parte indivisible de cualquier proceso de transformación, sea físico, químico o biológico, de una materia prima en otro producto de características diferentes.
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de Salud.
<b>Organismos descomponedores</b>	Organismos que, en vez de ingerir las presas con que se alimentan, descomponen los restos orgánicos mediante procedimientos enzimáticos externos y absorben las sustancias para su alimentación.
<b>Oxidación</b>	Reacción química en la que una sustancia se combina con oxígeno. Químicamente se corresponde con un aumento de cargas positivas del átomo debido a una pérdida de electrones.
<b>Paletizado</b>	Acción y efecto de disponer mercancía sobre un pallet para su almacenaje y transporte.
<b><i>Pallet</i></b>	Es una armazón de madera, plástico u otros materiales empleado en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo del producto.

<b>Piensos</b>	Sustancia o producto, simple o compuesto, ya sea elaborado, semielaborado o sin elaborar, que se emplea directamente en la alimentación de animales destinados al consumo humano.
<b>Plaguicidas</b>	Son sustancias químicas o mezclas de sustancias, destinadas a matar, repeler, atraer, regular o interrumpir el crecimiento de seres vivos considerados plagas.
<b><i>Plant layout</i></b>	Es el arreglo o disposición física de equipos e instalaciones dentro de una planta.
<b>Producción primaria</b>	Es la etapa de producción de alimentos que involucra la siembra, crecimiento, cultivo y cosecha del vegetal en cuestión.
<b>Sanitización</b>	Es el control de la reproducción y desarrollo de microorganismos patógenos. Esto comprende gérmenes, virus, algas, bacterias, levaduras y hongos, además de sus estados vegetativos (esporas).



## RESUMEN

El proyecto de investigación propone una logística de operación para una planta de manufactura de zanahoria congelada que involucra el proceso, equipo y *plant layout* para generar un producto que llena los requerimientos de inocuidad en alimentos.

La metodología consistió en realizar los balances de masa implicados en el proceso de manufactura con el fin de cumplir con el volumen de producción demandado. Luego con base a la elaboración del proceso de manufactura de zanahoria congelada se seleccionó el equipo adecuado al volumen previsto de producción y se dispuso su distribución a través de un *plant layout*; así como también se tomaron en cuenta los aspectos que la legislación alimentaria del Codex y FSA requerían y finalmente se tomaron en cuenta los aspectos ambientales que la legislación vigente del país exige.

Se elaboró la logística de operación para la planta con capacidad de aproximadamente 700 kilogramos por hora. El proceso propuesto comprende trece operaciones; que se resumen en recepción y clasificación, lavado y secado, cortado y pelado, empacado y enfriado para ser finalmente despachadas en contenedores.

El *plant layout*, es decir la disposición general de los equipos se realizó con base al proceso y se distribuyó siguiendo las prácticas recomendadas por el Codex y la FSA.

Para la elaboración del *plant layout*, se utilizaron tres criterios; entre ellos la dirección predominante del viento debido a que esto determinará la localización general de varias instalaciones. Todo equipo que pueda derramar material inflamable debe ser localizado viento abajo, de esta manera si ocurre un incendio, los vientos no regarán el fuego hacia la planta u otras instalaciones.

También se tomó en cuenta el criterio ambiental como el ubicar la planta lejos de las zonas de deslizamientos, inundaciones o de elevada concentración de viviendas.

Finalmente el tercer criterio fueron las directrices del Codex y FSA que exigían distribuciones específicas de las diferentes áreas de la planta.

# OBJETIVOS

## General

Elaborar la logística para el proceso de manufactura de zanahoria congelada.

## Específicos

1. Elaborar el proceso de manufactura de zanahoria congelada a través de las hojas de balances de masa y diagramas de operación del proceso.
2. Definir las especificaciones principales de los equipos involucrados en la manufactura para su operación con base al proceso definido y al volumen de cosecha.
3. Elaborar el *plant layout* para el proceso de manufactura de zanahoria congelada.
4. Definir el comportamiento ambiental de la empresa en el proceso de manufactura de zanahorias utilizando el instrumento de gestión ambiental, guía agroindustrial.



## INTRODUCCIÓN

La logística para una planta de manufactura de zanahoria congelada, es un estudio cuya importancia radica en que se contribuye a resolver un problema común en el país: el bajo nivel de tecnificación en el proceso de manufactura de legumbres; por otra parte el estudio fomenta el desarrollo económico de Cantel, Quetzaltenango, región en donde se desarrolla el proyecto.

En Guatemala, la práctica de la agricultura es muy difundida como medio de supervivencia y mercadería, sin embargo, existe un retraso a nivel general en el área de occidente en cuanto a técnicas agrícolas e industriales que permitan aprovechar el recurso de forma económica y ambientalmente más beneficiosa.

El objetivo del proyecto tiene por fin el diseñar la disposición y características del *plant layout* de la planta, así como el análisis del proceso de manufactura y equipos involucrados para satisfacer las necesidades que el proceso demanda. El objetivo de esta investigación se enfoca por tanto en la elaboración de una logística para la planta de manufactura que se adapta a las necesidades del Huerto Fantasía en Cantel, Quetzaltenango y que permite industrializar el proceso de cosecha, almacenamiento y venta de un producto agrícola que se comercializa en dicho Huerto, las zanahorias.

Con el fin de satisfacer el objetivo del proyecto, se tomaron en cuenta los aspectos que afectan la logística de operación de la planta: el proceso y los equipos involucrados en la manufactura de la zanahoria congelada y la

legislación alimentaria internacional, estos factores se evalúan en la investigación mediante una metodología que se enfoca en el proceso, equipos y *plant layout* de la planta, enriquecida con un estudio de la legislación alimentaria del Codex Alimentarius y FSA además de las consideraciones ambientales producto del estudio de la legislación en materia ambiental vigente en el país.

Finalmente, se menciona que el estudio se enfoca en el diseño preliminar de la planta desde la perspectiva de la ingeniería química, a través del análisis de la capacidad del proceso para manufacturar la cosecha en el tiempo adecuado, el análisis y aplicación de la legislación alimentaria contenida en el Codex Alimentarius y las directrices de la FSA (Food Standards Agency), consideraciones ambientales y finalmente los equipos e instalaciones requeridas para cumplir tanto con la capacidad de la planta como con la legislación mencionada.

## 1. ANTECEDENTES

En el Huerto Fantasía, Cantel, Quetzaltenango se cultivan varios tipos de legumbres, entre ellas la zanahoria tipo *Daucus carota L*; este producto es exportado hacia Honduras y El Salvador principalmente. El Huerto proyecta ingresar al mercado inglés para lo cual demanda un estudio del proceso y de planta que permita que las zanahorias sean manufacturadas según las directrices de la Agencia de Estándares del Reino Unido (FSA) y también las exigencias del Codex Alimentarius los cuales son requisitos para el Gobierno del Reino Unido en la zanahoria que ingresa a su mercado.

El análisis se iniciará por la legislación alimentaria, la cual se relaciona con el proceso de exportación ya que este debe cumplir con las normas nacionales e internacionales que se encuentran vigentes.

El contexto del derecho alimentario en el ámbito internacional, ha experimentado cambios significativos durante el período de 1995 a 2005 según Spreij, cambios que actualmente “rigen el control, la inocuidad y el comercio de alimentos”<sup>1</sup> derivados de los acuerdos suscritos por la Organización Mundial del Comercio; acuerdo sobre la Aplicación de las Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF) y el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC).

Spreij afirma que el Acuerdo MSF se suscribió con el objetivo de asegurar que los países velen por la salud humana a través de las normas, directrices y

---

<sup>1</sup> SPREIJ, Melvin; VAPNEK, Jessica. Directrices en materia de legislación alimentaria. p. 3

recomendaciones del Codex Alimentarius, el cual tiene por objetivo “proteger la salud de los consumidores, garantizar prácticas leales en el comercio de alimentos”.<sup>2</sup>

La comisión del Codex Alimentarius fue creada en 1963 por la FAO y la OMS, para desarrollar normas alimentarias, reglamentos y textos relacionados que aseguren unas prácticas de comercio de alimentos claras y promuevan la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.

La Agencia de Estándares Alimenticios (FSA) por sus siglas en inglés es un departamento del Gobierno del Reino Unido que tiene por objetivo proteger la salud y los intereses del consumidor con relación a alimentos. La FSA brinda información actualizada a importadores de productos alimenticios hacia Reino Unido en materia de requisitos y legislación de alimentos.

Finalmente para concluir con el tema de legislación alimentaria se menciona que con base en lo expuesto en párrafos anteriores, las empresas agroalimentarias que se dedican a la exportación deben enfocar el proceso que utilizan para la manufactura de productos en cumplir la legislación y en adecuar su proceso a las necesidades del mercado consumidor. Este antecedente constituye una directriz para el desarrollo de la elaboración del proceso de manufactura de la zanahoria para exportación.

Por otra parte, en cuanto al proceso se refiere, se menciona el estudio de graduación sobre una empresa agro-exportadora de brócoli cuyo autor, José Solares, expone los procedimientos de compra y el control estadístico de la calidad de sus propios productos; esta empresa trabaja como centro de acopio

---

<sup>2</sup> SPREIJ, Melvin; VAPNEK, Jessica. Directrices en materia de legislación alimentaria. p. 7

de brócoli, ya que compra brócoli a productores locales de Fraijanes, Guatemala y luego lo procesa para exportarlo a EE.UU.

Solares expone también las amenazas que la empresa agro-exportadora experimenta: incertidumbre económica, corrupción, inflación, recesión económica y competidores con mayores recursos. Sin embargo, también se exponen las oportunidades identificadas las cuales según Solares son: globalización, incremento de la demanda potencial e incremento de la demanda insatisfecha.

Aunque la empresa agro-exportadora trabaja brócoli, ésta constituye un ejemplo cercano a la planta de manufactura de zanahoria de exportación; resalta también otra diferencia, la empresa exporta brócoli a los Estados Unidos no a Europa y por lo tanto cumple con los requerimientos de la administración de alimentos y drogas de EE.UU. y no con el Codex Alimentarius exigido por Inglaterra.

La logística de operación, de la planta de zanahoria, se relaciona también con el centro de acopio para plantas de congelado, el cual según Axcel López en su trabajo de graduación, está formado por cooperativas y grupos de agricultores; el objetivo de los centros de acopio es preparar los productos para los mercados externos más distantes, dando al producto un procesamiento de enfriado y congelado además de clasificarlo y envasarlo bajo normas requeridas por los mercados externos.

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, llama la atención el estudio de tiempos y movimientos para la elaboración de diagramas de operación en una línea de fabricación de dulces de Pablo Mazariegos, cuyo trabajo de graduación señala los diagramas de operación de procesos como

herramienta para el estudio del proceso. En la presente investigación también se analizará el proceso de manufactura de zanahorias y se utilizarán los diagramas de operación para la elaboración de la logística de operación del proceso de manufactura de zanahorias congeladas.

Finalmente se abordará un enfoque histórico de la política de penetración, expansión y diversificación de la agricultura de exportación en la nación. Según Gloria De la Roca, en su estudio de investigación sobre la expansión de la horticultura de exportación, la agricultura en Guatemala se ha convertido en un sector dinámico debido a políticas de estabilización económica a favor de las exportaciones; específicamente con relación a hortalizas lo cual ha dado origen a gran diversidad de empresas y proyectos específicos que estimulan la producción de vegetales para exportar.

En 1987 surge CONAPEX, el Consejo Nacional de Promoción de las Exportaciones; este consejo impulsó el establecimiento de la Ventanilla única de las exportaciones y de esta forma Guatemala empieza a participar de forma activa en el mercado internacional.

En cuanto a exportación de zanahoria se refiere, en 1988 se inicia la exportación de este producto rumbo a México, Belice, El Salvador y Honduras; se exportaron más de 7 millones de kilos con costo de 3,57 millones de quetzales. Hacia 1989 la zanahoria se exportó a Estados Unidos, México, Honduras y El Salvador en una cantidad mayor a los 6 millones de kilos con costo de 2,12 millones de quetzales.

Para terminar esta sección se menciona el aporte en materia de diseño de plantas en ingeniería química donde el autor Vildbrandt, expone una metodología para el diseño preliminar de plantas desde la perspectiva de la

ingeniería química; la obra menciona tres aspectos de interés; en primer lugar el desarrollo de hojas de flujo, *flow sheets*, las cuales constituyen los balances másicos y energéticos en la planta; también expone la manera de selección de equipos involucrados en la operación de la planta y describe aspectos a tomar en cuenta durante la etapa de elaboración del *plant layout*.



## **2. MARCO TEÓRICO**

La teoría que fundamenta el presente estudio de investigación, se centra principalmente en la elaboración de la logística en plantas desde la perspectiva de la ingeniería química; también en materia de legislación alimentaria aborda la descripción del producto según los estándares Codex alimentarius, la elaboración de las hojas de flujo o balances de masa y energía.

Se iniciará por describir la logística de operación de planta en ingeniería química tomando como base lo expuesto en la obra Chemical engineering plant design de Vildbrandt y posteriormente la legislación alimentaria que es uno de los factores de diseño preliminar.

### **2.1. Logística de operación de plantas en ingeniería química**

Resulta muy importante dejar claro qué significa el diseño de plantas en ingeniería química; una planta involucra el trabajo de varios profesionales, tanto en su diseño como en su operación y conviene preguntarse por la frontera entre la ingeniería química y otras ingenierías. En otras palabras dejar claro el alcance del ingeniero químico en la elaboración de la logística de planta se hace un punto importante en esta investigación.

Por lo anteriormente expuesto, se ha considerado describir desde la perspectiva de la ingeniería química el diseño preliminar de plantas; que según Vildbrandt involucra varias etapas; que se sintetizan en la investigación, en el desarrollo del proceso, la operación de planta piloto.

Para fines del presente estudio, se hace conveniente abordar dos líneas importantes para elaborar la logística del proceso; en primer lugar el desarrollo del proyecto y luego los factores que inciden en la logística de operación.

### **2.1.1. Desarrollo del proyecto**

El proyecto inicia con el proceso de investigación, la idea por lo general puede ser originada por un ingeniero químico, un físico, un químico, etc. El objetivo del proceso de investigación es proveer datos científicos que permitirán la elaboración lógica y racional del proceso de manufactura con el mínimo gasto de tiempo y equipo de manera que se diseñe de una manera económica respecto de todas las variables como la alimentación en la composición, velocidades, calor y energía, temperatura, etc. El objetivo es reducir tiempo y recursos en trasladar un proceso de una idea hacia una planta construida.

La siguiente etapa la constituye una evaluación de la investigación en donde se evalúa si el proyecto resulta viable o si es posible emprenderlo; aquí se descartan las soluciones económicamente imprácticas.

Es importante mencionar que en la etapa de investigación también debe considerarse realizar un estudio legal respecto de los códigos y legislaciones que pueden incidir en la elaboración de la logística de una planta; por otra parte también en lo relativo a las patentes y a las relaciones publicas como impactos ambientales, sociales, etc. Este tipo de investigación también debe ir de la mano con un estudio con las condiciones de seguridad y también debe realizarse un análisis de mercado.

Finalmente luego de la etapa de investigación se propone según Vildbrandt la etapa del diseño preliminar en ingeniería, lo que implica primero,

una evaluación de equipos en materia de servicios y sus tipos, selección de los equipos estándar, especificaciones, controles y costos.

Luego en cuanto al *plant layout* deben evaluarse flujos económicos de materiales, arreglo de equipos, almacenamiento y transporte así como futura expansión.

Por otra parte las demandas de servicio, en cuanto a demanda de vapor, agua, aire, gas, electricidad y drenajes, ventilación, presiones, etc.

La sección de edificios se enfoca en orden al diseño de una nueva planta, condiciones y protección así como costos.

### **2.1.2. Factores en la elaboración de la logística de la planta**

Según Vildbrandt los factores técnicos en la logística de operación de plantas se pueden sintetizar en seis rubros principales, desarrollo, ubicación, edificios, equipo, mercado y hojas de balances.

Los diagramas de flujo, los cuales son presentados en formato de hojas de flujo *flow sheets* constituyen un paso decisivo en la logística; estos diagramas presentan una representación gráfica de los flujos másicos y energéticos, operaciones unitarias, almacenamiento y equipo, potencia y requerimientos de combustible.

En cuanto al equipo, mucha de la información sobre este se obtiene de los fabricantes de equipo. Generalmente el equipo para manejar los materiales por operación unitaria así como los procesos suelen ser estándar y siempre que sirvan al propósito seleccionado, se les prefiere sobre los diseños

especiales debido a que bajan el costo y es más fácil conseguir repuestos para estos.

En cuanto al *plant layout*, es el paso que sigue a la selección del equipo y se debe buscar el arreglo más económico, generalmente son influidos por las inclinaciones arquitectónicas del diseñador. Aquí, la operación de una parte del equipo o proceso se estudia cuidadosamente, frecuentemente el arreglo adecuado de equipo produce un efecto de beneficios en la etapa de operación de la planta.

En cuanto a las consideraciones de seguridad que afectan en la logística de operación de planta se mencionan los equipos del proceso y las instalaciones las cuales deben guardar algunos factores como la minimización de los peligros, corrosión, fuego, explosión y daños al personal así como también posible envenenamiento, etc. La evaluación de peligros según Vildbrandt se puede realizar bajo aspectos mecánicos, eléctricos, químicos, ventilación y riesgos para la salud y sanitización.

## **2.2. Legislación alimentaria y sus implicaciones en la elaboración de la logística de la planta**

En cuanto a legislación alimentaria se refiere, se debe mencionar en primer lugar la comisión del Codex Alimentarius, la cual fue creada en 1963 por la FAO y la OMS con el objetivo de desarrollar normas alimentarias, reglamentos y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas bajo el Programa Conjunto FAO/OMS de Normas Alimentarias.

La función del programa conjunto FAO/OMS es la “protección de los consumidores, asegurar unas prácticas de comercio claras y promocionar la

coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales”<sup>3</sup>.

En la actualidad, existen varios países de diversos continentes, miembros de la comisión del Codex; entre estos se encuentra Reino Unido y Guatemala. Razón por la cual resulta muy importante revisar la legislación vigente del Codex relativa a zanahorias congeladas.

Debido a que las directrices del Codex y *FSA* se enfocan a los procesos para garantizar la inocuidad en la manufactura de alimentos, algunas de las medidas contenidas en las directrices de las organizaciones mencionadas, tienen impactos sobre la logística de la planta. En las secciones siguientes se abordarán los estándares de la *FSA* y Codex relacionados con la logística de operación de la planta.

### **2.2.1. Agencia de Estándares Alimentarios (FSA)**

La Agencia de Estándares Alimentarios (FSA) es la responsable de la inocuidad e higiene alimentaria en Reino Unido. Trabaja con las autoridades locales para reforzar las regulaciones en materia de inocuidad y seguridad alimentarias; trabaja con el gobierno de Reino Unido, para asegurarse que los requerimientos de las regulaciones se cumplen. También realiza investigación relativa a seguridad de alimentos. Finalmente es la responsable de brindar información y asesoría a las empresas importadoras de alimentos al Reino Unido y es la representante para Reino Unido ante la Comisión del Codex *Alimentarius*.

---

<sup>3</sup> OMS/FAO. Normas alimentarias FAO/OMS Codex Alimentarius. p. 1

Según la FSA en el apartado de industrias de importación de alimentos, se deben tomar en cuenta la legislación concerniente al tipo de alimento que se desea importar. También se debe analizar si el alimento se considera como de alto riesgo debido a posibles sustancias tóxicas contenidas en el mismo.

Se utilizó la guía de legislación y consejos para importadores que la FSA propone; la cual al aplicarla a la manufactura de zanahorias congeladas, sugiere revisar la Guía de importaciones de la comisión europea; la legislación relativa a los alimentos de origen no animal y finalmente la legislación de alimentos de alto riesgo. Puntos que se abordarán en los párrafos siguientes.

a) Requerimientos de higiene en alimentos

Los requerimientos relevantes con respecto a higiene alimentaria de productos de origen no animal, están contenidos en la Regulación (EC) 852/2004 para industrias de alimentos del tercer mundo. (Reino Unido, 852/2004). La guía para importadores hace énfasis en los aspectos que se abordan a continuación.

- La obligación de la industria importadora para mantener un monitoreo constante en cuanto a inocuidad de sus productos y procesos bajo su responsabilidad.
- Tener los suministros de higiene generales para la producción primaria. Los cuales abarcan el transporte y almacenamiento; los cuales no deben alterar substancialmente la naturaleza de las zanahorias.

- En los requerimientos posteriores a la producción primaria se encuentran:
  - El diseño, construcción y tamaño de los suministros debe permitir el adecuado mantenimiento y limpieza o desinfección, así como evitar la contaminación cruzada y disponer de espacio de trabajo adecuado que permita el desempeño higiénico de todas las operaciones.
  - El diseño de las instalaciones no debe permitir la acumulación de suciedad, contacto con materiales tóxicos, acumulación de partículas que sedimenten en los alimentos o la formación de concentraciones no deseadas de moho en las superficies.
  - Las instalaciones deben permitir las buenas prácticas de higiene de alimentos, incluyendo protección contra contaminación y control de plagas.
  - El diseño, donde sea necesario, debe facilitar el manejo de la temperatura durante la manufactura y almacenamiento en condiciones capaces de mantener los alimentos a temperaturas apropiadas y permitir el control y registro de estas temperaturas.
  - Debe existir un número adecuado de lavabos conectado a un sistema de drenaje efectivo. Los lavabos no deben abrir directamente hacia las áreas en las cuales se manufactura los vegetales.

- Debe existir un número de lavamanos adecuadamente diseñados y localizados. Los lavamanos deben disponer de agua caliente y fría, utensilios para lavar las manos y materiales o equipo para secado higiénico. Donde sea necesario, las instalaciones para lavado de alimentos deben estar separadas de las que se utilizan para el aseo del personal.
- Se debe evitar la contaminación por flujo de aire desde un área contaminada hasta una limpia o desinfectada. Los sistemas de ventilación deben ser muy eficientes de manera que las partes que requieran limpieza o reemplazo estén rápidamente disponibles y funcionando.
- Las instalaciones del proceso requieren de adecuada iluminación.
- Las instalaciones de drenaje deben ser adecuadas para el propósito pretendido. Deben ser diseñados para evitar el riesgo de contaminación. En los lugares donde los canales de drenaje están total o parcialmente abiertos, deben ser diseñados para asegurar que la basura no fluya de un área contaminada hacia un área limpia, particularmente un área donde los alimentos puedan convertirse en alto riesgo para el consumidor final.
- Los agentes de limpieza y desinfectantes no deben ser almacenados donde los alimentos son manipulados.
- Las superficies del suelo deben poderse limpiar o desinfectar con facilidad, con los drenajes superficiales adecuados.

- Las superficies de las paredes deben poderse limpiar o desinfectar con facilidad.
- Las superficies de los techos, bóvedas o superficies superiores deben ser construidas y terminadas de manera que se prevenga la acumulación de polvo y para reducir la condensación, el crecimiento de moho indeseable y de partículas sedimentadas.
- Las ventanas y otras aberturas deben ser construidas para prevenir la acumulación de suciedad. Aquellas que puedan ser abiertas hacia afuera del medio, deben ser acondicionadas de ser necesario con mallas anti-insectos las cuales pueden ser rápidamente removidas para limpieza. Donde las ventanas abiertas puedan generar contaminación, deben mantenerse cerradas y selladas durante la producción.
- Las puertas deben ser de fácil limpieza y desinfección. Esto implica el uso de superficies lisas y no absorbentes en las puertas.
- Debe disponerse de instalaciones adecuadas para almacenar los utensilios de limpieza y desinfección; estas instalaciones deben disponer de agua caliente y fría.
- Los desperdicios deben ser depositados en contenedores cerrados, los cuales deben ser construidos apropiadamente, mantenidos en buen estado y de fácil limpieza o desinfección.

Deben estar diseñados de manera que se mantengan libres de animales y pestes.

- El agua de proceso no debe presentar un riesgo de contaminación a los alimentos. Debe cumplir con los estándares de agua potable.
  - El material utilizado para empaque y envoltura no debe ser una fuente de contaminación.
  - Los materiales de empaque deben ser almacenados de manera que no estén expuestos a riesgo de contaminación.
  - Las operaciones de empaque deben ser llevadas a cabo de manera que se evite la contaminación de los productos.
  - Los utensilios utilizados durante el empaque y envoltura deben ser fáciles de limpiar o de ser necesario desinfectar.
- Entre los requisitos microbiológicos se mencionan: cumplir con los requerimientos del control de temperatura, mantener la cadena de frío, mantener muestreo y análisis.
  - Procedimientos basados en principios HACCP.

b) Otros requisitos sanitarios

Dentro de los requisitos relevantes aplicables al proceso de congelado y empaque de zanahorias de la legislación alimentaria de la Unión Europea, se incluye en particular los requerimientos siguientes:

- Los vegetales deben ser introducidos a Reino Unido, cumpliendo con los requerimientos fitosanitarios.
- Niveles máximos de residuos y pesticidas; según la Regulación 971/2007 para niveles máximos de pesticidas, para zanahorias, se aceptan tres tipos de pesticidas; Captan, Desmedipham, Phenmedipham y residuos de siete compuestos: Captan, Desmedipham, phenmedipham, carbamate. Ver tabla I.

Tabla I. **Límites máximos de pesticidas permitidos en zanahorias**

Niveles máximos permitidos	
Captan	0,10
Chlorfenvinphos	0,50
Desmedipham (Nivel cercano a o en el límite de la determinación)	0,05
Dichlorvos (Nivel cercano a o en el límite de la determinación)	0,01
Ethion (Nivel cercano a o en el límite de la determinación)	0,01
Folpet (Nivel cercano a o en el límite de la determinación)	0,02
Phenmedipham (Nivel cercano a o en el límite de la determinación)	0,05

Fuente: Reino Unido. Pesticidas (Niveles máximos de residuos en muestras, alimentos y piensos). p. 6.

## **2.2.2. Codex Alimentarius**

La comisión del Codex Alimentarius, fue creada en 1963 por la FAO y la OMS con el objetivo de desarrollar normas alimentarias, reglamentos y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas bajo el Programa Conjunto FAO/OMS de Normas Alimentarias.

La función del programa conjunto FAO/OMS es la “protección de los consumidores, asegurar unas prácticas de comercio claras y promocionar la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales”<sup>4</sup>.

En la actualidad, existen varios países de diversos continentes, miembros de la comisión del Codex; entre estos se encuentra Reino Unido y Guatemala. Razón por la cual resulta muy importante revisar la legislación vigente del Codex relativa a zanahorias congeladas; la cual se resume en tres estándares principales; en primer lugar el Código internacional de prácticas recomendado (CAC/RCP 1-1969), Código de prácticas de higiene para frutas y hortalizas frescas (CAC/RCP 53-2003) y la Norma para zanahorias congeladas Codex Stan 140-1983.

### **2.2.2.1. Norma del Codex para las zanahorias congeladas rápidamente**

La norma para las zanahorias congeladas se denomina Codex Stan 140-1983. Esta norma se aplica a zanahorias congeladas de la especie *Daucus carota L.* Según el estándar 140-1983, la definición del producto es: “Se entiende por zanahorias congeladas el producto preparado con variedades de

---

<sup>4</sup> OMS/FAO. Normas alimentarias FAO/OMS Codex Alimentarius. p. 1.

zanahorias cultivares frescas, limpias, sanas, que se ajusten a las características de la especie *Daucus carota L.* a las que se les han quitado las hojas, las sumidades verdes, la piel y las raíces secundarias, y que han sido lavadas y han podido o no ser escaldadas.”<sup>5</sup>

La norma citada en el párrafo anterior, también define de manera general el proceso de manufactura y el tipo de presentación en las que se encuentran largas, redondas, enteras o dedos, mitades, en cuartos, tiras, trozos, etc.

#### **2.2.2.2. Código internacional de prácticas recomendado y Código de prácticas de higiene para frutas y hortalizas frescas**

##### **a) Producción primaria**

- Higiene del medio: la producción primaria no deberá realizarse en zonas en las que la presencia de sustancias perjudiciales estén en niveles inaceptables tanto en el interior o superficie de las zanahorias. Los productores deberán evaluar los usos anteriores de los lugares así como de las zonas adyacentes a fin de identificar posibles peligros microbianos, químicos y físicos. La evaluación deberá abarcar; la utilización pasada y presente de la zona de producción primaria, el acceso de animales domésticos y silvestres al lugar y a las fuentes de agua, posibilidad de contaminación de los campos de producción por goteo, lixiviación o desbordamiento.
- Producción primaria higiénica de frutas y hortalizas frescas.

---

<sup>5</sup> FAO/OMS. Norma del Codex para zanahorias congeladas rápidamente. p. 1.

- Agua para producción primaria: se deben identificar las fuentes de agua utilizada, ya sea municipal, de pozo, etc. Evaluando su calidad microbiológica y química así como su idoneidad para el uso previsto.
- Cuando sea necesario se deberá analizar el agua que se utiliza para detectar contaminantes microbianos y químicos.
- Deberá evitarse que los lugares de almacenamiento o tratamiento del compostaje estén en las zonas de producción de zanahorias; se deberá evitar la contaminación cruzada por escorrentía o lixiviación asegurando las zonas donde se trata y almacena el estiércol, biosólidos u otros fertilizantes naturales.
- Ubicación, proyecto y disposición: las instalaciones deberán estar ubicadas y construidas de forma que eviten la contaminación de las zanahorias y la infestación de plagas. Las estructuras deben facilitar el cumplimiento de las buenas prácticas de higiene incluyendo protección contra contaminación cruzada.
- Abastecimiento de agua: las instalaciones deberán disponer de abastecimiento suficiente de agua potable con los medios adecuados para su almacenamiento y distribución.
- Drenaje y eliminación de residuos: estos deben ser previstos de manera que se evite la posible contaminación de las hortalizas frescas o el abastecimiento de agua potable.

- Deberán preverse servicios sanitarios y de higiene para los trabajadores a fin de asegurar el grado apropiado de higiene personal.
  - Los servicios sanitarios deberán estar ubicados cerca de los campos y las instalaciones cerradas en número suficiente para el personal.
  - Deben estar proyectados para asegurar la eliminación higiénica de los residuos y evitar la contaminación de los lugares de cultivo.
  - Deben disponer de medios adecuados para lavado y secado higiénico de manos.
- Equipo utilizado en el cultivo y recolección.
  - Los recipientes para residuos, subproductos o sustancias no comestibles deberán poderse identificar, de material impermeable cuando proceda, con un sistema de cierre para evitar la contaminación accidental de zanahorias.

b) Proyecto y construcción de las instalaciones

- Emplazamiento
  - Los establecimientos deberán ubicarse alejados de zonas contaminadas, expuestas a inundaciones, expuestas a

infestaciones de plagas o zonas de las que no puedan retirarse de manera eficaz los desechos, tanto sólidos como líquidos.

- Edificios y salas
  - La disposición interna de las instalaciones deberá permitir la adopción de las buenas prácticas de higiene de los alimentos, incluidas medidas protectoras contra la contaminación por productos alimenticios entre y durante las operaciones.
  - Las superficies de las paredes, de los tabiques y de los suelos deberá ser de materiales impermeables que no tengan efectos tóxicos para el uso al que se destinan.
  - Las paredes y los tabiques deberán tener una superficie lisa hasta una altura apropiada para las operaciones que se realicen.
  - Los suelos deberán estar contruidos de manera que el desagüe y la limpieza sean adecuados.
  - Los techos y aparatos elevados deberán estar contruidos y acabados de forma que reduzcan al mínimo la acumulación de suciedad y de condensación, así como el desprendimiento de partículas.
  - Las ventanas deberán ser fáciles de limpiar, estar contruidas de modo que se reduzca al mínimo la acumulación de suciedad

y en caso necesario estar provistas con malla contra insectos, que sean fáciles de desmontar y limpiar.

- Las puertas deben tener una superficie lisa y no absorbente y ser fáciles de limpiar y cuando sea necesario, de desinfectar.
  - Las superficies de trabajo que vayan a estar en contacto directo con los alimentos deberán ser sólidas, duraderas y fáciles de limpiar, mantener y desinfectar. Deben ser fabricadas de material no absorbente y no tóxico e inerte a los alimentos, detergentes y desinfectantes utilizados en condiciones normales.
- Equipo
    - El equipo y recipientes deberán fabricarse con materiales que no tengan efectos tóxicos para el uso al que se destinan. En caso necesario, el equipo deberá ser duradero y móvil o desmontable, para permitir el mantenimiento, la limpieza.
    - El equipo utilizado para cocinar, aplicar tratamientos térmicos, enfriar, almacenar o congelar alimentos deberá estar proyectado de modo que se alcancen las temperaturas que se requieren con la rapidez necesaria para proteger la inocuidad y aptitud de los alimentos.

- Servicios
  - Deberá disponerse de un abastecimiento suficiente de agua potable, con instalaciones apropiadas para su almacenamiento, distribución y control de temperatura, a fin de asegurar, en caso necesario la inocuidad y aptitud de los alimentos.
  - Deberá haber sistemas e instalaciones adecuados de desagüe y eliminación de desechos; proyectados y contruidos de manera que se evite el riesgo de contaminación de alimentos o abastecimiento del agua potable.
  - Deberá haber instalaciones adecuadas, debidamente proyectadas para la limpieza de los alimentos, utensilios y equipo; deberán disponer cuando proceda de abastecimiento de agua fría y caliente.
  - Se debe contar con servicios de higiene adecuados para el personal, a fin de asegurar el mantenimiento de un grado apropiado de higiene personal para evitar el riesgo de contaminación de los alimentos. Cuando proceda deberán disponer de medios para lavarse y secarse las manos higiénicamente, retretes de diseño higiénico apropiado y vestuarios adecuados para el personal.
  - En función de las operaciones que se lleven a cabo, deberá haber instalaciones adecuadas para su enfriamiento, refrigeración y congelación, así como para el almacenamiento, vigilancia de las temperaturas de los alimentos y en caso

necesario, para el control de la temperatura ambiente con objeto de asegurar la inocuidad y aptitud de los alimentos.

- Se deberá disponer de los medios adecuados de ventilación para reducir al mínimo la contaminación de los alimentos transmitida por aire, control de la temperatura ambiente, control de olores y humedad de ser necesario.
- El aire no debe fluir nunca de zonas contaminadas a zonas limpias y de forma que en caso necesario, se puedan mantener y limpiar adecuadamente.
- Deberá disponerse de iluminación natural o artificial adecuada para permitir la realización de las operaciones de manera higiénica. Las lámparas deberán estar protegidas, cuando proceda a fin de asegurar que los alimentos no se contaminen en caso de rotura.
- En caso necesario, deberá disponerse de instalaciones adecuadas para el almacenamiento de alimentos, de manera que permitan un mantenimiento y limpieza adecuados, eviten el acceso y el anidamiento de plagas, permitan proteger con eficacia los alimentos y proporcionen unas condiciones que reduzcan al mínimo el deterioro de alimentos con control de temperatura o humedad, etc.
- Deben mantenerse separadas las instalaciones de almacenamiento de alimentos y las de almacenamiento de productos de limpieza y sustancias peligrosas.

c) Condiciones de los edificios

- Alrededores: entre las actividades que se deben aplicar para mantener los alrededores de la planta limpios se deben incluir las siguientes.
  - Almacenamiento en forma adecuada de equipos en desuso, remover desechos sólidos y todo aquello que pueda constituir una atracción o refugio para los insectos.
  - Mantener patios y lugares de estacionamiento limpios para que estos no constituyan una fuente de contaminación.
  - Mantenimiento adecuado de los drenajes para evitar infestación.
  - Operación en forma adecuada del sistema de desechos.
- Ubicación
  - Los establecimientos deben estar delimitada por paredes de cualquier ambiente utilizado como vivienda.
  - Las instalaciones deben contar con vías de acceso y patios de maniobra pavimentados, adoquinados, asfaltados o similares, a fin de evitar la contaminación de los alimentos con polvo.
  - El funcionamiento de la planta no debe implicar serias molestias para la comunidad circunvecina.

- Diseño de instalaciones físicas del área de proceso y almacenamiento.
  - Las industrias de alimentos deben diseñarse de manera tal que estén protegidas del ambiente exterior mediante paredes; los edificios deben ser de tal manera que impidan la entrada de animales, insectos, roedores o plagas, así como polvo, vapor u otros contaminantes.
  - Los ambientes del edificio deben incluir un área específica de vestidores, con muebles adecuados para guardar implementos de uso personal.
  - Los ambientes del edificio deben incluir un área para que el personal pueda ingerir alimentos.
  - Se debe disponer de instalaciones de almacenamiento separadas para: materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas.
  - Los espacios de trabajo entre el equipo y las paredes deben ser de por lo menos 50 centímetros. Y sin obstáculos de manera que permita a los empleados realizar sus deberes de limpieza en forma adecuada.
  - Todos los materiales de construcción de los edificios e instalaciones deben ser de tal naturaleza que no transmita ninguna sustancia no deseada al alimento. Las edificaciones deben ser de construcción sólida y mantenerse en buen estado.

En el área de producción no se permite la madera como material de construcción.

- Pisos
  - Los pisos deben ser de materiales impermeables, lavables y antideslizantes que no tengan efectos tóxicos para el uso al que se destinan; además deben estar contruidos de manera que faciliten su limpieza y desinfección.
  - Los pisos no deben tener grietas ni irregularidades en su superficie o uniones.
  - Las uniones entre los pisos y las paredes deben ser redondeadas para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de materiales que favorezcan la contaminación.
  - Los pisos deben tener desagües y una pendiente, que permitan la evacuación rápida del agua y evite la formación de charcos.
  - Según el caso, los pisos deben ser de materiales resistentes al deterioro por contacto con sustancias químicas y maquinaria.
  - Los pisos de las bodegas deben ser de material que soporte el peso de los materiales almacenados y el tránsito de los montacargas.

- Paredes
  - Las paredes exteriores pueden ser de concreto, ladrillo o bloque de concreto y de estructuras prefabricadas de varios materiales.
  - Las paredes interiores de las áreas de proceso deben ser construidas o revestidas con materiales impermeables, no absorbentes, lisos y fáciles de lavar y desinfectar, pintadas de colores claros y sin grietas.
  - Cuando amerite, las paredes deben estar recubiertas con material lavable hasta una altura mínima de 1,5 metros.
  - Las uniones entre una pared y otra, así como entre estas y los pisos, deben tener curvatura sanitaria.
- Techos: al utilizar cielos falsos deben ser lisos, sin uniones y fáciles de limpiar.
- Ventanas y puertas
  - Las ventanas deben ser fáciles de limpiar, deben evitar el paso de agua, plagas y acumulación de suciedad y de ser el caso deben estar provistas de malla contra insectos que sea fácil de desmontar y limpiar.
  - Los quicios de la ventana debe ser con declive y de un tamaño que evite la acumulación de polvo e impida su uso para almacenar objetos.

- Las puertas deben tener una superficie lisa y no absorbente y ser fáciles de limpiar y desinfectar.
- Las puertas que comuniquen al exterior del área de procesos, deben contar con protección para evitar el ingreso de plagas.
- Iluminación
  - Todo el establecimiento deberá estar iluminado con luz natural o artificial, de forma que sea posible la realización de las tareas y no comprometa la higiene de los alimentos.
  - Las lámparas y accesorios de luz artificial ubicados en el área de recepción de materia prima, almacenamiento, preparación y manejo de los alimentos, deben estar protegidas contra roturas.
  - La iluminación no debe alterar los colores.
  - Las instalaciones eléctricas en caso de ser exteriores deben estar recubiertas por tubos o caños aislantes, no permitiéndose cables colgantes sobre las zonas de procesamiento de alimentos.
- Ventilación
  - Debe existir una ventilación adecuada, que evite el calor excesivo, permita la circulación de aire suficiente y evite la condensación de vapores.

- Se debe contar con un sistema efectivo de extracción de vapores o humos cuando se requiera.
- La dirección de la corriente de aire no debe ir nunca de una zona contaminada a una limpia y las aberturas de ventilación estarán protegidas por mallas para evitar el ingreso de agentes contaminantes.
- Instalaciones sanitarias
  - Debe disponerse de un abastecimiento suficiente de agua potable.
  - El agua debe ajustarse a lo normado en cada país.
  - El agua utilizada en operaciones de limpieza y desinfección de equipos debe ser potable.

- Tubería

La tubería estará pintada según el código de colores y será de un tamaño y diseño adecuado e instalada y mantenida para que:

- Lleve a través de la planta la cantidad de agua suficiente para todas las áreas que se requieran.
- Transporte adecuadamente las aguas negras o servidas.

- Evite que las aguas negras constituyan una fuente de contaminación para los alimentos, agua, equipos, utensilios, o crear una condición insalubre.
  - Proveer un drenaje adecuado en los pisos de todas las áreas, donde están sujetos a inundaciones por la limpieza o donde las operaciones normales liberen o descarguen agua u otros desperdicios líquidos.
  - Las tuberías elevadas se colocarán de manera que no pasen sobre las líneas de procesamiento, salvo cuando se tomen las medidas para que no sean fuente de contaminación.
  - Prevenir que no exista un retro-flujo o conexión cruzada entre el sistema de tubería que descarga desechos líquidos y el agua potable que se provee a los alimentos durante la elaboración de estos.
- Drenajes
    - Debe tener sistemas e instalaciones adecuados de desagüe y eliminación de desechos. Estarán diseñados y construidos de forma que se evite el riesgo de contaminación de alimentos; además, deben contar con rejilla que impida el paso de roedores hacia la planta.

- Instalaciones sanitarias
  - Las instalaciones sanitarias deben estar limpias y en buen estado, separadas por sexo, con ventilación hacia el exterior, provistas de papel higiénico, jabón y dispositivos para secado de manos, basureros, separadas de la sección de proceso y poseerán como mínimo los siguientes equipos: inodoros, orinales, duchas, lavamanos.
  - Debe existir por lo menos un inodoro por cada veinte hombres o fracción de veinte y uno por cada quince mujeres o fracción de quince.
  - Debe existir por lo menos un orinal por cada veinte trabajadores o fracción de veinte.
  - Debe existir una ducha por cada veinticinco trabajadores, en los establecimientos que se requiera.
  - Debe existir un lavamanos por cada quince trabajadores o fracción de quince.
  - Las puertas no deben abrir directamente hacia el área de producción. Cuando la ubicación no lo permita, se deben tomar otras medidas que protejan contra la contaminación, tales como puertas dobles o sistemas de corriente positiva.

- Debe contarse con área de vestidores, separada del área de servicios sanitarios, tanto para hombres como para mujeres y estarán provistos de al menos un casillero por operario por turno.
- En el área de proceso, en la entrada de los trabajadores, deben existir instalaciones para lavarse las manos.
- El jabón de lavamanos debe ser líquido, antibacterial y estar colocado en su correspondiente dispensador.
- Los lavamanos deben proveerse toallas de papel o secadores de aire y rótulos que indiquen como lavarse las manos.
- Los lavamanos no deben accionarse manualmente y deben estar abastecidos de agua potable.

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

La metodología empleada consistió en realizar los balances de masa en la planta con el fin de determinar el volumen de producción. Luego con base al proceso de manufactura de zanahoria congelada se seleccionó el equipo adecuado al volumen previsto de producción y posteriormente se elaboró el *plant layout* con las características y dimensiones que requieren para su operación, así como también de los aspectos que la matriz de datos para el diseño proponga con base a la legislación alimentaria.

#### **3.1. Descripción general de la metodología**

Para la elaboración de la logística de operación, se realizaron tres etapas principales, primero lo relativo a los balances de masa de la línea del proceso lo que permitió dimensionar y especificar el equipo a utilizarse, el cual constituye la segunda etapa; en esta se consultó a través de proveedores respecto de los equipos necesarios con las características previamente definidas. Finalmente, se elaboró el *plant layout* de los equipos, este permitió dimensionar las instalaciones físicas requeridas para la operación de la planta.

##### **3.1.1. Elaboración de las hojas de balance de masa**

Con base a la metodología de Vildbrandt para la elaboración de la logística, se realizaron las hojas de los balances de masa las cuales se calculan usando el volumen de producción en el Huerto Fantasía.

Las hojas de balance de masa y energía son la suma de cálculos precedentes e involucran las materias primas, los subproductos y los productos finales.

En las hojas de balance de masa se determinaron las operaciones críticas involucradas y se definieron las capacidades que los equipos debían tener.

Con base a la tabla III, página 50, en el Huerto Fantasía se obtienen en promedio 2,5 cosechas anuales; cada cosecha rinde un promedio de 25 quintales; debido a que se desea procesar en tres días máximo la demanda por cosecha para evitar que el producto se arruine; se tiene el siguiente balance:

$$25 \frac{qq}{cuerda} \times 16 \text{ cuerdas} = \frac{400 qq}{3 \text{ dia}} * \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} * \frac{100 lb}{1 qq} * \frac{1 kg}{2,2 lb} = 252 \text{ kg/h} \quad (1)$$

Lo cual implica que la planta debe tener una capacidad de aproximadamente 250 kilogramos por hora y operará a esta capacidad al menos 3 veces por año.

### **3.1.2. Selección de equipos**

La selección de equipos se realizó mediante una búsqueda de equipo contactándose con los proveedores de equipo y con las especificaciones de los equipos, obtenidas de las hojas de balance de masa *flow sheets* desarrolladas como se explica en la sección 3.1. Así como del diagrama de flujo propuesto el cual se presenta en la figura 4, página 51.

### 3.1.3. Elaboración del *plant layout*

Para realizar el *plant layout*, la disposición de los equipos, se utilizó la información recabada de los diagramas de operación y mediante la matriz de datos, se engloba o sintetiza la legislación alimentaria que brinda especificaciones respecto del tipo y características de los diferentes aspectos de los edificios de la planta.

Así por ejemplo en el caso de pisos, la legislación indica que deben ser lavables, impermeables y no tóxicos. Estos factores inciden en el *plant layout* porque debe existir un sistema de drenajes que permita los lavados constantes del piso y además evite la acumulación del agua; etc.

Brevemente se menciona que en cuanto a *plant layout*, Vildbrandt expone que los aspectos que deben tomarse en cuenta en el diseño son la futura expansión, la distribución económica de servicios de agua, vapor, energía, etc. Los factores medioambientales, las consideraciones de seguridad y también los problemas relacionados con la disposición de los desechos entre otros.

En cuanto a estructuras, Vildbrandt propone que se considere la manera de distribuir los equipos y también menciona los principios de diseño que se enfocan en la altura, en la clasificación de techos y materiales de construcción, el diseño siguiendo el código anti-incendios y las paredes así como del suelo y la iluminación y finalmente el aire acondicionado.

También en la realización del estudio se involucraron las etapas del diseño. La visión macro, a través de la búsqueda de una solución general al problema definido, la manufactura de zanahorias.

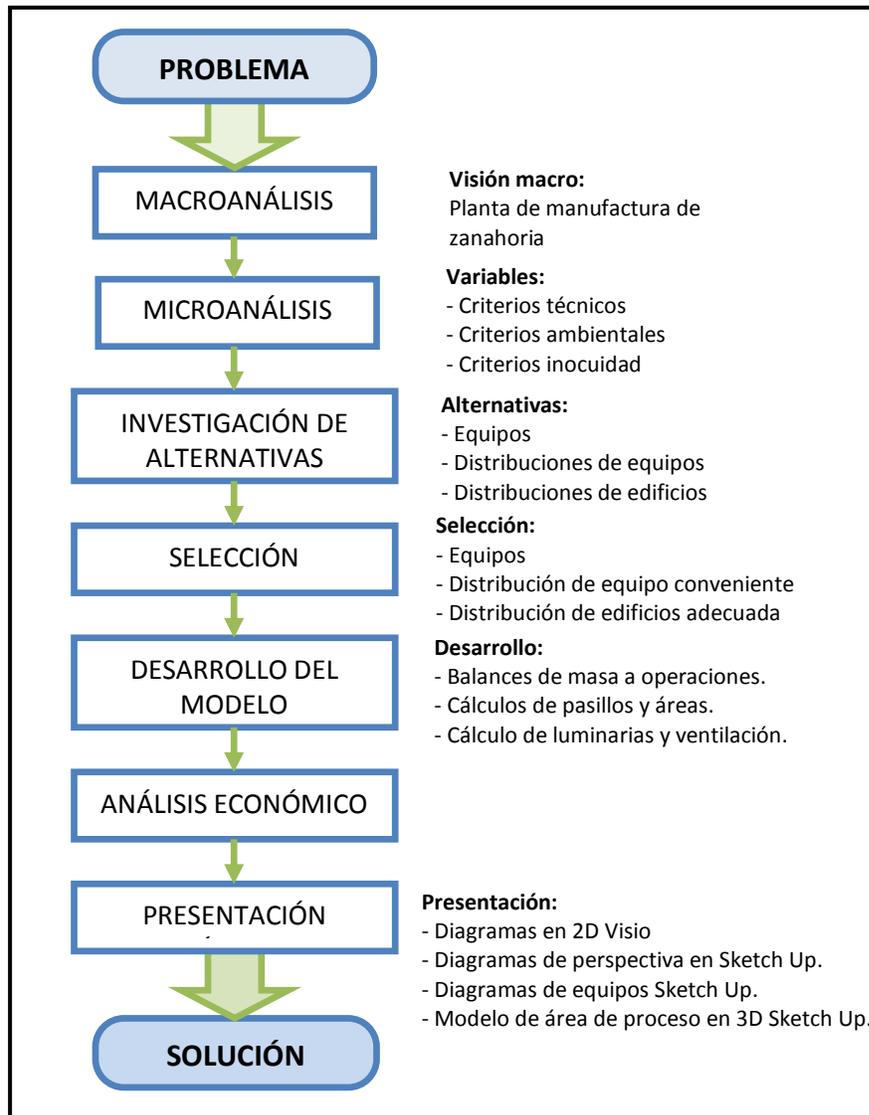
En el microanálisis, las tres variables de diseño identificadas son los aspectos técnicos como definición de espaciamientos, los aspectos ambientales y los aspectos de las normas de inocuidad de alimentos.

En la investigación de alternativas, se buscaron opciones de equipos y se descartaron varias, también se buscaron varias maneras de ubicar la planta y los equipos dentro de ella. La selección preliminar se llevó a cabo reduciendo el número de posibilidades de distribución y ubicación general de la planta. El desarrollo del modelo son los balances y cálculos involucrados para realizar el juego de diagramas y los datos que se muestran en la sección de resultados.

La etapa de análisis económico no se presenta en este estudio de investigación porque no es parte de sus alcances siendo la única etapa omitida pero que definitivamente fue tomada en cuenta durante la selección de equipos, finalmente la presentación técnica en la cual se construyeron varios modelos en 2D y uno en 3D utilizando el programa Sketch-Up.

El desarrollo metodológico del proyecto se basa en las siete etapas del diseño, a continuación se sintetiza mediante un diagrama de flujo en la figura 1, página 39, la relación entre los pasos seguidos para realizar la investigación y el modelo de las siete etapas del diseño.

Figura 1. **Etapas del diseño**



Fuente: elaboración propia.

## **3.2. Delimitación del campo de estudio**

La delimitación del campo de estudio se abordará desde la perspectiva del campo, área y línea de la investigación como se expone en los siguientes incisos.

### **3.2.1. Campo de investigación**

El estudio de investigación elegido se enmarca dentro del campo de la ciencia de los alimentos. Debido a que estudia mediante la ingeniería los fundamentos del procesamiento de los alimentos.

### **3.2.2. Área de investigación**

El área de investigación es la tecnología de los alimentos, debido a que esta ciencia se encarga de estudiar y garantizar la calidad microbiológica, física y química de los productos alimenticios en todas las partes del proceso de elaboración.

El estudio, aborda la calidad de un producto alimenticio, la zanahoria y se enfoca en el proceso de manufactura de la misma; por lo que en definitiva concuerda con el ámbito de estudio de la tecnología de alimentos.

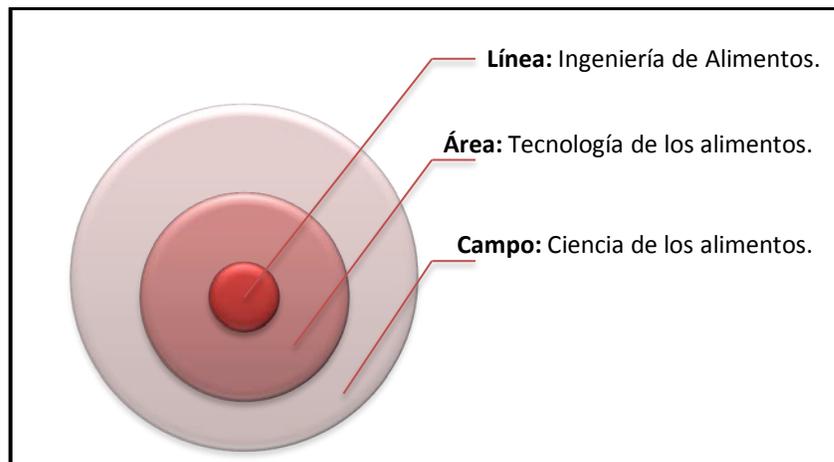
### **3.2.3. Línea de investigación**

La ingeniería de alimentos según Norman Potter, abarca conceptos de ingeniería y de operaciones aplicables al procesamiento de alimentos e incluye los siguientes principios: operaciones unitarias, la transferencia de calor, evaporación, secado, etc.

El proyecto se delimita por esta línea de investigación debido a que se trabajaron los procesos y las operaciones unitarias involucradas en la manufactura de la zanahoria.

El campo de investigación, el área de investigación y la línea de investigación en la que se desarrolla el estudio de graduación se esquematiza a continuación. Ver figura 2.

Figura 2. **Campo de estudio, área, línea y proyecto de investigación**



Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Recursos humanos disponibles

Los recursos humanos de los que se dispuso en la investigación son los profesionales listados en la tabla II.

Tabla II. **Tabla de recursos humanos disponibles**

Asesor	Ing. Orlando Posadas
Consultor especialista	Licda. Ana Rodas
Tesista	Br. Edgar Daniel Martínez
Colaboradores	Jefe C. Calidad cuatro pinos.

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Recursos materiales disponibles

A continuación se enlistan los recursos físicos y de software que fueron necesarios para la realización del estudio de graduación.

- Físicos
  - Textos
  - Documentos de especificaciones de equipos
  - Cámara digital
  - Computadora
  - Conexión a internet
  - Planos del terreno, planos del fabricante de equipos

- Software

- Sketch-up
- Microsoft Word 2007
- Microsoft Vicio 2007
- Acrobat Reader
- AutoCad
- Microsoft Excell 2007
- Microsoft Power Point 2007
- Internet Explorer

### **3.5. Técnica cualitativa**

Para la ejecución de la presente investigación se empleó el método deductivo y comparativo. El método deductivo permitió aplicar los principios generales contenidos en la legislación alimentaria (Codex y FSA), BPM's, al caso particular de la planta de manufactura de zanahoria congelada. A través del método comparativo, se estudiaron las similitudes y divergencias que existen entre una planta de manufactura de zanahorias en Sacatepéquez con el propuesto para la planta en Cantel Quetzaltenango.

En lo referente a las técnicas de investigación se empleó el estudio documental bibliográfico; la técnica de observación y registro debido a que se realizaron visitas técnicas a las plantas y se documentaron las apreciaciones de las mismas así como la entrevista a profesionales especialistas.

### **3.6. Recolección y ordenamiento de la información**

Las técnicas de recopilación de información fueron la observación, la entrevista y el análisis de contenido.

### **3.6.1. Observación**

La observación permitió acumular y sistematizar la información obtenida de las visitas técnicas a las plantas manufactureras de mini-vegetales. La técnica fue aplicada de la siguiente manera.

- a) Identificación del proceso de estudio, manufactura de vegetales.
- b) Visita técnica a planta de manufactura de vegetales.
- c) Registros de lo observado en la visita.

### **3.6.2. Entrevista**

Se llevó a cabo esta técnica con personas involucradas en el diseño y manejo de las plantas manufactureras de vegetales, tal es el caso de diseñadores de plantas, jefes de control de calidad de la planta, auditores de calidad, entre otros.

### **3.6.3. Análisis de contenido**

A través de esta técnica se redujo y sistematizó la información acumulada en la legislación alimentaria a los aspectos de interés para el estudio; los pasos para aplicar la técnica fueron los siguientes:

- a) Identificación de la fuente de datos, verificando su confiabilidad y relevancia respecto del tema de investigación.
- b) Elaboración de la hoja de codificación para las unidades de análisis.

- c) Codificar la información concentrada en la fuente de datos y registrarlos en la hoja de código para cada unidad de análisis.
- d) Sistematización o consolidación de datos.
- e) Instrumentos de recolección y ordenamiento de la información.

### **3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información**

Las etapas previstas para el manejo de la información fueron cuatro etapas; la clasificación, crítica, codificación y matriz de datos.

La clasificación de datos consistió en agrupar los datos recopilados mediante las técnicas de observación, análisis documental, entrevista. Los datos se clasificaron en tres grupos principales; proceso, equipo e instalaciones físicas.

Por otra parte, por crítica se denominó a la etapa del manejo de información en la cual se estudiaron los datos recopilados, y se evaluaron lagunas de información, incongruencias, respuestas incomprensibles o fallas que se den durante el empleo de las técnicas de recopilación de información.

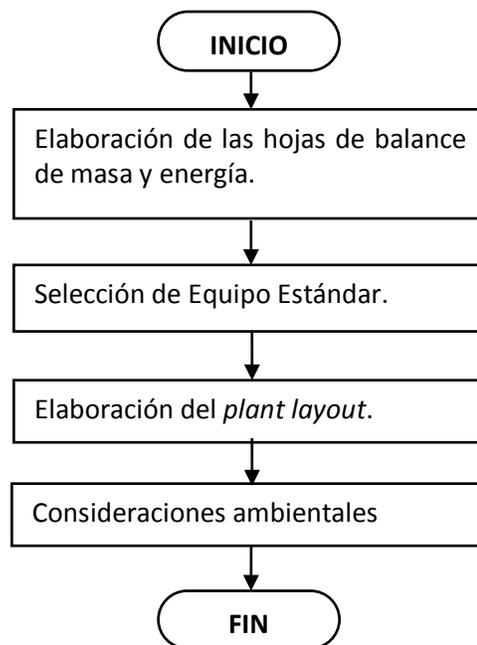
Posteriormente se procedió a la etapa de codificación y clasificación específica de la información; esta etapa consistió en ordenar los datos bajo rubros contenidos dentro de los conjuntos principales (proceso, equipo e infraestructura). También se asignó un código a cada aspecto específico, el cual lo identificó y lo vinculó a los datos obtenidos sobre él.

Luego, con base a los pasos anteriores se generó la matriz de datos que agrupó los datos obtenidos bajo los tres principales grupos y les asignará un código que los identificó.

### 3.8. Plan de análisis de los resultados

En esta sección del estudio, se realizaron las operaciones necesarias para responder a los objetivos planteados; el esquema de trabajo se situó en tres aspectos principales; la elaboración de las hojas de balance de masa para la planta, la selección de equipos y finalmente la elaboración del *plant layout*, y de las consideraciones ambientales, esto se representa a continuación en un diagrama de flujo. Ver figura 3.

Figura 3. Plan de análisis de los resultados



Fuente: elaboración propia.

### **3.8.1. Programas a utilizar para análisis de datos**

El análisis de datos se llevó a cabo en un procesador de textos, Microsoft Word 2007, los cálculos y tablas se trabajaron en Microsoft Excell 2007. También fue necesario el uso de Adobe Acrobat Reader debido a que gran parte de la legislación alimentaria se encuentra en este formato.

Finalmente, para la presentación de resultados, se utilizaron los siguientes programas: el diagrama del proceso se realizó en Microsoft Visio 2007; para el diseño 2D de la planta y línea de equipos así como para realizar los modelos en 3D se utilizó el programa Sketch Up.



## **4. RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada. Para este fin se dividió en tres secciones principales: en la primera se abordan los aspectos de la logística del proceso; balances de masa, diagrama de flujo y diagramas de operación; la siguiente sección lista los equipos con sus especificaciones principales para su operación y finalmente en la tercera sección se presenta el *plant layout*, la distribución de equipos en la planta y distribución general de los edificios así como las características que deben cumplir los mismos.

### **4.1. Proceso de manufactura de zanahorias congelada**

El proceso de manufactura de zanahoria congelada será abordado desde tres perspectivas, el balance de masa, el diagrama de flujo, el diagrama de recorrido y relaciones.

#### **4.1.1. Balance de masa**

La línea de proceso se diseñó con base a la producción cosechada de zanahorias en el huerto; la cual según datos proporcionados por el huerto mostrado en la tabla III, página 50, depende de la región y oscila en 20 quintales por cuerda cultivada para la región 1 y 24 quintales por cuerda cultivada para la región 2.

Tabla III. **Producción de zanahorias por región en el Huerto Fantasía**

Región	Total por cosecha (lb)
1	28 000
2	33 600
<b>Total</b>	<b>61 600</b>

Fuente: Huerto Fantasía, 2011.

La tabla III, se construyó a partir del promedio de producción anual para el 2011, por datos brindados por el Huerto. La cantidad de producción para cada región se calculó de la siguiente forma:

$$\frac{20 q}{1 cuerda} * \frac{14 cuerdas}{1} * \frac{1\ 000 lb}{1 q} = 28\ 000 lb \text{ (Región 1)} \quad (1)$$

$$\frac{24 q}{1 cuerda} * \frac{14 cuerdas}{1} * \frac{1\ 000 lb}{1 q} = 33\ 600 lb \text{ (Región 2)}$$

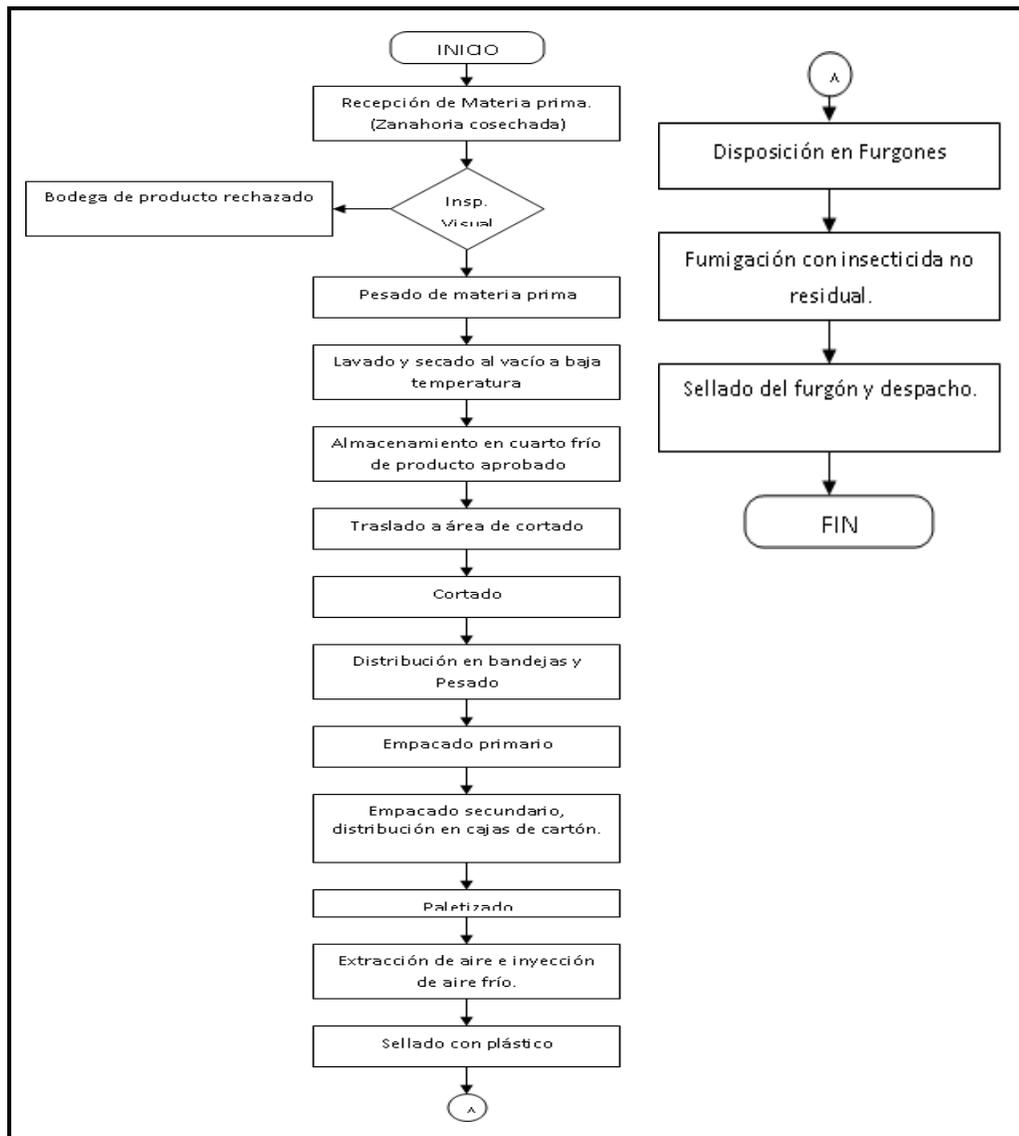
Según indicaciones recibidas por la encargada del proceso, el producto cosechado debe ser procesado en un tiempo de 3 a 5 días, por lo que la planta debe ser capaz de procesar el total de la cantidad cosechada en un mínimo de tres días.

Al considerar dos jornadas mixtas de 7 horas cada una, se obtienen 6 horas efectivas de trabajo por jornada por lo que para determinar la capacidad de la planta, se consideró el total cosechado y se programó para procesarlo por completo en tres días con dos jornadas mixtas de 7 horas con un total de 12 horas efectivas al día. Los factores de conversión se tomaron de Perry's Chemical Engineers' Handbook.

$$\frac{61600 lb}{1} * \frac{0,45359 kg}{1 lb} * \frac{1}{3 dias} * \frac{1 dia}{12 h} = 776 kg/h \quad (2)$$

El proceso propuesto para la manufactura de zanahorias comprende trece etapas u operaciones principales, ver figura 4; para las cuales se realizaron los balances de masa que se presentan en la siguiente sección.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio 2007.

Con el objetivo de realizar una organización sistemática del balance material para un proceso de este tipo, las operaciones clave fueron codificadas mediante una letra. La letra “T” en el código significa transporte, “R” se refiere a las operaciones con la materia prima antes de ser lavada, la letra “Q” se refiere a las operaciones anteriores al empaque, la letra “F” se adjudicó a las operaciones finales de empaque del producto.

Los cálculos del balance material se realizaron con base a la información brindada durante la etapa de cosecha en el Huerto y operación de una planta procesadora de mini-vegetales.

Utilizando el diagrama de flujo de la figura 4, página 51, se realizaron balances de masa para cada operación involucrada en el proceso de manufactura de la zanahoria; los cuales se presentan a continuación.

a) Recepción de cosecha (R-1)

La cosecha de zanahorias se recibe y se almacena mientras se realiza una inspección visual y se toman muestras para el laboratorio. El día de la cosecha se recibe el total de las dos regiones cultivadas y el total asciende a 61 600 libras ó 27 941 kilogramos.

b) Revisión de cosecha (R-2)

La etapa de revisión, consiste en una inspección visual de la cosecha y de toma de muestras para el laboratorio, donde se autoriza o rechaza el lote. Según los datos brindados por la encargada del proceso el 2011, el 20 por ciento de la cosecha fue rechazada. Por lo que se tiene para el balance de masa:

$$\text{Cosecha Aprobada} = 27\,941 * 0,8 = 22\,353 \text{ kg} \quad (3)$$

$$\text{Cosecha Reprobada} = 27\,941 * 0,2 = 5\,588 \text{ kg} \quad (4)$$

$$\text{Total Cosecha} = 22\,353 + 5\,588 = 27\,941 \text{ kg} \quad (5)$$

c) Pesado de cosecha (R-4)

En esta etapa se pesa cada lote de cosecha aprobada, en este momento la zanahoria se apila en canastas sobre una tarima. Tomando una base de cálculo de 100 kilogramos por hora en la alimentación se tiene:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (3)$$

$$\text{Cosecha Aprobada} = \text{Cosecha Aprobada} \quad (6)$$

$$100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (7)$$

d) Lavado de materia prima (Q-1)

Se utiliza una base de cálculo de 100 kilogramos por hora en la alimentación de zanahorias para lavado, se tiene en la entrada de la operación de lavado 100 kilogramos por hora de zanahorias sin lavar y 100 kilogramos por hora de agua para lavado, según las indicaciones de la lavadora de vegetales, datos obtenidos directamente del proveedor de la lavadora de burbujas.

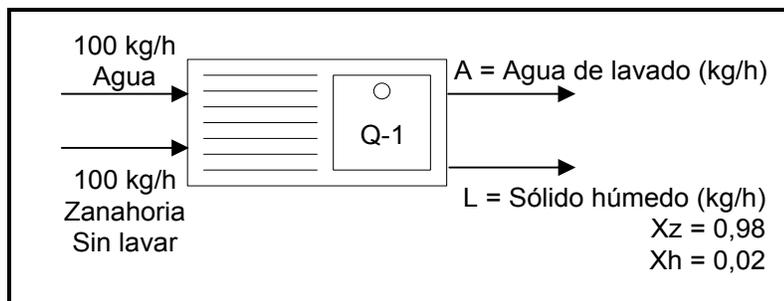
Se tienen dos componentes; el agua por un lado y las zanahorias por el otro. Para el balance del componente agua, se tiene que en el caso particular del lavado, donde no existe acumulación ni generación, la ecuación general de masa da:

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (3)$$

$$100 \text{ kg/h} = \text{Agua de lavado} + \text{Agua en superficie de zanahorias} \quad (8)$$

Según los datos del proceso, aproximadamente el 2 por ciento en peso de agua es retenido por las zanahorias como humedad superficial. En la figura 5, se representa el balance de masa descrito.

Figura 5. Lavado de zanahorias



Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio 2007.

Balance de masa para el componente zanahorias:

$$100 \text{ kg/h} = 0,98 L \quad (9)$$

$$(100 \text{ kg/h}) / (0,98) = L \quad (10)$$

$$102,04 \text{ kg/h} = L \quad (11)$$

Balance de masa para el componente agua:

$$100 \text{ kg/h} = A + 0,02 L \quad (12)$$

$$100 \text{ kg/h} = A + 0,02 (102,04 \text{ kg/h}) \quad (13)$$

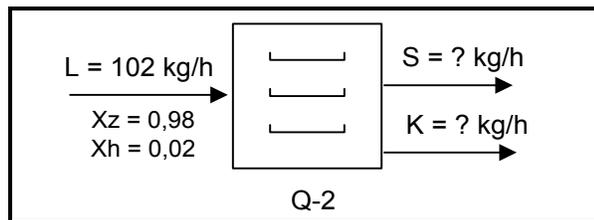
$$(100 \text{ kg/h}) / (0,02 (102,04 \text{ kg/h})) = A \quad (14)$$

$$97,96 \text{ kg/h} = A \quad (15)$$

e) Secado al vacío (Q-2)

El secado de zanahorias se realiza en un liofilizador, el cual trabaja a presiones de hasta 3 pascales negativos; con el objetivo de remover el exceso de humedad y remover el exceso de humedad a una temperatura baja y de esta forma no perjudicar las características nutricionales y organolépticas de las zanahorias. En la figura 6, se representa el balance de masa descrito. La rama L, representa la cantidad de sólido húmedo, la rama S, representa la cantidad de sólido seco y la rama K, el agua removida durante el secado.

Figura 6. **Secado de zanahorias**



Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio 2007.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (3)$$

$$102 \text{ kg/h} = S + K \quad (16)$$

Balance de masa para el componente zanahorias:

$$0,98 \left( 102 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right) = S \quad (17)$$

$$100 \text{ kg/h} = S \quad (18)$$

Balance de masa para el componente agua:

$$0,02 \left( 102 \frac{kg}{h} \right) = K \quad (19)$$

$$2 \frac{kg}{h} = K \quad (20)$$

f) Refrigeración (Q-3)

Esta operación consiste en almacenar las zanahorias lavadas y secadas en un cuarto frío, las zanahorias se reciben a una temperatura de 15 grados Celsius aproximadamente, en esta etapa su temperatura debe descender a 12 grados Celsius; temperatura a la cual serán trabajadas por el personal de cortado y empaclado. Se continúa utilizando una base de cálculo de 100 kilogramos por hora de zanahorias secas.

$$Entrada = Salida \quad (3)$$

$$100 \frac{kg}{h} = 100 \frac{kg}{h} \quad (21)$$

g) Cortado (Q-4)

Esta operación consiste en la remoción de raíces secundarias y algunas hojas, se realiza en mesas de trabajo a una temperatura de 12 grados Celsius; debido a que a esta temperatura según indicaciones de la encargada del proceso en la cooperativa agrícola, el personal sufre de menos enfermedades en las vías respiratorias. Se continúa utilizando una base de cálculo de 100 kilogramos por hora de zanahorias secas.

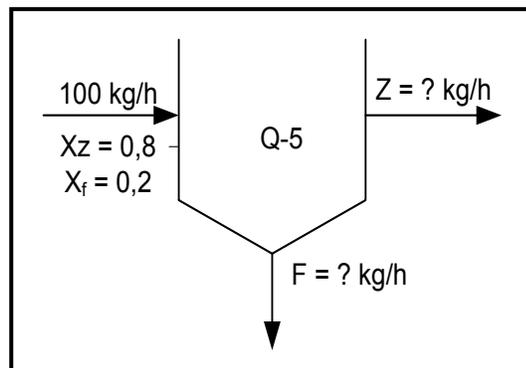
$$Entrada = Salida \quad (3)$$

$$100 \frac{kg}{h} = 100 \frac{kg}{h} \quad (22)$$

h) Clasificación (Q-5)

Esta operación consiste en separar las raíces secundarias y algunas hojas las cuales se utilizan para la venta de forraje y el producto, las zanahorias ya peladas se trasladan al área de pesado. Esta operación se realiza en mesas de trabajo a una temperatura de 12 grados Celsius. Las raíces secundarias y las hojas constituyen el 20 por ciento en peso de las zanahorias según indicaciones de la encargada del proceso. Se seguirá utilizando una base de cálculo de 100 kilogramos por hora para la alimentación. En la figura 7, se ejemplifica este balance.

Figura 7. Clasificación de zanahorias



Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio 2007.

$$\text{Entrada} = \text{Salida} \quad (3)$$

$$100 \text{ kg/h} = Z + F \quad (23)$$

Balance para el componente zanahorias peladas

$$Z = 0,8 * \left(100 \frac{\text{kg}}{\text{h}}\right) = 80 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (24)$$

Balance para el componente forraje

$$Z = 0,2 * \left(100 \frac{kg}{h}\right) = 20 \frac{kg}{h} \quad (24)$$

#### **4.1.2. Diagrama de flujo másico**

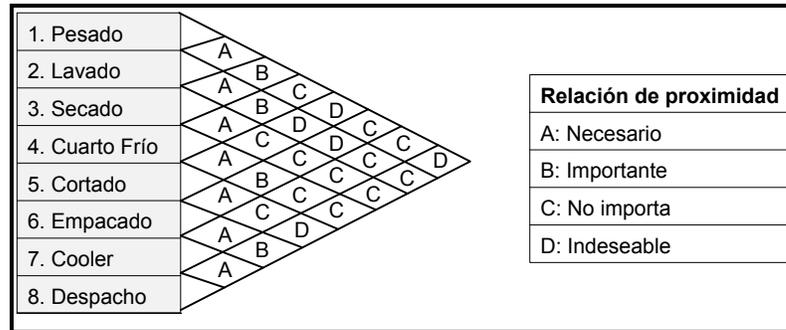
En el diagrama de flujo másico (ver apéndice, página 122), se presentan las diferentes operaciones que se involucran en el proceso de elaboración de zanahorias congeladas; basado en una planta de manufactura de mini-vegetales y considerando cada uno de los balances de masa presentados en la sección anterior.

#### **4.1.3. Diagrama de recorrido y de relaciones**

Con la información obtenida del diagrama de flujo, se preparó el diagrama de recorrido; el cual muestra el recorrido de la materia prima, en este caso de la cosecha a lo largo de las diferentes operaciones del proceso. También se especifica a través del mismo las funciones de los operarios y la localización propuesta de las máquinas.

Posteriormente se preparó una matriz en la cual se analizó la relación de proximidad entre las operaciones involucradas en el proceso. Existen algunas operaciones para las cuales se necesita estén cerca la una de la otra; sin embargo existen otras en las cuales de hecho su proximidad es indeseable debido a que pueden ocurrir casos como la contaminación cruzada o accidentes. El resultado de la matriz elaborada se presenta a continuación. Ver figura 8, página 59.

Figura 8. **Matriz de relaciones de operaciones**



Fuente: elaboración propia.

La matriz de operaciones es un instrumento utilizado para determinar un orden preliminar en cuanto a la distribución de los equipos en el espacio disponible para la planta. Marca las relaciones de proximidad entre operaciones desde la letra A hasta la D en orden decreciente de proximidad. De forma que los puntos donde dos operaciones se cruzan y se observa una letra A implica que ambas operaciones deben estar cercanas o seguidas la una de la otra. Sin embargo, en caso se encuentre la letra D, esto implicará que las operaciones no deben estar cerca o tener algún tipo de conexión entre sí.

Con los datos de la matriz de relaciones se implementó el diagrama de relaciones; el cual se utiliza para distribuir las operaciones de forma que las que necesitan estar cerca queden ubicadas próximamente la una de la otra; también se utiliza para aislar a las operaciones que no deben estar próximas.

Para definir el espacio que ocupa cada operación se utilizaron criterios de espaciamento del manual de Konz (1992) y se sintetizaron mediante la tabla IV mostrada a continuación, página 60. Los tamaños de equipos fueron extraídos

de los datos brindados por el proveedor de cada uno de ellos los cuales se presentan en la sección 4.2.

Tabla IV. **Tabla de superficie ocupada por operación**

IDENTIFICACIÓN		SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )								NECESIDADES					Anotaciones
NO.	DENOMINACIÓN	Area equipo	Mantenimiento	Producción	Materia Prima	Operarios	Pasillos	Extracción Desechos	Superficie Parcial	Electricidad	Agua	Desague	Extracción Desechos	Otros	
1	Pesado	0,3105	0,7155	1	1	0,27	1,648		4,944	x			x		
2	Lavado	4,5	2,6775	1	1	2,7	5,9388		17,816	x	x	x			
3	Secado	1,4	1,2825	1	1	0,84	2,7613		8,2838	x		x			
4	Cuarto Frío	48	6,5025			1,2	27,851		83,554	x					
5	Cortado	1,602	1,413	1	1	1,08	3,0475	1	81,14	x		x	x		
6	Empacado	2,99	1,8225	1	1	1,38	6,554	0,5	60,986	x			x		
7	Cooler	32	5,6025			1,2	31,042		69,845	x					
8	Despacho	47,78		2			39,824		89,604	x					
		Equipo	Proceso			Otros		<b>Total</b>							
		158,60	20,67			120,17		<b>416,17</b>							

Fuente: elaboración propia.

Una muestra del cálculo de superficie para el área de la operación de pesado se muestra a continuación, los resultados se expresan en m<sup>2</sup>:

$$Area\ equipo = (0,69 * 0,45) = 0,3105 \quad (25)$$

$$Mantenimiento = 0,45^2 + 0,45 * 0,69 + 0,45 * 0,45 = 0,7155 \quad (26)$$

El criterio para el cálculo de la superficie de mantenimiento de equipo indica que se debe dejar por lo menos 0,45 metros extra por dimensión del equipo.

Se dejó 1 metro cuadrado tanto en producción como en materia prima debido a que existe un espacio en el cual se coloca la tarima sobre la que se deposita el producto o la materia prima con la que se trabaja. En el caso del

pesado; las zanahorias a ser pesadas y en el caso del producto, las zanahorias ya pesadas.

El criterio de espaciamiento para el espacio ocupado por operario indica que debe dejarse 0,6 metros por la dimensión de la máquina en donde se mueve el operador. Para el caso del pesado se tiene:

$$\text{Operario} = 0,6 * 0,45 = 0,27 \quad (27)$$

$$\text{Pasillos} = 0,5 * (0,31 + 0,71 + 1 + 1 + 0,27) = 1,648 \quad (28)$$

El criterio utilizado en el cálculo de pasillos indica que el área para pasillos es igual a la multiplicación del total de la superficie por equipo por un factor de 0,3 a 0,8 en caso de paso de montacargas. Para la operación de pesado solamente se utilizará un *pallet jack* de manera que se tomó 0,5.

Finalmente mediante el uso de la tabla de datos para el espacio entre operaciones, ver tabla IV, página 60, se construyó un *plant layout* preliminar, el cual utiliza la información del diagrama de relaciones y que se presenta en el apéndice, página 122.

#### **4.2. Descripción de las especificaciones principales del equipo involucrado en el proceso**

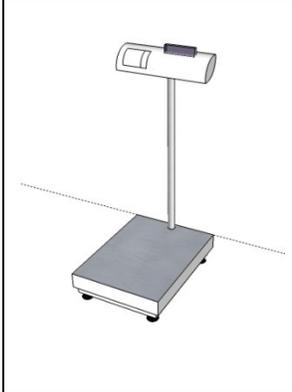
El equipo involucrado en la manufactura fue caracterizado con base a los requerimientos del proceso, a los balances de masa realizados en la sección 4.1 con el objetivo de evitar posibles cuellos de botella en las operaciones críticas.

Se consultó dos tipos de proveedores de equipo, Direct Industry, Alibaba, Global Industrial, Logismarket. Quienes brindaron información de los equipos mediante hojas de especificación. Con esta información se fueron diseñando y dimensionando cada uno de los mismos mediante el uso del programa Sketch-Up que permitió ir representando cada equipo en tres dimensiones e irlos ubicando en el conjunto para que mediante el uso del diagrama de recorrido y el diagrama de relaciones se pudieran localizar en el sitio apropiado y de esta manera generar el *plant layout*.

A continuación, en las tablas V a XII, páginas 62 a 66, se listan las especificaciones principales de cada equipo involucrado; con base a las especificaciones brindadas por los proveedores de equipo y en conjunto con las imágenes se diseñó un modelo en 3D que se presenta para cada uno de los equipos.

a) Pesa Industrial

Tabla V. **Especificaciones técnicas: pesa industrial**

	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Energía	AC/DC (Pilas)
	Capacidad	30 a 100 kg
	Precisión	1g/10g/20g
	Tamaño	690 x 450 x 1 600 mm

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.alibaba.com>.

Consulta: 28 de mayo de 2012.

b) Lavadora de vegetales

Tabla VI. **Especificaciones técnicas: lavadora de vegetales**

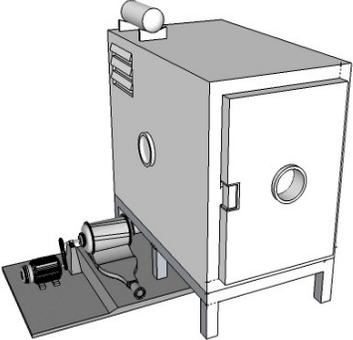
	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Energía	5,2 Kw / 220 V / 60 Hz
	Capacidad	700 kg/h
	Consumo de agua	0,6 m <sup>3</sup> /h
	Material	Acero Inoxidable
	Peso	1 000 kg
	Tamaño	4 500 x 1 000 x 1 200 mm

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.alibaba.com>.

Consulta: 25 de mayo de 2012.

c) Secadora de vegetales

Tabla VII. **Especificaciones técnicas: secadora de vegetales al vacío**

	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Dimensiones	1 400 x 1 000 x 2 000 mm
	Energía	6,5 kw / 240 v / 60 Hz
	Material	Acero inoxidable
	Capacidad de enfriamiento (agua)	1 000 Kg/h
	Capacidad de condensación	8 Kg
	Presión de vacío Máximo	1 Pa
	Temperatura de operación	5 a 28 °C
	Peso	1150 Kg

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.alibaba.com>.

Consulta: 28 de mayo de 2012.

d) Mesa de trabajo

Tabla VIII. **Especificaciones técnicas: mesa de trabajo**

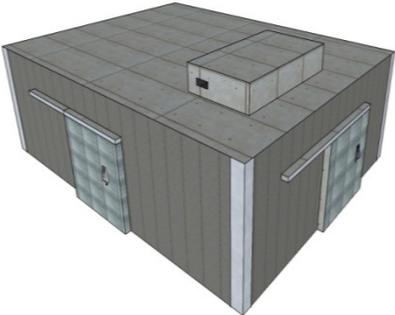
	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Material	Acero Inoxidable
	Largo de patas	890 mm ajustable
	Tamaño	1 800 x 890 x 760 mm

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.alibaba.com>.

Consulta: 28 de mayo de 2012.

e) Cuarto Frío

Tabla IX. **Especificaciones técnicas: cuarto frio**

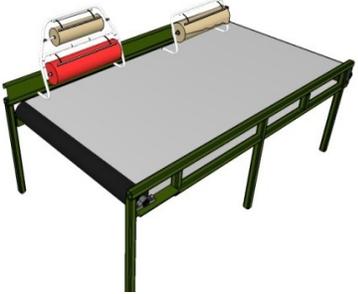
	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Energía	4 Kw / 220 V / 60 Hz
	Capacidad	8 750 Kg (35 pallets)
	Material	Recubrimiento plástico / Laminas metálicas
	Tamaño	8 000 x 6 000 x 2 300 mm

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.alibaba.com>.

Consulta: 28 de mayo de 2012.

f) Estación de empaque

Tabla X. **Especificaciones técnicas: mesa de empaque**

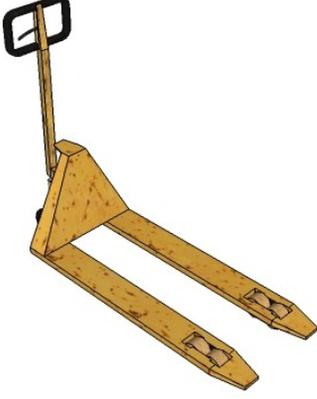
	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Energía	60 w / 120 V / 60 Hz
	Material	Acero
	Tamaño	1 300 x 2 300 mm
	Altura ajustable	690 a 960 mm

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.directindustry.es>.

Consulta: 28 de mayo de 2012.

g) Pallet Jack

Tabla XI. **Especificaciones técnicas: *pallet jack***

	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Largo	1 200 mm
	Ancho	685 mm
	Material	Acero / Poliuretano
	Capacidad	2 500 Kg
	Elevación	75 a 175 mm

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.globalindustrial.com>.

Consulta: 27 de mayo de 2012.

h) Montacargas

Tabla XII. **Especificaciones técnicas: montacargas**

	<b>Variable</b>	<b>Especificación</b>
	Energía	Batería recargable 36 V DC
	Capacidad Máxima	1 300 Kg
	Potencia	17,8 Kwh
	Radio de giro	1 400 mm
	Tamaño	1 025 x 1 725 x 1 995 mm
		2 100 a 6 000 mm (Extendido)

Fuente: elaboración propia, con base a: <http://www.logismarket.com.mx>.

Consulta: 26 de mayo de 2012.

#### 4.3. **Elaboración del *plant layout***

El *plant layout*, muestra la distribución física de los equipos requeridos por las diferentes operaciones a lo largo del proceso de manufactura. Utilizando los modelos en 3D de equipos con sus características presentadas en la sección 4.2 y los diferentes diagramas, partiendo del diagrama de flujo, diagrama de relaciones y de recorrido presentados en la sección 4.1, el *plant layout* se diseñó de forma que las distancias para la transferencia de materiales entre las operaciones del proceso reduzcan los costos y los riesgos; por esta razón se realizó un diagrama de recorrido y de relaciones.

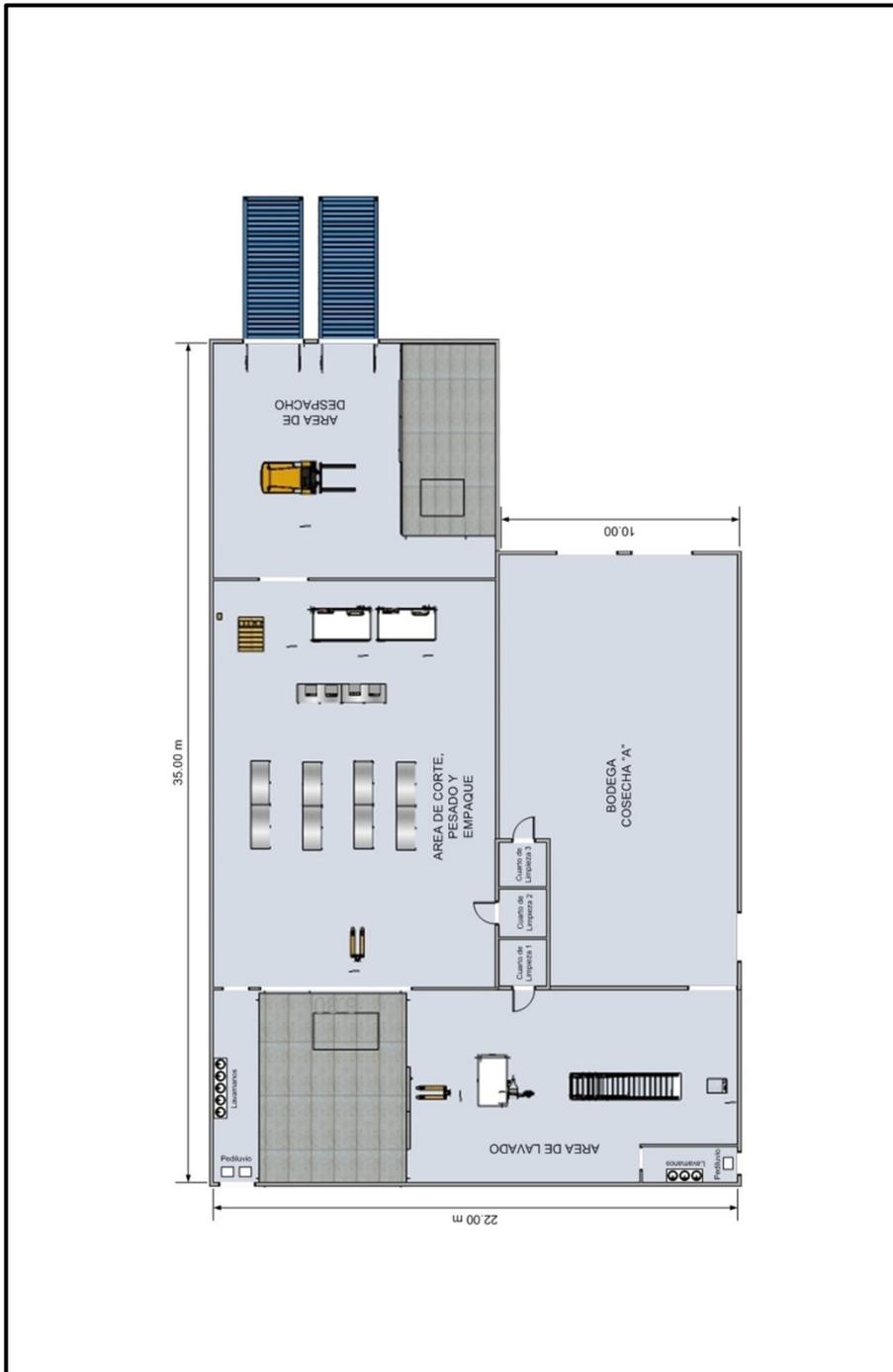
Por otra parte, también se tomó en cuenta la necesidad de condiciones de trabajo que faciliten la comodidad de los trabajadores para realizar su trabajo, por esta razón se realizó el diagrama de relaciones mostrando las áreas mínimas a utilizarse por cada operación y finalmente con la información

obtenida se planteó la distribución final del *plant layout*, la cual se presenta a continuación en figuras 9 y figura 10, páginas 68 y 69 respectivamente.

En las figuras 9 y 10, se muestra la distribución de las operaciones del proceso, se propuso una distribución de acuerdo al producto porque esta se orienta a la fabricación de un producto estándar ya que cada unidad producida demanda la misma secuencia de operaciones desde el principio hasta el fin.

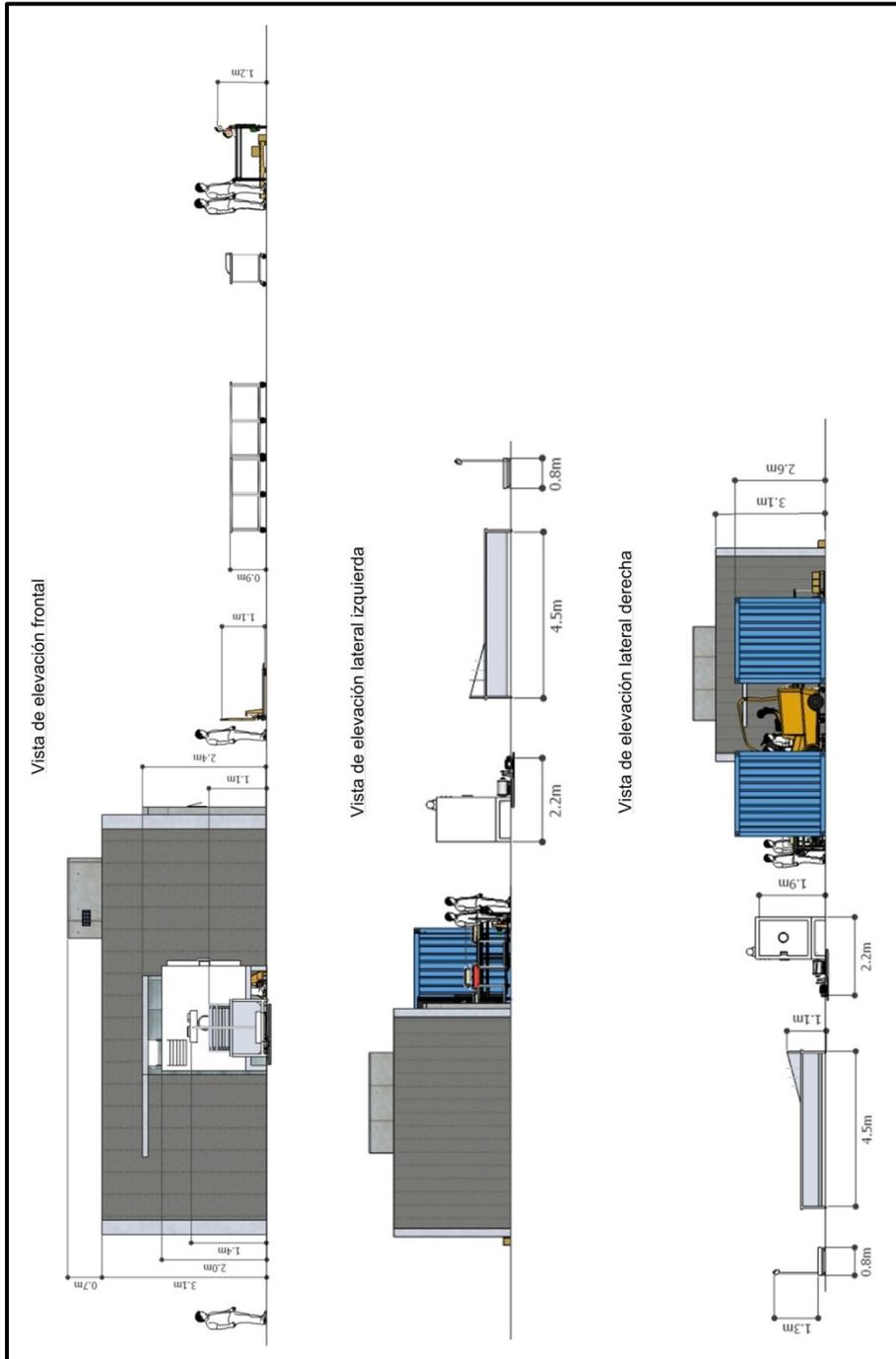
En la figura 11, página 70, se presenta las vistas en perspectiva de un punto del *plant layout*, con la finalidad de mostrar la distribución adoptada de los equipos en la línea del proceso.

Figura 9. **Plant layout, vista planta**



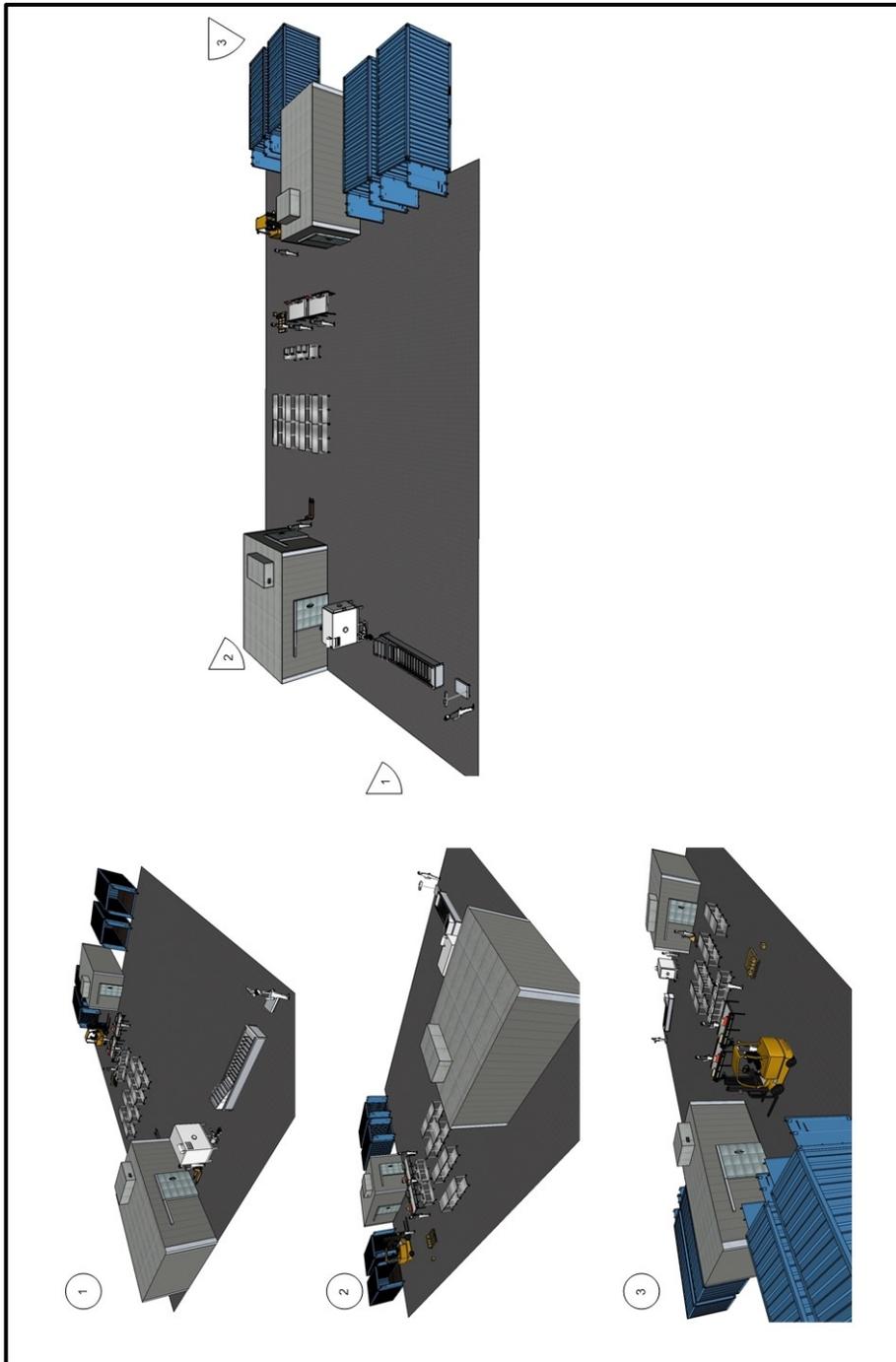
Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Visio 2007 y Sketch Up 7.1.

Figura 10. **Plant layout, vistas de elevación**



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Visio 2007 y Sketch Up 7.1.

Figura 11. *Plant layout, vistas en perspectiva*



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Visio 2007 y Sketch Up 7.1.

#### **4.3.1. Ubicación y distribución general de la planta**

El presente estudio fue definido para una localización dada, por lo tanto no se encuentra dentro de sus alcances el decidir el lugar macro donde se construirá la planta; esta se debe ubicar en el Huerto Fantasía, Cantel, Quetzaltenango el cual posee vías de acceso para transportar el producto, sistemas de riego y bodegas, disponibilidad de materia prima debido a que allí se cultiva e instalaciones eléctricas apropiadas a sus actuales demandas.

Sin embargo, dentro de los diferentes terrenos que el Huerto Fantasía posee, el sitio más apropiado para la ubicación de la planta fue seleccionado con base a tres criterios: las consideraciones de ubicación, requerimientos de códigos FSA y Codex así como los aspectos medioambientales ya tratados.

En primer lugar, un criterio de ubicación según William Baasel, es la dirección predominante del viento debido a que esto determinará la localización general de varias instalaciones. Todo equipo que pueda derramar material inflamable debe ser localizado viento abajo, de esta manera si ocurre un incendio, los vientos no regarán el fuego hacia la planta u otras instalaciones. Ver figura 12, página 72.

Por la misma razón las instalaciones que generalmente deben ser colocadas viento arriba son las oficinas, laboratorios, cafetería, estación de electricidad y vestidores, bodegas con materiales no explosivos o inflamables, parqueos, plantas de tratamiento de agua etc. Donde generalmente hay más concentración de personal que debe ser protegido.

Y las instalaciones que deben ser colocadas viento abajo son las bodegas con productos tóxicos e inflamables, edificios de planta de proceso, bodegas de materia prima y producto terminado si estos son combustibles.

Figura 12. **Viento arriba y viento abajo**



Fuente: elaboración propia.

Utilizando este criterio, se determinó utilizar la distribución mostrada en la figura 13, página 73. En esta se observa que la dirección del viento predominante es de norte a sur. Razón por la cual el comedor, las oficinas, las instalaciones del proceso fueron colocadas viento arriba; por otra parte, las bodegas se colocaron viento abajo.



El segundo criterio de ubicación utilizado fueron las líneas establecidas por las normas de la FSA y el Codex; para esto se utilizaron las matrices de datos presentadas con anterioridad, cada aspecto en estas matrices fue identificado con un código el cual especifica un aspecto en materia de ubicación en la figura 13, página 73.

Por ejemplo, la flecha con código I-CDX04, se refiere por las iniciales “CDX” a una disposición del Codex, al buscar este código en el apéndice, página 119, se encontrará que se refiere a vías de acceso, y que este punto establece que se deben contar con patios de maniobra pavimentados a fin de evitar la contaminación; por esta razón aparece sombreada en gris el área de la planta que debe estar pavimentada.

Finalmente, el tercer criterio utilizado en la ubicación y distribución de la planta fueron las consideraciones ambientales utilizando el instrumento de gestión ambiental para agroexportadoras del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. En el apartado 2.3 se describe en detalle las causas de cada impacto ambiental y también se describen las medidas sugeridas para contrarrestarlo. A continuación se nombra el impacto y se describen las medidas adoptadas.

En cuanto a la planificación y establecimiento de la planta. Las medidas tomadas para contrarrestar la afectación de cobertura vegetal, comunidades faunísticas y cambios en el suelo fueron: en primer lugar se descartaron las áreas con pendientes excesivas propensas a erosión, se planea construir sobre una zona en la cual no se encuentran asentamientos humanos y la ubicación actual propuesta de la planta se encuentra a más de 1 kilómetro de distancia del nacimiento de agua local. Ver tabla XVI, página 96, planificación y diseño de sitios para establecimiento de empacadoras de hortalizas.

En el punto de almacenamiento de sustancias agroquímicas, se diseñó una bodega separadas de las oficinas y asilada de viviendas así como se presenta en la figura 13, página 73, la ubicación de la bodega de agroquímicos dista 100 metros de la planta procesadora, con fácil acceso en caso de incendios. A continuación se presenta la bodega de agroquímicos con las especificaciones recomendadas en tabla XVIII, página 98, almacenamiento de sustancias agroquímicas.

El manejo de desechos orgánicos, se lleva acabo de dos manera en la planta, existe la bodega de forraje, que almacena las hojas y raíces secundarias de las zanahorias y que se emplearán como alimento de animales; por otra parte los desechos no orgánicos serán almacenados en los lugares dispuestos para esta materia y se subcontratará una empresa de recolección de basura. Ver tabla XIX, página 99, manejo de desechos.

En cuanto a alrededores de las instalaciones de la bodega de agroquímicos, ver figura 13, página 73, se diseñó una acera mayor a 50 centímetros de modo que no exista vegetación y suciedad como medida preventiva contra las plagas. Ver tabla XXII, página 102, control de plagas.

En materia de seguridad laboral, las medidas a tomar fueron la mecanización de la carga pesada, a través del uso de *pallet jacks* y de montacargas, las áreas climatizadas fueron fijadas a 12 grados Celsius para evitar enfermedades en el personal, además en la planta se diseñó un lugar para tomar los alimentos, vestidores y servicios sanitarios con agua potable. Finalmente la iluminación cumple con los requerimientos de las buenas prácticas de manufactura. Ver tabla XXIII, página 102, seguridad laboral.

Finalmente, el último aspecto a tratar es el manejo de aguas residuales de proceso. El impacto ambiental generado por el lavado de las hortalizas puede generar contaminación del suelo o fuentes de agua y decremento de su valor ambiental en términos agroecológicos; entre las medidas sugeridas, que se tomaron en cuenta se destacan: se evitó que el proceso de lavado y empaque se realizara a orillas de drenajes o canales a campo abierto. Se recomienda un sistema de drenajes de aguas domésticas separadas de las aguas del proceso y una etapa de tratamiento de aguas del proceso que se describe a continuación.

El esquema de tratamiento de los efluentes del proceso en una planta procesadora de vegetales consiste en la recolección del agua del proceso, mediante tubería apropiada y una caja recolectora; posteriormente se filtrará y se enviará al sistema sanitario en específico a los mingitorios y retretes. La figura 14 representa el diagrama de tratamiento de los efluentes.

Figura 14. **Esquema de tratamiento de los efluentes del proceso**



Fuente: elaboración propia.

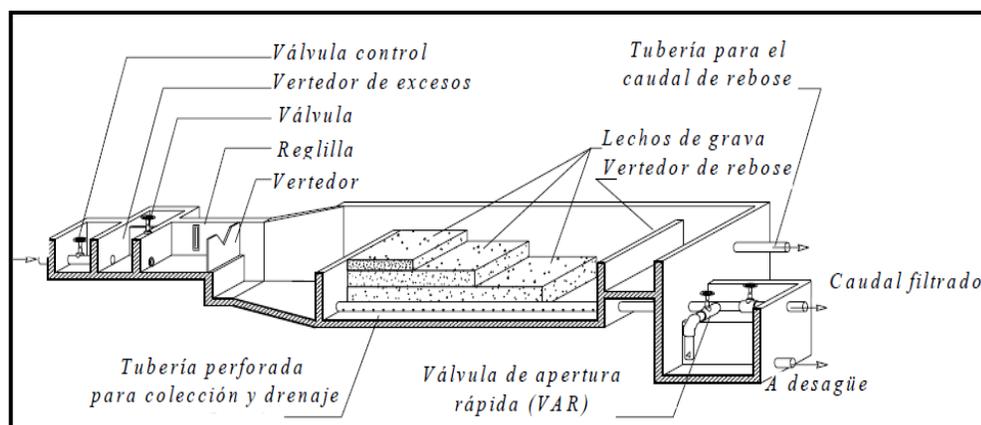
La tecnología de filtración en múltiples etapas (FIME) consiste en la combinación de procesos de filtración gruesa en grava, y filtros de arena;

conforme circula el agua, las partículas más pequeñas son eliminadas, hasta llegar al filtro de arena, el cual puede producir agua de baja turbiedad, libre de impureza suspendida y virtualmente libre de entero bacterias, entero-virus y quistes de protozoarios.

Se utilizó la Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas de la Organización Panamericana de Salud, el resultado es el filtro que se expone a continuación:

El esquema general del filtro se muestra en la figura 15. Todas las válvulas de control, son de compuerta de bronce, de diámetro 2 pulgadas, todas las tuberías a utilizar, incluyendo las perforadas, para la recolección del agua tratada son de diámetro 2 pulgadas de PVC de 100 psi blancas, los lechos de grava, son cuatro, dos filtrantes y dos de soporte, en medio de ellos, van las tuberías perforadas recolectoras del caudal tratado.

Figura 15. Esquema general del filtro



Fuente: Organización Panamericana de Salud. Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas p.7

Existen cuatro lechos, dos filtrantes y dos de soporte. En medio de los dos lechos, es decir entre los filtrantes y los de soporte, se ubica la red de tuberías recolectoras del agua tratada, unidas por cruces y tapones hembra. La tabla XIII presenta las especificaciones de cada lecho.

Tabla XIII. **Lecho filtrante y de soporte**

No.	Posición en la Unidad	Espesor de la capa	Tamaño de la grava
1.	Lecho superior filtrante	0,40 m	6,00 – 13,00 mm
2.	Lecho inferior filtrante	0,20 m	13,00 – 25,00 mm
3.	Lecho de soporte superior	0,15 m	5,00 – 10,00 mm
4.	Lecho de soporte inferior	0,15 m	10,00 – 25,00 mm

Fuente: GARCÍA, Anibal René. Diseño de un filtro dinámico.

Todas las cajas de válvulas y de transición, tendrán dimensiones de 0,60 metros de largo y pueden tener el ancho del filtro, que es de 0,35 metros, con alturas de 0,40 metros. El filtro tiene un largo de 3,50 metros, un ancho de 0,35 metros y una altura de 1,10 metros, son dos unidades paralelas, estas son dimensiones de la cámara filtrante principal.

La dimensión total del filtro será: longitud de la caja de control de flujo (0,60 metros) + longitud de vertedero de entrada (0,60 metros) + cámara de entrada (0,40 metros) + longitud de filtro (3,50 metros) + longitud de cámara de excesos (0,40 metros) + longitud de caja de válvulas de flujo y desfogue filtrado (0,60 metros). Esto es igual a 6,10 metros en total. La altura del filtro, está integrada de la siguiente manera:

- a) Borde libre: 0,20 m
- b) Altura de los dos lechos de soporte: 0,30 m = (0,15 m + 0,15 m)
- c) Altura de los dos lechos filtrantes: 0,60 m = (0,40 m + 0,20 m)

d) Altura total: 1,10 m = 0,2 m + 0,3 m + 0,6 m

En la tabla XIV, se presentan las bases consideradas para la elaboración del filtro de la planta.

Tabla XIV. **Bases para construcción del filtro**

No.	Ítem	Parámetro
1.	Periodo de diseño	12 años
2.	Periodo de operación	24 horas
3.	No. De unidades	2 unidades
4.	Caudal de diseño	Caudal de día máximo: 0.39 l/s
5.	Caudal medio diario	0,30 l/s
6.	Razón entre largo y ancho	5/1
7.	Velocidad de filtración	0,30 m/h

Fuente: GARCÍA, Aníbal René. Diseño de un filtro dinámico.

#### 4.3.2. Bodega del proceso

Las bodegas se diseñaron con base a la capacidad prevista y un margen de espacio vacío debido al tránsito y pasillos; dicho margen se tomó como 40 por ciento extra al área efectiva utilizada según criterio de espaciamiento del manual de Konz. La forma de dimensionar las bodegas se presenta a continuación.

Se presenta una muestra del cálculo para la bodega de almacenamiento de cosecha aprobada. Los datos se obtuvieron de los balances de masa presentados en la sección 4.1.1

$$\text{Cosecha a almacenar} = 22\ 353\ \text{kg} \quad (29)$$

La cosecha se almacena en canastas apiladas una encima de otra (ver figura 16) sobre una tarima o *pallet* con área de 1.2 metros cuadrados (*pallet* europeo). Para evitar que las zanahorias se dañen se aconseja almacenar entre 200 a 250 kilogramos por *pallet*.

Figura 16. **Almacenamiento de zanahorias**



Fuente: Cooperativa Agrícola, Santiago Sacatepéquez; 2007.

$$\text{Número de pallets} = \frac{\text{Cosecha}}{225 \text{ kg/pallet}} = \frac{22\,353 \text{ kg}}{225 \text{ kg/pallet}} = 99 \text{ pallets} \quad (30)$$

$$\text{Area efectiva} = \frac{\text{No.pallets}}{1,2 \text{ m}^2/\text{pallet}} = \frac{99 \text{ pallets}}{1,2 \text{ m}^2/\text{pallet}} = 119,2 \text{ m}^2 \quad (31)$$

El factor de 1,4 considera el área que debe existir por pasillos debido al paso de personal, equipo de carga y espacio de ventilación recomendado por el manual de Konz.

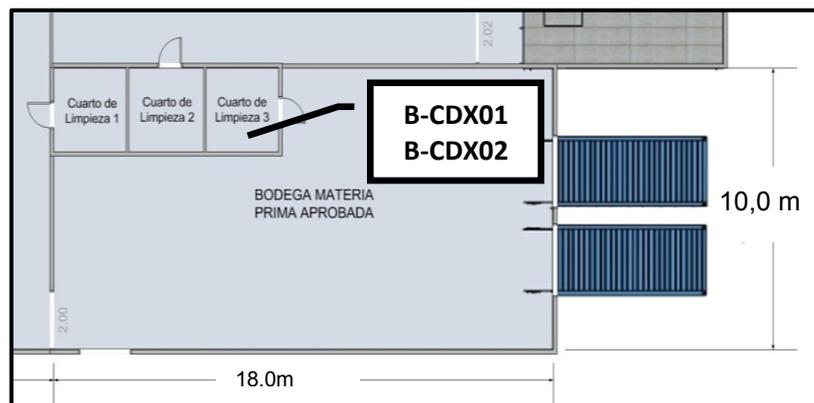
$$\text{Area en bodega} = \text{Area efectiva} * 1,4 = 119,2 \text{ m}^2 * 1,4 = 167 \text{ m}^2 \quad (32)$$

$$\text{Dimension bodega} = \text{Area bodega} + \text{SS limpieza} = 167 + 12 \approx 180 \text{ m}^2 \quad (33)$$

Al referirse a la figura 9, página 68, se observa que las dimensiones de la bodega son de 18 metros x 10 metros, es decir un área de 180 metros cuadrados, que resultó de los cálculos mostrados en las ecuaciones 15 a 18.

En la elaboración de las bodegas también se consideraron los aspectos de normas como FSA y Codex. Entre los aspectos destacados, se dispuso de instalaciones de almacenamiento separadas para materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas como la bodega de agroquímicos. Ver figura 17.

Figura 17. **Instalación bodega de cosecha aprobada**



Fuente: elaboración propia, con base a Microsoft Visio 2007 y Sketch Up 7.1.

#### 4.3.3. Cálculo de iluminación

La iluminación necesaria fue calculada con base al método de cavidad zonal, debido a que los cálculos de iluminación interior se encuentran uniformemente distribuidos sobre superficies horizontales. Cada área de la planta involucrada en el proceso, se ponderó en cuanto a dimensiones,

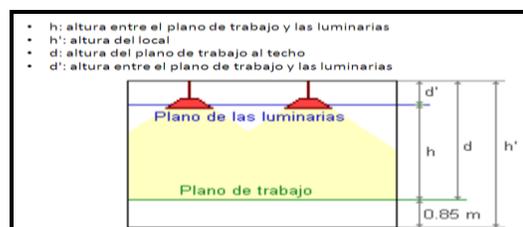
iluminación requerida para la tarea específica, coeficientes de reflexión en paredes, pisos y techo, factor de mantenimiento y tipo de luminarias utilizadas.

Las luminarias elegidas son del tipo fluorescente estándar de 40 vatios, con una temperatura de color de 3 500 grados Kelvin y 3 200 lúmenes. Cada lámpara varía entre 1, 2 ó 4 tubos dependiendo de la sección o área de proceso.

Se presenta en esta sección una muestra de cálculo para la iluminación del área de corte y empaque. El método utilizado para los cálculos fue el de cavidad zonal; para la elección del nivel de iluminancia recomendado, se utilizó la norma ISO 8995:2002. Así de esta forma, para operaciones de cortado y empaque se sugiere utilizar una iluminación de 300 lux.

Primero, se debe conocer las medidas de la sala o área de cortado, al referirse a la figura 9, página 68, se observa que las dimensiones son 17 x 12 metros, luego se determinó que las lámparas apropiadas serán del tipo fluorescente de 2 tubos por luminaria y con recubrimiento esto debido a que se busca que la iluminación no altere los colores y por otra parte deben estar cubiertas para proteger de contaminación física a los alimentos en caso exista alguna rotura.

Figura 18. **Variables de iluminación**



Fuente: elaboración propia.

La figura 18, página 82, muestra las variables a calcular por el método de cavidad zonal. A continuación se muestra como fueron calculadas.

$$h' = 3 \text{ m} \quad (34)$$

$$h = \frac{4}{5}(h' - 0,85) = \frac{4}{5}(3 - 0,85) = 1,72 \text{ m} \quad (35)$$

$$d = 0,85 + h = 0,85 + 1,72 = 2,57 \text{ m} \quad (36)$$

$$k = \frac{\text{Área}}{h(\text{ancho+largo})} = \frac{17*12}{1,72*(17+12)} = 4,089 \quad (37)$$

El factor de mantenimiento escogido fue de 0,8 debido a que este depende del grado de suciedad ambiental así como de la frecuencia de uso, para plantas de alimentos en las cuales se mantiene una limpieza periódica se asumió como limpio.

$$F_m = 0,8 \quad (38)$$

El factor de utilización requirió del valor de k, el cual fue de 4,0 así que su índice de local es "B". Ver tabla XV.

Tabla XV. Índice del local

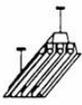
Índice del local	Relación de local
J	Menos de 0,7
I	0,70 a 0,89
H	0,90 a 1,11
G	1,12 a 1,37
F	1,38 a 1,74
E	1,75 a 2,24
D	2,25 a 2,74
C	2,75 a 3,49
B	3,50 a 4,49
A	Más de 4,50

Fuente: [http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3\\_12\\_2.htm](http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3_12_2.htm). Fecha de consulta: agosto 2012.

Por otra parte, la reflexión de paredes y techo blanco es de 50 y 75 por ciento respectivamente, así que al buscar con los datos de índice del local y las reflexiones para lámparas fluorescentes colgantes, se obtiene que el factor de utilización es: (ver figura 19)

$$F_u = 0,73 \quad (39)$$

Figura 19. **Factor de utilización**

Luminaria industrial abierta 	<b>Factor mant.</b> Bueno 0,68 Medio 0,58 Malo 0,50  <b>Distancia</b> Inferior a 1·h	J	0,38	0,32	0,28	0,37	0,32	0,28
		I	0,47	0,42	0,39	0,46	0,41	0,38
		H	0,51	0,47	0,44	0,50	0,47	0,43
		G	0,55	0,51	0,48	0,54	0,51	0,47
		F	0,58	0,54	0,51	0,57	0,53	0,51
		E	0,63	0,60	0,57	0,62	0,59	0,56
		D	0,68	0,64	0,61	0,66	0,64	0,61
		C	0,70	0,67	0,63	0,68	0,65	0,63
		B	0,73	0,70	0,68	0,71	0,68	0,67
		A	0,74	0,72	0,70	0,72	0,70	0,68

Fuente: [http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3\\_12\\_2.htm](http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3_12_2.htm). Fecha de consulta: agosto 2012.

El flujo luminoso total y las luminarias para el área de cortado, se calcularon con los datos obtenidos arriba, de la siguiente forma:

$$F_t = \frac{E \cdot S}{F_u \cdot F_m} = \frac{300 \cdot 204}{0,73 \cdot 0,8} = 104\,794,5 \quad (40)$$

Donde:

E = Iluminancia media requerida

S = Área del plano de trabajo

$$N = \frac{Ft}{n * Fl} = \frac{104\,794.5}{2 * 3\,200} = 16,7 \quad (41)$$

Donde:

N = Número de luminarias

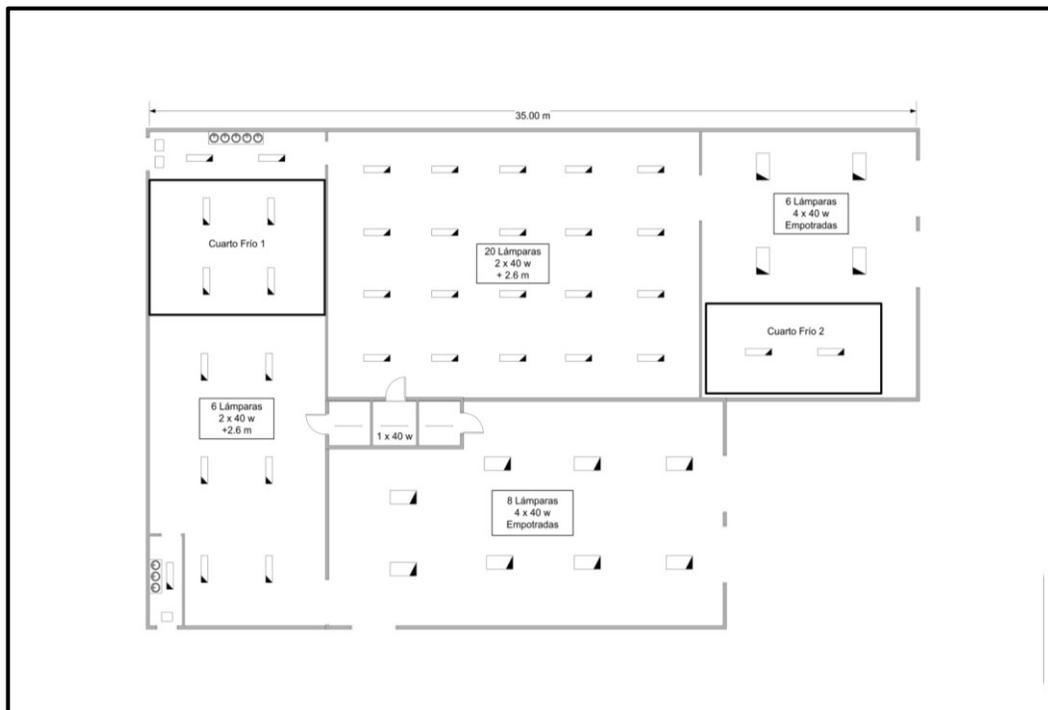
Ft = Flujo total

Fl = Flujo por luminaria

n = Número de lámparas por luminaria

El número mínimo de luminarias será entonces de 16,3. Esto podría llevar a la conclusión que con una distribución de 4 x 4 lámparas sería suficiente; sin embargo, no se obtendrían los 300 lux necesarios, de manera que se agregó una fila más de lámparas en la distribución de la sala, quedando así la mostrada en la figura 20, de 4 x 5 lámparas.

Figura 20. Iluminación



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio 2007 y Sketch Up 7.1.

#### **4.3.4. Ventilación y aire acondicionado**

Debido a las condiciones del proceso, se requiere mantener un ambiente adecuado de forma que no se rompa la cadena de frío. Por esta razón se han instalado *Coolers* de viento en las instalaciones de almacenamiento de la cosecha, de lavado y también de pelado y empaque así como en el área de carga.

La cosecha se recibe a aproximadamente a 15 grados Celsius debido a que se debe cosechar por la madrugada con el fin de evitar que el producto llegue deteriorado. Seguidamente se clasifica y almacena de ser aprobado en la bodega de cosecha respectiva a 15 grados Celsius. Posteriormente se lava y almacena en un cuarto frío a 12 grados Celsius. Luego en la etapa de cortado y empaque el personal trabaja a una temperatura de 12 grados Celsius para no romper la cadena de frío y finalmente en la última etapa del proceso posterior al empaque y paletizado se enfrían a 4 grados Celsius y se introducen a los *containers* aclimatados a la misma temperatura.

Durante el proceso el personal está constantemente expuesto a bajas temperaturas, por lo que es aconsejable proteger al mismo contra la fatiga por frío. La mejor defensa contra la fatiga por frío es la ropa. Las áreas que presentan mayor problema son la cabeza, manos y pies. Razón por la que se aconseja utilizar gorros, guantes y botas protectoras.

El sistema de aire acondicionado busca facilitar el manejo de la temperatura durante la manufactura y almacenamiento, por esta razón dispone de varias unidades de enfriamiento por aire ubicadas de forma que faciliten este objetivo. También se incluyeron cortinas de aire con el fin de evitar la contaminación por flujo de aire de un área a otra.

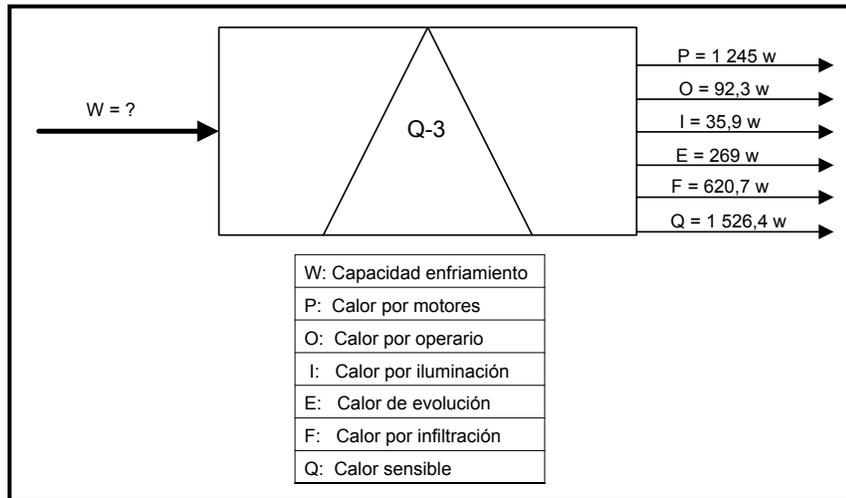
Se realizaron diversos balances de energía para determinar las características que debían tener las unidades de refrigeración dentro de las salas de operación como de los cuartos fríos. A continuación se presenta una muestra de cálculo para determinar las características de un cuarto frío.

El cuarto frío a trabajar será el de almacenamiento de las zanahorias lavadas y secadas. Al referirse a la figura 13, página 73, este se ubica en el área de lavado. Los datos que se tienen son los siguientes.

- Dimensiones: 8m x 6m x 2,3m
- Área: 48 m<sup>2</sup> ó 517 ft<sup>2</sup>
- Volumen: 110,4 m<sup>3</sup> ó 4 000 ft<sup>3</sup>
- Temperatura interior: 12 °C / 54 °F    Temperatura exterior: 18 °C / 64 °F
- Capacidad: 6 300 kg ó 13 889 lb

El primer paso del balance de energía consiste en contemplar las entradas y las salidas de la operación, en este caso del enfriamiento. La figura 21, página 88, muestra las salidas y entradas de energía en forma de calor en la operación de enfriamiento. A continuación se explicará la manera de hallar cada una de estas ramas.

Figura 21. Balance energético del enfriamiento



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio 2007.

Los motores de las unidades de enfriamiento disipan energía en forma de calor, los datos del proveedor indican que se requieren 2 motores de 0,5 *horsepower* y que cada uno disipa 4 250 *British thermic units* por hora.

$$2 * 0,5 \text{ hp} * 4 250 \frac{\text{Btu}}{\text{hp h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 440 \text{ min}} = 70,8 \frac{\text{Btu}}{\text{min}} * \frac{17,58 \text{ w}}{1 \text{ Btu/min}} \approx 1 245 \text{ w} \quad (42)$$

Los operarios involucrados también disipan energía, para esta operación se dispone de 1 operario, quien realiza un trabajo moderadamente pesado durante 9 horas el cual se cataloga en una ganancia de calor de 840 *British thermic units* por hora. Según el manual ASHRAE.

$$840 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{9 \text{ h}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{1 440 \text{ min}} = 5,25 \frac{\text{Btu}}{\text{min}} * \frac{17,58 \text{ w}}{1 \text{ Btu/min}} \approx 92,3 \text{ w} \quad (43)$$

Por otra parte, la iluminación dentro del cuarto frío también constituye otra fuente de calor. Las lámparas fluorescentes de 2 x 40 vatios emiten 1 vatio por

metro cuadrado en forma de calor según la información recabada para este tipo de lámparas.

$$2 * 1 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2} * 48\text{m}^2 = 96 \text{ w} \quad (44)$$

$$96\text{w} * 9\text{h} * 3,41 \frac{\text{Btu}}{\text{wh dia}} = 2946 \frac{\text{Btu}}{\text{dia}} \rightarrow 2,046 \frac{\text{Btu}}{\text{min}} * \frac{17,58 \text{ w}}{1 \text{ Btu/min}} \approx 35,97 \text{ w} \quad (45)$$

Se denomina calor de evolución, al calor procedente de las verduras almacenadas debido a que estas transpiran aún después de ser cosechadas. El valor para las zanahorias es de 3 500 *British thermic units* en 24 horas a una temperatura superior a 40 grados Fahrenheit según el Manual ASHRAE.

$$3500 \frac{\text{Btu}}{\text{ton}} * 6,3 \frac{\text{ton}}{\text{dia}} = 22050 \frac{\text{Btu}}{\text{dia}} * \frac{1\text{dia}}{24 \text{ h}} = 918,8 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \quad (46)$$

$$918,8 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{60\text{min}} * \frac{17,58 \text{ w}}{1 \text{ Btu/min}} \approx 269 \text{ w} \quad (47)$$

El calor por infiltración se debe a la apertura de puertas, que permiten que ingrese calor proveniente del exterior del cuarto frío. Se calculó de la siguiente manera utilizando un factor de cambios de 8,2 en 24 horas.

$$1,55 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3} * 4000 \text{ ft}^3 * \frac{8,2}{24 \text{ h}} = 2118,3 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 35,3 \frac{\text{Btu}}{\text{min}} * \frac{17,58 \text{ w}}{1 \text{ Btu/min}} \approx 620,7 \text{ w} \quad (48)$$

La última rama es el calor sensible debido a que se está enfriando, las zanahorias. Este se calculó de la siguiente forma utilizando un factor para las zanahorias de 0,9 *British thermic units* por libra grado Fahrenheit según el manual ASHRAE.

$$Q * m * \Delta T = 0,9 \frac{\text{Btu}}{\text{lb } ^\circ\text{F}} * 13889 \frac{\text{lb}}{24 \text{ h}} * (54^\circ\text{F} - 64^\circ\text{F}) = 5208 \frac{\text{Btu}}{24 \text{ h}} \rightarrow 1526 \text{ w} \quad (49)$$

Finalmente, deben sumarse cada rama de salida para encontrar el valor de la capacidad mínima de refrigeración requerida por el sistema de enfriamiento. Y se multiplica por 1,2 como factor de seguridad recomendado.

$$W = 1\,245 + 92,3 + 36 + 269 + 620,7 + 1\,526 = 3\,789 * 1,2 = 4\,547 \text{ w} \quad (50)$$

Por tanto, la capacidad de refrigeración mínima para el cuarto frío debe ser de 4,6 kilovatios, que implica el uso de 2 ventiladores de 370 vatios cada uno y un ciclo de 8,2 cambios de aire por cada 24 horas, según indicaciones del proveedor, se eligió un sistema de dos ventiladores con capacidad máxima de 8 kilovatios que asegura una cobertura de total para los 48 metros cuadrados necesarios en el tiempo requerido como se explica a continuación.

Existen dos operaciones críticas en el proceso; ambas son de enfriamiento, el cuarto frío 1 debe tener la capacidad de enfriar el total de la carga de un día de trabajo en un tiempo de 12 horas que transcurren entre el final del turno de la tarde y el inicio del de la mañana. De forma que el tiempo previsto para enfriar una carga total de 6,3 toneladas que equivale a un día de trabajo, será de:

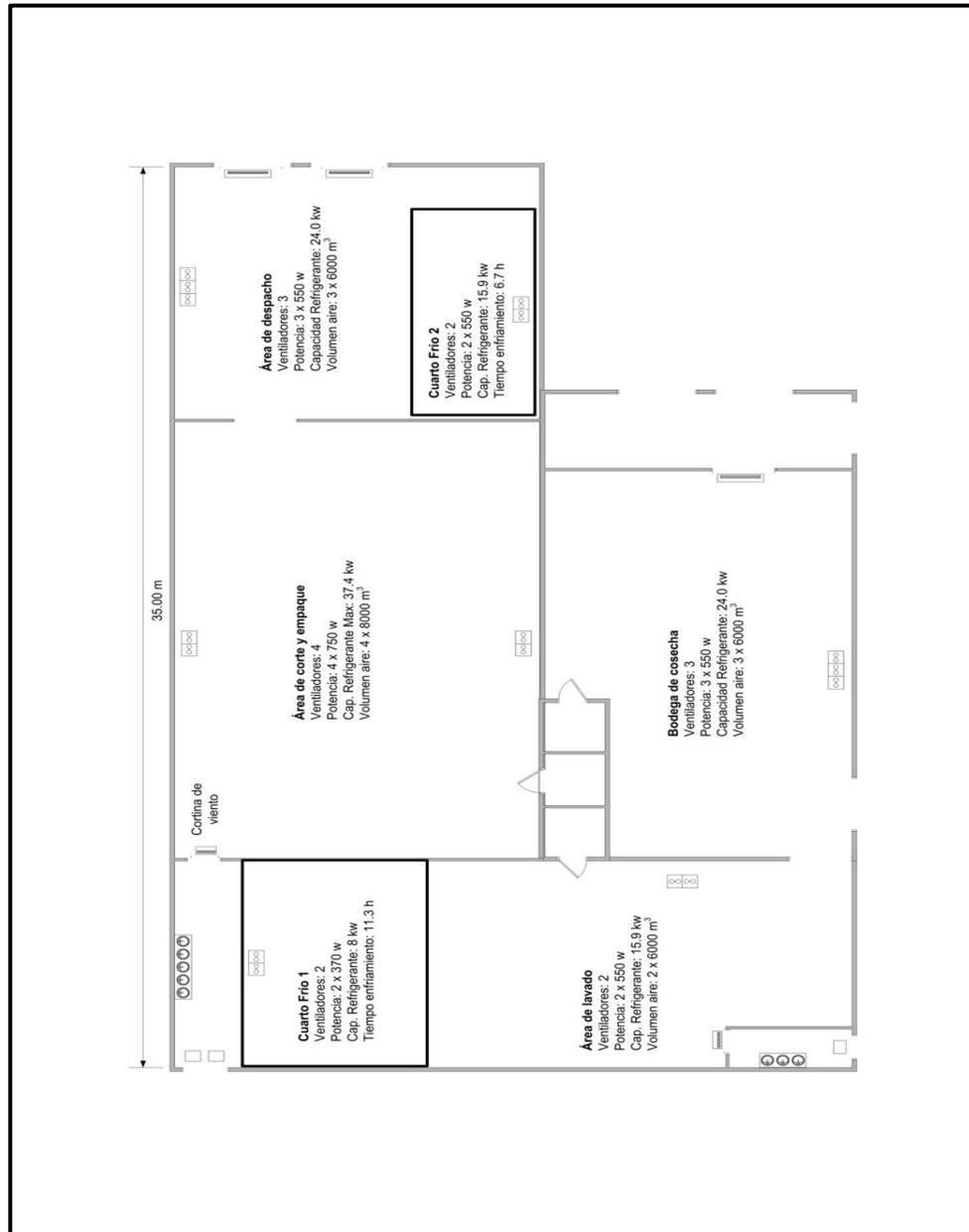
$$\frac{24 \text{ h}}{8\,000 \text{ w}} * \frac{3\,789 \text{ w}}{1} = 11,3 \text{ h} \quad (51)$$

De manera análoga se calculó el resto de las instalaciones de aire acondicionado para las salas de trabajo y el cuarto frío 2.

En las figuras 22 y 23, páginas 91 y 92 respectivamente, se muestra la disposición general de las unidades de enfriamiento por aire y también la colocación de las cortinas de aire en puntos específicos para evitar la contaminación por flujo de aire de un lugar a otro del proceso. El cálculo de las

unidades de enfriamiento se basó en los datos brindados para los equipos por el proveedor como se mostró con anterioridad.

Figura 22. Ventilación y aire acondicionado



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Visio 2007 y Sketch Up 7.1.

Figura 23. **Unidades de refrigeración y ventilación en el área de carga**



Fuente: Cooperativa Agrícola, Santiago Sacatepéquez; 2012.

#### **4.3.5. Consideraciones sanitarias**

Las instalaciones deben poseer agua potable suficiente con medios adecuados para su almacenamiento y distribución. El área de proceso debe incluir un sistema de drenajes que facilite su limpieza y desinfección, este sistema debe contar con protección para evitar la contaminación por retro-flujos y control de plagas.

También debe existir un sistema de lavamanos con agua caliente y fría, que incluya utensilios para el lavado de manos y equipo para el secado higiénico de preferencia del tipo *touch less* a la entrada de cada área de las instalaciones del proceso directamente involucrado con los vegetales.

A continuación se detalla en la figura 24 los aspectos de inocuidad anteriormente expuestos y se hace referencia a la codificación de la matriz de datos contenida en el apéndice, página 122.

Figura 24. Lavamanos a la entrada del proceso

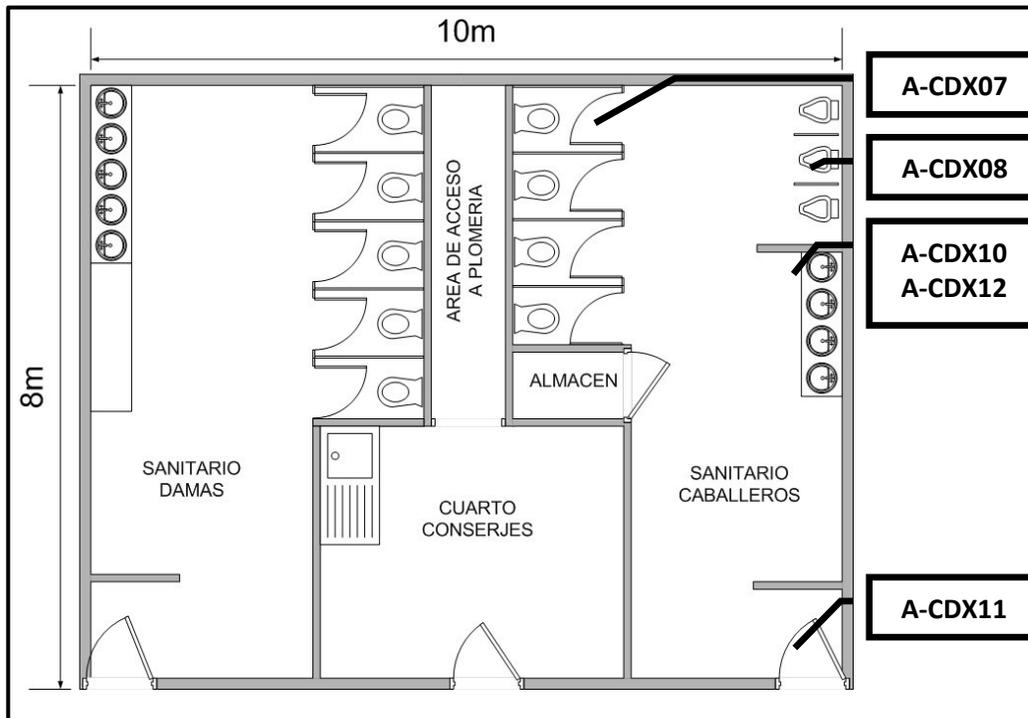


Fuente: Cooperativa Agrícola, Santiago Sacatepéquez; 2007.

Las instalaciones de sanitarios, deben poseer agua potable suficiente, debe existir un número adecuado de lavamanos conectado a un sistema de drenaje efectivo. Se diseñó un inodoro por cada 10 hombres y uno por cada 5 mujeres; también se dispuso de un orinal por cada 10 hombres. Se incluyó un lavamanos por cada 10 trabajadores abastecidos de agua potable. Los sanitarios no deben abrir hacia el área de manufactura de vegetales pero deben estar cercanos a ella tal como se ha distribuido según la figura 9, página 68 y figura 25, página 94.

En la figura 25, página 94, se han identificado con códigos de la matriz de datos, apéndice, página 123, los aspectos normados por el *Codex* y *FSA*.

Figura 25. **Sanitarios para personal del proceso**



Fuente: elaboración propia con Microsoft Visio 2007.

#### 4.4. **Consideraciones ambientales**

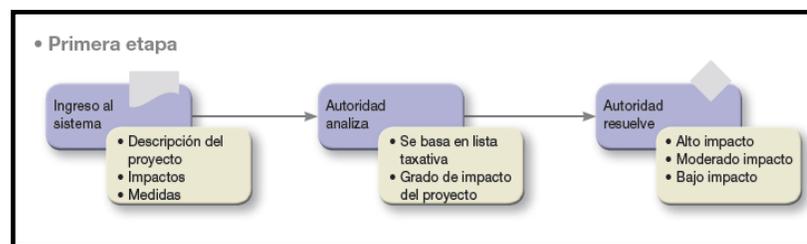
El ministerio de ambiente y recursos naturales de Guatemala, contempla por Acuerdo Gubernativo No. 134-2005 un listado taxativo; que tiene por objetivo clasificar las diferentes actividades industriales que incidan sobre el medio ambiente de la nación.

El listado taxativo de Guatemala clasifica las actividades de siembra y producción agrícola a campo abierto de cultivos de exportación para áreas menores a 500 hectáreas bajo el código CIIU3, 0111 y 0113 con una ponderación de moderado a bajo impacto ambiental.

El Ministerio de ambiente y recursos naturales establece que todas las actividades que posean un impacto moderado o bajo deben utilizar un instrumento de gestión ambiental, el cual para el caso del presente proyecto, está definido por la Guía agroindustria de Quijano, instrumento de gestión ambiental de emparadoras de frutas y hortalizas.

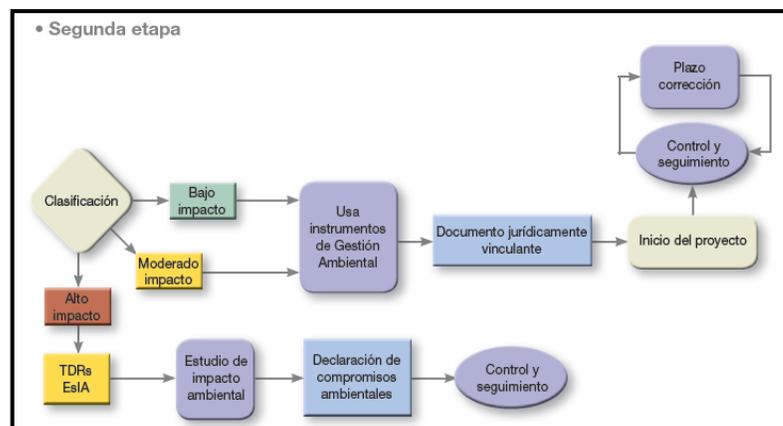
A continuación se presenta un esquema que explica lo expuesto en los párrafos anteriores. Ver figura 26 y figura 27.

Figura 26. **Aplicación instrumento de gestión ambiental, primera etapa**



Fuente: QUIJANO. Martín. Guía agroindustria. p.20

Figura 27. **Aplicación instrumento de gestión ambiental, segunda etapa**



Fuente: QUIJANO. Martín. Guía agroindustria. p.20

El instrumento de gestión ambiental, Guía agroindustrial, se utilizó para dos fines, primero determinar los impactos ambientales que el proyecto implica y luego, las medidas para contrarrestar estos efectos; finalmente, se consideró la forma en que repercuten estas medidas en la logística de la planta.

#### 4.4.1. Impactos ambientales e implicaciones en la logística de operación

Los impactos ambientales en los cuales se incurre durante el desarrollo del proyecto, se han clasificado y codificado de acuerdo a la Guía agroindustrial propuesta por el MARN, debido a que es el instrumento de gestión ambiental oficial para el país. Para cada impacto generado, se tomaron en cuenta las técnicas sugeridas por la Guía agroindustrial y las implicaciones de estas sobre la logística de operación de la planta.

Tabla XVI. **Planificación y diseño de sitios para el establecimiento de la empacadora de hortalizas**

<b>FMAI - 01 – 01</b>	
Impactos Ambientales: Afectación de cobertura vegetal, afectación de comunidades faunísticas, cambios en el uso del suelo.	
<b>Causas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Relleno y nivelación de terreno</li> <li>- Zapatas y mamposteo</li> <li>- Firme de concreto</li> <li>- Rampas de acceso</li> <li>- Colocación de asfalto o concreto en patio de maniobras</li> <li>- Fabricación de obras con concreto in situ</li> <li>- Colocación de estructuras</li> </ul>	<b>Medidas a tomar:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se descartaron las áreas con pendientes excesivas, propensas a la erosión.</li> <li>- No se construirá sobre una zona de riesgo, definida por los entes territoriales u otras entidades estatales.</li> <li>- La planta se encuentra lejana a las áreas de asentamientos humanos, que implicarían desplazamiento de la población.</li> <li>- La planta será construida a 1 km de distancia del nacimiento de agua local.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Manejo de la preparación del sitio y construcción

<b>FMAI - 01 – 02</b>	
Impactos Ambientales: Afectación por pérdida de cobertura vegetal, afectación de comunidades faunísticas, cambios en el uso del suelo, contaminación de aguas, contaminación de aire.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamiento de agua</li> <li>- Fabricación de obras con concreto in situ</li> <li>- Colocación de estructuras</li> <li>- Recepción de frutas y hortalizas</li> <li>- Limpieza de frutas y hortalizas</li> <li>- Lavado de frutas y hortalizas</li> <li>- Secado</li> <li>- Empacado</li> <li>- Almacenamiento (refrigeración)</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer un sistema de drenaje en la finca que permita disminuir los excesos de agua pero, a la vez, conserve la estabilidad de los terrenos.</li> <li>- Usar diseños para la construcción de las instalaciones que aprovechen las fuentes de agua disponibles.</li> <li>- Diseñar sistemas que aprovechen las pendientes propias del terreno para la conducción de agua o de materiales.</li> <li>- Diseñar las instalaciones de modo que se reduzca el impacto de los olores, el ruido y las emisiones sobre las zonas pobladas, otras fincas o zonas de protección cercanas a la finca.</li> <li>- Disposición de residuos de la construcción en zonas adecuadas para ello, lejos de fuentes hídricas, a distancia del nacimiento de agua local.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Almacenamiento de sustancia agroquímicas**

<b>FMAI - 01 – 04</b>	
Impactos Ambientales: Contaminación del suelo, alteración de la calidad del agua, aumento del material particulado y gases, pérdida de individuos de fauna, afectación a la salud de los trabajadores.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenamiento, fertilizantes, pesticidas, fungicidas, etc.</li> <li>- Recepción de frutas y hortalizas</li> <li>- Limpieza de frutas y hortalizas</li> <li>- Lavado de frutas y hortalizas</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Las bodegas se instalarán separadas de oficinas y aisladas de viviendas, zonas de venta de productos de consumo humano.</li> <li>- Las Bodegas estarán ubicadas en lugares de fácil acceso -tanto para los vehículos que traen o llevan los plaguicidas, como para las máquinas de bomberos en caso de incendio.</li> <li>- En el diseño y construcción de la bodega se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: muro de contención. Toda el área de almacenamiento debe estar rodeada por un muro de contención, de por lo menos 20 cm de altura, puede construirse adosado a las paredes, por la parte interna o externa de la bodega, inclusive en las puertas. Su función es contener eventuales derrames grandes o aguas de extinción en caso de incendio. En las puertas el muro debe tener rampas que faciliten la entrada de vehículos y/o personas e impedir la entrada de la lluvia.</li> <li>- El diseño del techo debe facilitar la ventilación. Si la ventilación natural es insuficiente deben instalarse extractores.</li> <li>- Ventilación. La bodega debe ser bien ventilada para evitar la acumulación de vapores inflamables o tóxicos, para lo cual se construyen aberturas en las paredes, tanto en la parte alta como en la baja (en este caso por encima del muro de contención) ya que los vapores pueden ser más pesados o más livianos que el aire. Estas aberturas pueden tener 20 a 30 cm de alto y 50 a 60 cm de largo y deben estar convenientemente protegidas por rejas, mallas o barrotes</li> <li>- Iluminación. La bodega debe tener suficiente iluminación para leer fácilmente las etiquetas de los productos y facilitar las inspecciones rutinarias que se deben hacer para verificar la fecha de vencimiento de los productos, estado de los envases, etc.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Manejo de desechos**

<b>FMAI - 01 – 05</b>	
Impactos Ambientales: Contaminación del suelo, contaminación del agua, contaminación de aire.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inadecuado manejo de desechos.</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manejo de envases de plaguicidas: una vez recolectados los envases en los sitios adecuados para la actividad, como son bodegas o micropuntos de recolección, la práctica recomendada es:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Práctica de triple lavado, garantizando con esto que 99% de los desechos sean eliminados.</li> <li>- Las tapas y los envases separados deben ser enviados a bodegas de almacenamiento.</li> <li>- De acuerdo con la capacidad máxima establecida, una vez esta se cumpla, el material proveniente de envases plásticos es triturado por personal capacitado y entrenado utilizando la debida protección personal, para ser enviado a la industria cementera autorizada y ser incinerado de forma controlada de acuerdo con las normas ambientales existentes.</li> </ul> </li> <li>- Manejo de desechos orgánicos: se recomienda el compostaje de los residuos de cosecha mediante el uso de lombrices o el uso de microorganismos descomponedores.</li> <li>- Manejo de desechos no-orgánicos: se recomienda la entrega de los materiales a empresas recicladoras que procesen el material según su naturaleza.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Manejo de residuos sólidos

<b>FMAI - 01 – 06</b>	
Impactos Ambientales: Alteración de las propiedades fisicoquímicas, de las aguas, afectación de la dinámica de las aguas superficiales y subterráneas, sedimentación de los cuerpos de agua, contaminación del suelo, modificación del paisaje.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavado de frutas y hortalizas</li> <li>- Empacado</li> <li>- Tratamiento de agua</li> <li>- Mantenimiento</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Centros de acopio temporal: la correcta disposición de los residuos inicia con un almacenamiento y posterior separación en la fuente de origen los residuos que puedan ser reciclados de aquellos con características peligrosas e industriales, disponiendo de recipientes identificados. El tiempo de almacenamiento debe ser tal, que los residuos no presenten ningún tipo de descomposición.</li> <li>- Reutilización, reciclaje: la reutilización y el reciclaje son métodos mediante los cuales se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados.</li> <li>- Compostaje: el compostaje es un proceso biológico en el que los microorganismos transforman la materia orgánica de los residuos en una materia estable rica en nutrientes, sales minerales y microorganismos beneficiosos para el suelo y el desarrollo de las plantas; los residuos orgánicos podrán ser utilizados para compostaje o como alimento para animales de la comunidad local.</li> <li>- Disposición en rellenos sanitarios: Los residuos orgánicos podrán ser dispuestos en el relleno sanitario más cercano al área del proyecto, se recuperarán la mayor cantidad de residuos sólidos posibles con el fin de alargar la vida de los rellenos sanitarios, para lo cual se desechará únicamente lo que no es reutilizable.</li> <li>- Incineración: la incineración se considera un procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante la oxidación química en exceso de oxígeno. Este proceso podrá ser utilizado por el contratista, siempre y cuando se obtengan los permisos y el cumplimiento de la legislación vigente.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Manejo de aguas residuales de proceso

<b>FMAI - 02 – 01</b>	
Impactos Ambientales: Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo, generando contaminación del suelo o fuentes de agua y decremento de su valor ambiental en términos agroecológicos.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavado de frutas y hortalizas</li> <li>- Tratamiento de agua</li> <li>- Vertimiento accidental de aguas residuales del proceso</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se deberá evitar el proceso de lavado y empaque, a la orilla de canales, drenajes, caminos o a campo abierto.</li> <li>- Evitar los vertimientos de aguas residuales a las redes de aguas pluviales, a cuerpos de agua, o su disposición directamente sobre el suelo, sin haber verificado que su calidad se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la normatividad específica de cada país o tratamiento previo para regular su calidad.</li> <li>- Se propone la utilización de plantas de tratamiento dependiendo del tipo de producto que se va a envasar.</li> <li>- Mantener los sistemas de drenaje de aguas domésticas separados de los de proceso, con el objeto de evitar un tratamiento biológico adicional a los tratamientos fisicoquímicos que requieren las aguas residuales de proceso.</li> <li>- Se recomienda desarrollar infraestructura de retención de agua (cisternas, lagunas, etc.) que permita aumentar el tiempo de residencia del agua residual y la aplicación de tratamientos antes de su descarga al medio ambiente, o de proceso para su re- uso. Se recomienda el uso de filtros simples para retención de compuestos que contienen fósforo o nitrógeno.</li> <li>- Diseño de un sistema de canaletas en el área de descarga y proceso, que permitan evitar el escurrimiento de descargas accidentales o el arrastre de suelos contaminados. Esto es aplicable a proyectos que se ubiquen cercanos a cuerpos de aguas superficiales o zonas con suelo y vegetación natural.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Control de plagas**

<b>FMAI - 04 – 01</b>	
Impactos Ambientales: Introducción de fauna nociva.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavado de frutas y hortalizas</li> <li>- Mantenimiento</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preventivas: Se construirá una acera de por lo menos 50 cm de ancho alrededor de las instalaciones, de modo que no haya vegetación y suciedad. Se protegerán todas las aberturas del edificio (puertas, ventanas, compuertas, ductos de ventilación, etc.) hacia el exterior, con malla o cedazo plástico o metálico. Todas las puertas de ingreso a las instalaciones cerrarán adecuadamente y en forma automática (brazos de autocierre). Podrán colocarse cortinas plásticas o cortinas de aire en las puertas. Se dejará un espacio de 45 cm de ancho, entre paredes y filas de productos.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Seguridad Laboral**

<b>FMAI - 05 – 01</b>	
Impactos Ambientales: Alteración de la salud de los trabajadores.	
<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lavado de frutas y hortalizas</li> <li>- Mantenimiento</li> </ul>	<p>Medidas a tomar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecanización de la carga pesada</li> <li>- Pisos ásperos para evitar resbalones</li> <li>- Optimización de las condiciones de trabajo, enfocada a áreas de trabajo climatizadas, lugares para descanso, vestidores y agua potable.</li> <li>- Iluminación adecuada, ventilación, temperatura, etc.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La elaboración de la logística de una planta de manufactura de zanahoria congelada se realizó con base a tres ejes principales que corresponden a cada uno de los objetivos específicos del trabajo de investigación; el análisis del proceso en cuanto a balances de masa, operaciones involucradas, aspectos ambientales, diagramas de operación; la descripción de las especificaciones de equipos a utilizar y la propuesta de una distribución apropiada de los mismos, denominada *plant layout*. En esta sección se abordará cada uno de los tres ejes mencionados y se sintetizarán los resultados obtenidos en cada uno de ellos.

El proceso de manufactura de zanahorias congeladas involucró en la primera etapa los balances de masa necesarios para manufacturar la cantidad de zanahorias cosechadas en una determinada época del año. El volumen total de cosecha, las 61 000 libras llegan juntas a la planta, sin embargo se ha calculado que la planta debe ser capaz de manejar este volumen y manufacturarlo en tres días. El resultado fue que la planta debía poseer una capacidad de 700 kilogramos por hora.

El proceso de manufactura de las zanahorias involucra 16 etapas u operaciones, para las cuales fueron realizados cálculos de balances de masa individuales con el fin de poder dimensionar la capacidad que debía poseer cada equipo o bodega. Los cálculos de los balances de masa de cada operación implicaron un detallado análisis basado en la experiencia de profesionales que se desempeñan en una agroexportadora en el área de Sacatepéquez. Planta en la cual se realiza un proceso análogo al propuesto y

que brindó mucha información para evitar errores en los que se incurrió durante la elaboración de la logística de operación de la mencionada planta.

Por otra parte, el estudio de la elaboración de logística de operación de la planta requirió una investigación de dos importantes organizaciones como la comisión del Codex Alimentarius y la Agencia de Estándares Alimentarios (FSA). Se realizó un estudio de los aspectos que estas normas requerían y que implicaciones tenían sobre la logística de operación de una planta. Los resultados fueron sintetizados y codificados en tablas llamadas matrices de datos. Durante la realización se tomaron en cuenta los aspectos que estas normas recomendaban y se incluyeron e identificaron.

Los códigos de inocuidad en alimentos, tanto Codex como los de la FSA incidieron en varios aspectos de la logística de operación y distribución general de la planta así como también en el proceso propuesto; en el estudio de la elaboración de la logística de operación de una planta de manufactura que se prepara a exportar resulta desde diversos puntos de vista mucho mejor implementar estos aspectos normativos durante la elaboración de la logística de operación de la planta que adaptarse a ellos después de construida e implementada la misma.

Otro criterio importante en el momento de elaborar la logística de proceso para una planta es tomar en cuenta las consideraciones ambientales; actualmente la legislación ambiental del país permite clasificar las actividades de las plantas en cuanto al impacto ambiental que generan al medio ambiente. Las clasificadas como bajo a medio impacto ambiental respecto del listado taxativo, pueden utilizar una gama de instrumentos de gestión ambiental que para el presente caso se aplicó el instrumento de gestión ambiental de la guía agroindustrial.

La guía agroindustrial presenta una serie de fichas que tienen implicaciones sobre el diseño y logística de operación; por citar un ejemplo se menciona el caso del diseño de las bodegas de agroquímicos, el cual debe tener ventilación adecuada y en determinados lugares además de encontrarse lejana a la planta; así como estas todas las consideraciones presentadas por la guía agroindustrial con relación a la logística de operación, fueron tomadas en cuenta durante la elaboración de la misma.

El segundo eje a mencionar es la descripción de las especificaciones de equipos, cada equipo se seleccionó conforme a los balances de masa realizados para cada operación en la sección 4.1.1; de manera que se pudiera evitar los cuellos de botella y manejar adecuadamente las operaciones críticas. Se consultó en varios proveedores de equipos, de los cuales se obtuvieron diversas especificaciones y características con los cuales se construyó para cada modelo en tres dimensiones a escala mediante el uso de Sketch up.

El *plant layout* fue diseñado con base a un proceso lineal; cada equipo fue espaciado y ubicado previendo las necesidades de limpieza y buenas prácticas de manufactura; el *plant layout* ayudó a dimensionar la planta y finalmente a partir de él se dispusieron los edificios de la planta.

Para la elaboración del *plant layout*, fue requerido el punto de vista de distintos profesionales involucrados en la operación de plantas similares como el caso de la cooperativa agrícola de Cuatro pinos. Quienes brindaron una crítica constructiva respecto de los diversos aspectos del trabajo y cuya perspectiva de las plantas de este tipo fueron de ayuda eficaz para evitar errores incurridos en la elaboración de la logística de operación de plantas similares anteriores y previendo las futuras necesidades como acreditación de sus procesos y laboratorio.



## CONCLUSIONES

1. Se elaboró la logística para el proceso de manufactura de zanahoria congelada.
2. El proceso de manufactura de zanahoria congelada fue elaborado a través de la preparación de hojas de balances de masa y diagramas de operación del proceso.
3. Las especificaciones principales de los equipos involucrados en la manufactura fueron definidas con base al proceso establecido y al volumen de cosecha.
4. El *plant layout* para el proceso de manufactura de zanahoria congelada fue elaborado.
5. Se definió el comportamiento ambiental de la empresa en el proceso de manufactura de zanahorias utilizando el instrumento de gestión ambiental, guía agroindustrial.



## RECOMENDACIONES

1. Un estudio de ingeniería civil respecto de los edificios y sistemas auxiliares de los mismos contribuiría a enriquecer el proyecto de investigación desde otra perspectiva.
2. Es de gran importancia realizar el diseño del sistema eléctrico de la planta, área de estudio de la ingeniería eléctrica.
3. Se hace necesario un estudio de factibilidad económica de la planta de manufactura de zanahoria, desde la perspectiva de la ingeniería industrial.
4. Para la elaboración de la logística del proceso de manufactura de alimentos se considera necesario implementar el Codex Alimentarius como uno de los criterios en el diseño para asegurar la inocuidad de los productos o en su defecto otro código de inocuidad oportuno.
5. Durante la elaboración de la logística de manufactura de alimentos deben considerarse los impactos ambientales que estas generan, es un requisito legal en nuestro país el clasificar y utilizar un instrumento de gestión ambiental o en su defecto un estudio de impacto ambiental.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ACHAERANDIO, Luis. *Iniciación a la práctica de la investigación*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 1992. 192 p.
2. BAASEL, William. *Preliminary chemical engineering plant design*. USA: Elsevier, 1976. 504 p. ISBN 0444001522.
3. DE LA ROCA, Estuardo. *Guía general para la elaboración y presentación de proyectos de investigación*. Guatemala: Escuela de Ciencias Psicológicas CIEP's, USAC, 1983. 22 p.
4. DE LA ROCA, Gloria, et al. *La expansión de la horticultura de exportación en la organización social de las configuraciones socioculturales de Patzicia y Zaragoza, Chimaltenango/Dirección General de Investigación*. Escuela de Historia USAC. Guatemala: Llerena, 1991. 136 p.
5. FAO;OMS. *Código Internacional de prácticas recomendado – Principios generales de higiene de los alimentos: CAC/RCP 1-1969. Rev 4*. Roma, Italia: FAO División de comunicación, 2003. 35 p.
6. \_\_\_\_\_. *Norma del Codex para zanahorias congeladas rápidamente: Codex Stan 140-1983*. Roma, Italia: FAO División de comunicación, 1983. 8 p.

7. \_\_\_\_\_. *Normas alimentarias FAO/OMS Codex Alimentarius* [en línea]. Roma, Italia. Revisión: 2011. [ref. febrero de 2012]. Disponible en Web: <[http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_es.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_es.jsp)>.
8. Food Standards Agency. *About Us* [en línea]. Reino Unido. [ref. septiembre de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.food.gov.uk/aboutus/>>.
9. \_\_\_\_\_. *Imports* [en línea]. Reino Unido. [ref. abril de 2012]. Disponible en Web: <<http://www.food.gov.uk/foodindustry/imports/>>.
10. Fundación Politécnica de Cataluña. *Cálculo del factor de utilización* [en línea]. España. [ref. agosto de 2012]. Disponible en Web: <[http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3\\_12\\_2.htm](http://www.upcplus.com/Contents/COURSECLASSROOM/5000/CONTENTS/3_12_2.htm)>.
11. Guatemala. *Listado Taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades*. Acuerdo Gubernativo No. 134-2005. *Diario de Centroamérica*, 16 de mayo de 2005, núm. 76, 37 p.
12. ISO/CIE. *Lighting of indoor work places*. Ginebra, Suiza: ISO, 2002. 28 p.
13. KONZ, Stephan. *Manual de distribución en plantas industriales*. México: Limusa, 1992. 405 p. ISBN 9681836642.
14. LÓPEZ CALDERÓN, Axcel F. *Centro de acopio para granos de exportación y mercado comunitario*. Tesis Lic. Arq. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, 2005. 138 p.

15. MAZARIEGOS MOLINA, Pablo. *Estudio de tiempos para la elaboración de los diagramas de procesos de las líneas de producción de bombón, dulce y paleta en la fábrica de productos La Sultana*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 202 p.
16. McCabe, Warren, et al. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 7a ed. México: McGraw-Hill, 2007. 1189 p.
17. Organización Panamericana de la Salud. *Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas*. Perú: OPS;CEPIS, 2005. 28 p.
18. PALMA, Danilo. *Investigación social I*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 1992. 199 p.
19. PARSON, Robert. *ASHRAE Handbook Fundamentals*. USA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 1997. 851 p.
20. PERRY, Robert, et al. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. 7a ed. USA: McGraw-Hill, 1999. 2638 p.
21. POTTER, Norman. *La ciencia de los alimentos*. México: Harla, 1978. 749 p.
22. QUIJANO, Martín. *Guía agroindustria*. Costa Rica: CCAD, 2009. 116 p. ISBN 978-9968-938-46-4.

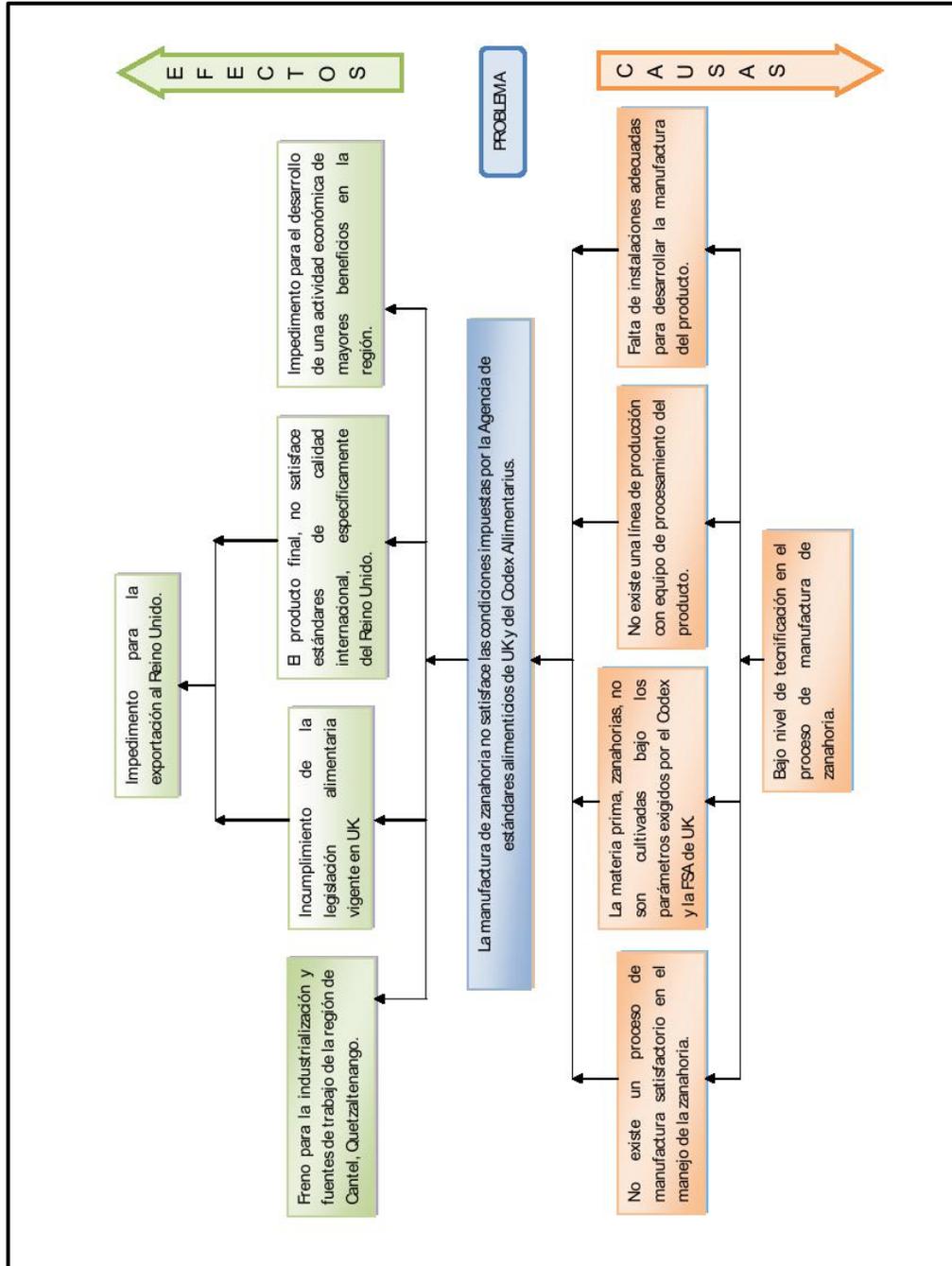
23. Reino Unido. *European Parliament and The Council Regulation (EC) No. 852/2004. Diario Oficial de la Unión Europea*, 30 de abril 2004. L139/1, 54 p.
24. Reino Unido. *The stationery Office*. Pesticidas: niveles máximos de residuos en muestras, alimentos y piensos. Regulación No. 971/2007. 2007. 14 p.
25. SAMPIERI HERNÁNDEZ, Roberto; COLLADO FERNANDEZ, Carlos. *Metodología de la Investigación*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2007. 288 p.
26. SOLARES PINEDA, José D. *Diseño de la producción y abastecimiento para una empresa de exportación de brócoli*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 124 p.
27. SPREIJ, Melvin; VAPNEK, Jessica. *Directrices en materia de legislación alimentaria*. Italia: FAO, 2006. 342 p.
28. VÁZQUEZ, M. *El control de la calidad en la industria agroalimentaria, Ciencia y tecnología alimentaria*. 1 (001): 34. 1995.
29. VILDBRANDT, Frank; DRYDEN, Charles. *Chemical Engineering plant design*. 4a ed. USA: McGraw-Hill, 1959. 534 p.

## APÉNDICE

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos**

CARRERA	ÁREA	TEMA GENERAL	TEMA ESPECÍFICO	ESPECIFICACIÓN	
LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA	QUÍMICA	Química Ambiental	Tratamiento de agua	Medidas para el tratamiento de aguas del proceso	
			Manejo de desechos	Medidas para el manejo de desechos sólidos: raíces, hojas, etc.	
	OPERACIONES UNITARIAS	Balance de Masa	Balance de masa de una línea	Diagrama de flujo másico de la línea de zana horia congelada.	Diagrama de flujo másico de la línea de zana horia congelada.
		Transferencia de calor	Refrigeración y aire acondicionado	Cálculo de capacidad de enfriamiento mediante coeficientes de TDC.	Cálculo de capacidad de enfriamiento mediante coeficientes de TDC.
		Laboratorio de Ingeniería Química 2	Secado	Operación de secado de zanahorias en la línea de proceso.	Operación de secado de zanahorias en la línea de proceso.
	ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN	Tecnología de alimentos	Proceso de manufactura de vegetales	Proceso de manufactura de zana horia congelada.	Proceso de manufactura de zana horia congelada.
		Ingeniería de la producción	Diagrama de recorrido.	Análisis de flujo de materiales, tiempos y movimientos.	Análisis de flujo de materiales, tiempos y movimientos.
		Diseño de plantas	Diseño de planta de manufactura de vegetales	Diseño de planta de manufactura de vegetales	Definición del proceso, diseño del plant-layout, características de edificios.
		Diseño de equipo	Equipos involucrados en la línea de proceso.	Equipos involucrados en la línea de proceso.	Características de equipos y modelado en 3D.
	FISICOQUÍMICA	Termodinámica 3		Ciclos de potencia y refrigeración	Operaciones de enfriamiento de zana horias.

## Apéndice 2. Árbol de problemas



### Apéndice 3. Matriz de datos para edificios de planta

<b>FSA/CO</b>		
<b>INSTALACIONES DE EDIFICIOS</b>		
<b>Código</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Datos / Características</b>
I-FSA01	Diseño y Tamaño	El diseño, construcción y tamaño de los suministros debe permitir el adecuado mantenimiento y limpieza, así como evitar la contaminación cruzada y permitir el desempeño higiénico de todas las operaciones.
I-FSA02	Diseño	El diseño de las instalaciones no debe permitir la acumulación de suciedad, contacto con materiales tóxicos, acumulación de partículas que sedimenten en los alimentos o la formación de concentraciones no deseadas de moho en las superficies.
I-FSA03	Drenajes, Ventanas	Las instalaciones deben permitir las buenas prácticas de higiene de alimentos, incluyendo protección contra contaminación y control de plagas.
I-FSA04	Pisos	Las superficies del suelo deben poderse limpiar o desinfectar con facilidad, con los drenajes superficiales adecuados.
I-FSA05	Paredes	Las superficies de las paredes deben poderse limpiar o desinfectar con facilidad.
I-FSA06	Techos	Las superficies de los techos o superficies superiores deben ser construidas y terminadas de manera que se prevenga la acumulación de polvo y para reducir la condensación, el crecimiento de moho indeseable y de partículas sedimentadas.
I-FSA07	Ventanas	Las ventanas deben ser construidas para prevenir la acumulación de suciedad. Aquellas que puedan ser abiertas hacia afuera del medio, deben ser acondicionadas con mallas anti-insectos las cuales pueden ser rápidamente removidas para limpieza.
I-FSA08	Puertas	Las puertas deben ser de fácil limpieza y desinfección. Esto implica el uso de superficies lisas y no absorbentes en las puertas.
I-FSA09	Depósitos de desechos	Los desperdicios deben ser depositados en contenedores cerrados, los cuales deben ser construidos apropiadamente, mantenidos en buen estado y de fácil limpieza o desinfección. Deben estar diseñados de manera que se mantengan libres de animales y plagas.
I-CDX01	Ubicación	Las instalaciones deberán estar ubicadas y construidas de forma que eviten la contaminación de las zanahorias y la infestación de plagas. Las estructuras deben facilitar el cumplimiento de las buenas prácticas de higiene incluyendo protección contra contaminación cruzada.
I-CDX02	Zonas de compost	Deberá evitarse que los lugares de almacenamiento o tratamiento del compostaje estén en las zonas de producción de zanahorias; se deberá evitar la contaminación cruzada por escorrentía o lixiviación asegurando las zonas donde se trata y almacena el estiércol, biosólidos u otros fertilizantes naturales.

Continuación de apéndice 3

<b>INSTALACIONES DE EDIFICIOS</b>		
<b>FSA/CO</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Datos / Características</b>
I-CDX03	Instalaciones de limpieza	Deberá haber instalaciones adecuadas, debidamente proyectadas para la limpieza de los alimentos, utensilios y equipo; deberán disponer cuando proceda de abastecimiento de agua fría y caliente.
I-CDX04	Vías de acceso	Las instalaciones deben contar con vías de acceso y patios de maniobra pavimentados, adoquinados, asfaltados o similares, a fin de evitar la contaminación de los alimentos con polvo.
I-CDX05	Vestidores	Los ambientes del edificio deben incluir un área específica de vestidores, con muebles adecuados para guardar implementos de uso personal.
I-CDX06	Comedor	Los ambientes del edificio deben incluir un área para que el personal pueda ingerir alimentos.
I-CDX07	Plant-Layout	Los espacios de trabajo entre el equipo y las paredes deben ser de por lo menos 50 cm.
I-CDX08	Pisos	Los pisos no deben tener grietas ni irregularidades en su superficie o uniones.
I-CDX09	Pisos	Las uniones entre los pisos y las paredes deben ser redondeadas para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de materiales que favorezcan la contaminación.
I-CDX10	Pisos	Los pisos deben tener desagües y una pendiente, que permitan la evacuación rápida del agua y evite la formación de charcos.
I-CDX11	Paredes exteriores	Las paredes exteriores pueden ser de concreto, ladrillo o bloque de concreto y de estructuras prefabricadas de varios materiales.
I-CDX12	Paredes interiores	Las paredes interiores de las áreas de proceso deben ser construidas o revestidas con materiales impermeables, no absorbentes, lisos y fáciles de lavar y desinfectar, pintadas de colores claros y sin grietas.
I-CDX13	Paredes y pisos	Las uniones entre una pared y otra, así como entre estas y los pisos, deben tener curvatura sanitaria.
I-CDX14	Ventanas	Los quicios de la ventana deben ser con declive y de un tamaño que evite la acumulación de polvo e impida su uso para almacenar objetos.
I-CDX15	Puertas de ingreso	Las puertas que comuniquen al exterior del área de procesos, deben contar con protección para evitar el ingreso de plagas.
I-CDX16	Vestidores	Debe contarse con área de vestidores, separada del área de servicios sanitarios, tanto para hombres como para mujeres y estarán provistos de al menos un casillero por operario por turno.

#### Apéndice 4. Matriz de datos para bodegas

<b>FSA/CO</b>	<b>BODEGAS</b>	
Código	Aspecto	Datos / Características
B-FSA01	Instalaciones de bodega	Los agentes de limpieza y desinfectantes no deben ser almacenados donde los alimentos son manipulados.
B-FSA02	Instalaciones de bodega	Debe disponerse de instalaciones adecuadas para almacenar los utensilios de limpieza y desinfección; estas instalaciones deben disponer de agua caliente y fría.
B-CDX01	Instalaciones de bodega	Deberá disponerse de instalaciones adecuadas para el almacenamiento de alimentos, de manera que permitan un mantenimiento y limpieza adecuados, eviten el acceso y el anidamiento de plagas, permitan proteger con eficacia los alimentos y proporcionen unas condiciones que reduzcan al mínimo el deterioro de alimentos con control de temperatura o humedad, etc.
B-CDX02	Instalaciones de bodega	Deben mantenerse separadas las instalaciones de almacenamiento de alimentos y las de almacenamiento de productos de limpieza y sustancias peligrosas.
B-CDX03	Instalaciones de bodegas	Se debe disponer de instalaciones de almacenamiento separadas para: materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas.
B-CDX04	Pisos de bodegas	Los pisos de las bodegas deben ser de material que soporte el peso de los materiales almacenados y el tránsito de los montacargas.

## Apéndice 5. Matriz de datos para sistemas auxiliares

FSA/CO		SISTEMAS AUXILIARES
Código	Aspecto	Datos / Características
A-FSA01	Drenajes, Ventanas	Las instalaciones deben permitir las buenas prácticas de higiene de alimentos, incluyendo protección contra contaminación y control de plagas.
A-FSA02	Lavabos	Debe existir un número adecuado de lavabos conectado a un sistema de drenaje efectivo. Los lavabos no deben abrir directamente hacia las áreas en las cuales se manufactura los vegetales.
A-FSA03	Lavamanos	Los lavamanos deben disponer de agua caliente y fría, utensilios para lavar las manos y materiales o equipo para secado higiénico. Donde sea necesario, las instalaciones para lavado de alimentos deben estar separadas de las que se utilizan para el aseo del personal.
A-FSA04	Iluminación	Las instalaciones del proceso requieren de adecuada iluminación.
A-CDX01	Agua de proceso	Las instalaciones deberán disponer de abastecimiento suficiente de agua potable con los medios adecuados para su almacenamiento y distribución.
A-CDX02	Drenajes	El drenaje y eliminación de residuos: estos deben ser previstos de manera que se evite la posible contaminación de las hortalizas frescas o el abastecimiento de agua potable
A-CDX03	Sanitarios	Los servicios sanitarios deberán estar ubicados cerca de los campos y las instalaciones cerradas en número suficiente para el personal.
A-CDX04	Iluminación	Deberá disponerse de iluminación natural o artificial adecuada para permitir la realización de las operaciones de manera higiénica. Las lámparas deberán estar protegidas, cuando proceda a fin de asegurar que los alimentos no se contaminen en caso de rotura.
A-CDX05	Iluminación	La iluminación no debe alterar los colores.
A-CDX06	SS. Eléctrico	Las instalaciones eléctricas en caso de ser exteriores deben estar recubiertas por tubos o caños aislantes, no permitiéndose cables colgantes sobre las zonas de procesamiento de alimentos.

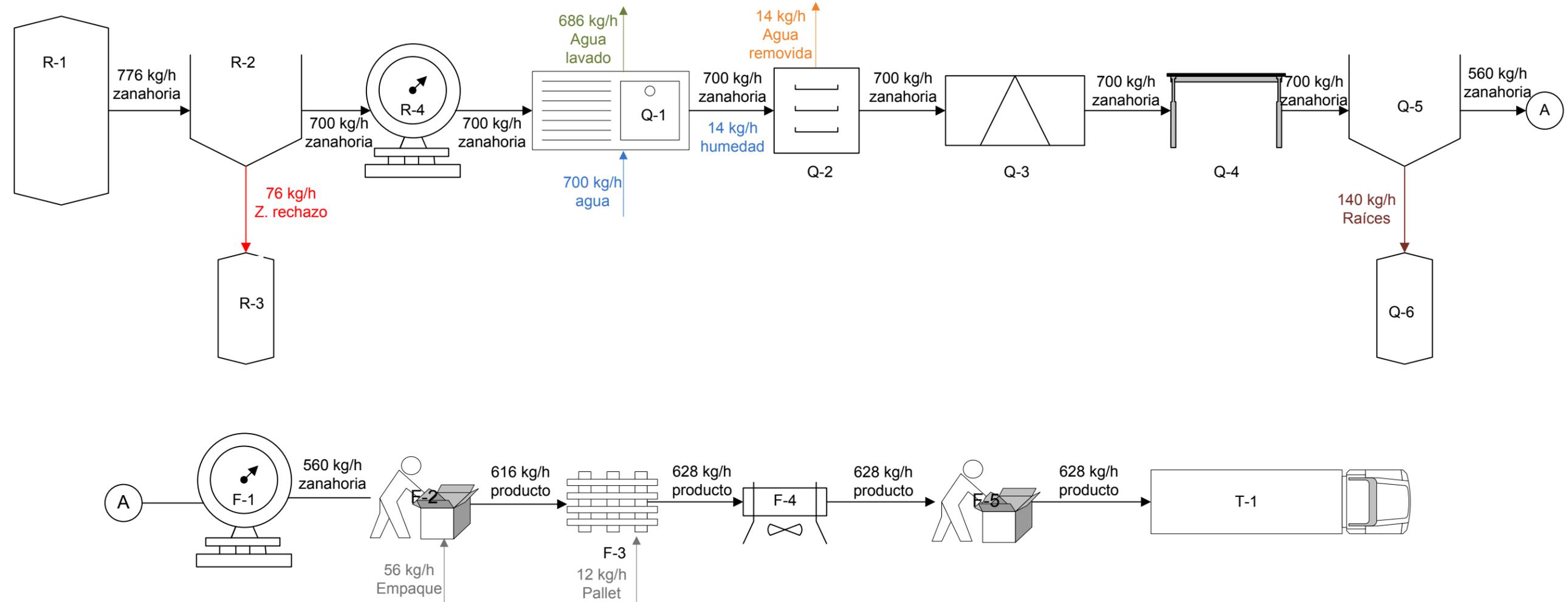
Continuación de apéndice 5

<b>SISTEMAS AUXILIARES Y ELÉCTRICO</b>		
<b>FSA/CO</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Datos / Características</b>
A-CDX07	Inodoros	Debe existir por lo menos un inodoro por cada veinte hombres o fracción de veinte y uno por cada quince mujeres o fracción de quince.
A-CDX08	Orinales	Debe existir por lo menos un orinal por cada veinte trabajadores o fracción de veinte.
A-CDX09	Duchas	Debe existir una ducha por cada veinticinco trabajadores, en los establecimientos que se requiera.
A-CDX10	Lavamanos	Debe existir un lavamanos por cada quince trabajadores o fracción de quince.
A-CDX11	Sanitarios	Las puertas no deben abrir directamente hacia el área de producción.
A-CDX12	Lavamanos	Los lavamanos no deben accionarse manualmente y deben estar abastecidos de agua potable.
A-CDX13	Lavamanos	En el área de proceso, en la entrada de los trabajadores, deben existir instalaciones para lavarse las manos.
A-CDX14	Desagües	Los suelos deberán estar contruidos de manera que el desagüe y la limpieza sean adecuados.

Apéndice 6. **Matriz de datos para ventilación y aire acondicionado**

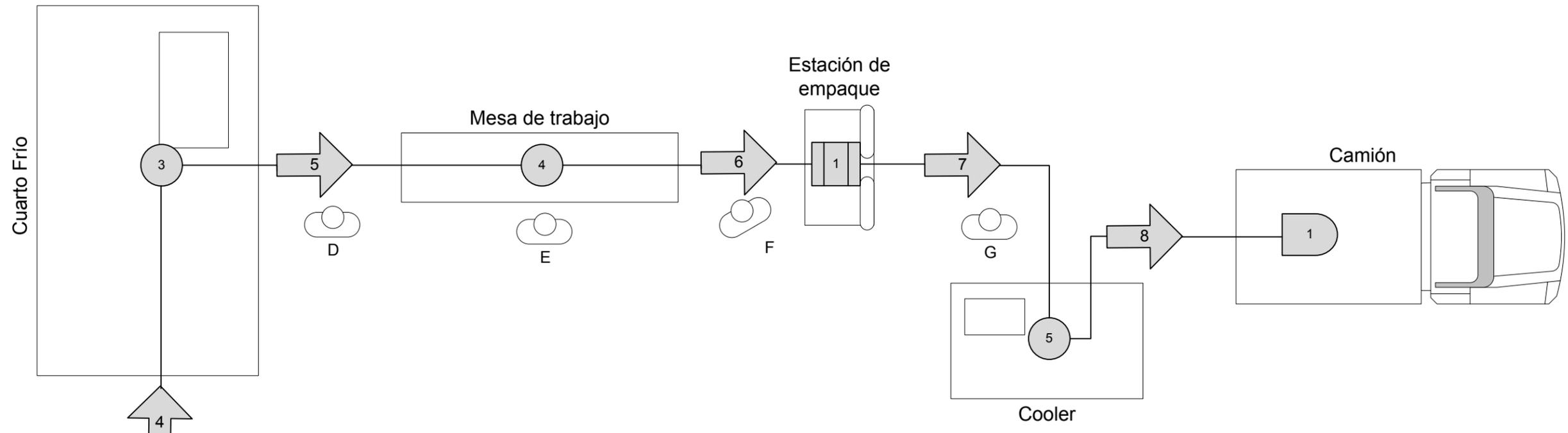
<b>VENTILACIÓN / AIRE ACONDICIONADO</b>		
<b>FSA/CO</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Datos / Características</b>
V-FSA01	Instalaciones	El diseño, donde sea necesario, debe facilitar el manejo de la temperatura durante la manufactura y almacenamiento en condiciones capaces de mantener los alimentos a temperaturas apropiadas y permitir el control y registro de estas temperaturas.
V-FSA02	Instalaciones	Se debe evitar la contaminación por flujo de aire desde un área contaminada hasta una limpia o desinfectada. Los sistemas de ventilación deben ser muy eficientes de manera que las partes que requieran limpieza o reemplazo estén rápidamente disponibles y funcionando.
V-FSA03	Instalaciones	Para cumplir con los requisitos microbiológicos, se requiere que se conserve la cadena de frío y se mantenga supervisión, muestreo y análisis.
V-CDX01	Equipo aire acondicionado	Se deberá disponer de los medios adecuados de ventilación para reducir al mínimo la contaminación de los alimentos transmitida por aire, control de la temperatura ambiente, control de olores y humedad de ser necesario.
V-CDX02	Instalaciones	El aire no debe fluir nunca de zonas contaminadas a zonas limpias y de forma que en caso necesario, se puedan mantener y limpiar adecuadamente.

Apéndice 7. **Diagramas de la logística para la planta de manufactura de zanahoria congelada**



Lista de equipamiento	
Código	Descripción
F-1	Pesado de producto previo a empaque
F-2	Empaque primario
F-3	Paletizado
F-4	Enfriamiento por inyección de aire a 277 K
F-5	Empaque secundario
Q-1	Lavado de materia prima aprobada
Q-2	Secado al vacío a baja temperatura 285 K
Q-3	Almacenamiento en cuarto frío a 285 K
Q-4	Cortado y pelado en mesas de trabajo
Q-5	Separación de zanahorias, raíces y hojas
Q-6	Almacen de raíces, hojas para forraje
R-1	Almacen de zanahorias recibidas de cosecha
R-2	Etapla de clasificación de materia prima
R-3	Almacenamiento de producto rechazado
R-4	Pesado de materia prima aprobada
T-1	Disposición y sellado de producto en furgones

PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA		
Contenido		Escala
DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES		
Diseñador		Ubicación
EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		CANTEL, QUETZALTENANGO
Asesor	Fecha	No.
ING. ORLANDO POSADAS	AGOSTO 2012	I



	Almacén de cosecha aprobada		El obrero C transporta las zanahorias al cuarto frío.		El obrero G enfría el pallet a 4 °C por 1 h.
	El obrero A, transporta las zanahorias del almacén.		El obrero D espera que las zanahorias se enfríen a 12 °C en 1 h.		El obrero G transporta el pallet hacia el contenedor
	El obrero A, pesa las zanahorias.		El obrero D transporta las zanahorias del cuarto frío a la mesa de trabajo.		Producto cargado en el contenedor.
	El obrero A transporta las zanahorias hacia el obrero B.		El obrero E corta raíces secundarias u hojas.		
	El obrero B lava las zanahorias a razón de 700 kg/h.		El obrero F transporta las zanahorias a la estación de empaque.		
	El obrero B transporta las zanahorias hacia el obrero C.		El obrero F pesa y empaca las zanahorias en cajas de 2.27 kg		
	El obrero C seca las zanahorias durante 6 min por cada 100 kg.		El obrero G transporta las cajas mediante montacargas al cooler.		

### PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA

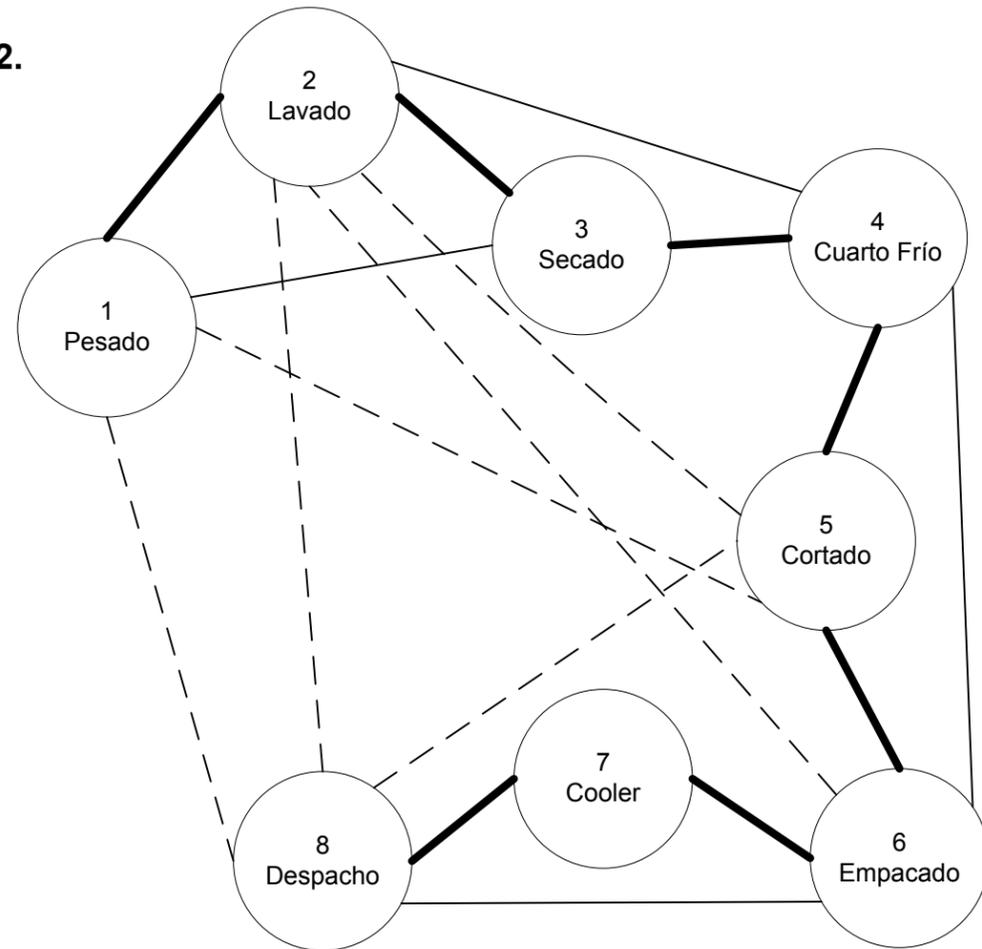
<b>Contenido</b> DIAGRAMA DE RECORRIDO		<b>Escala</b>	
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO	
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS		<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 2

1.

1. Pesado	A							
2. Lavado	A	B						
3. Secado	A	B	C	D				
4. Cuarto Frío	A	C	D	D	C	C		D
5. Cortado	A	B	C	C	C	C		
6. Empacado	A	C	D	C	C	C		
7. Cooler	A	B						
8. Despacho	A							

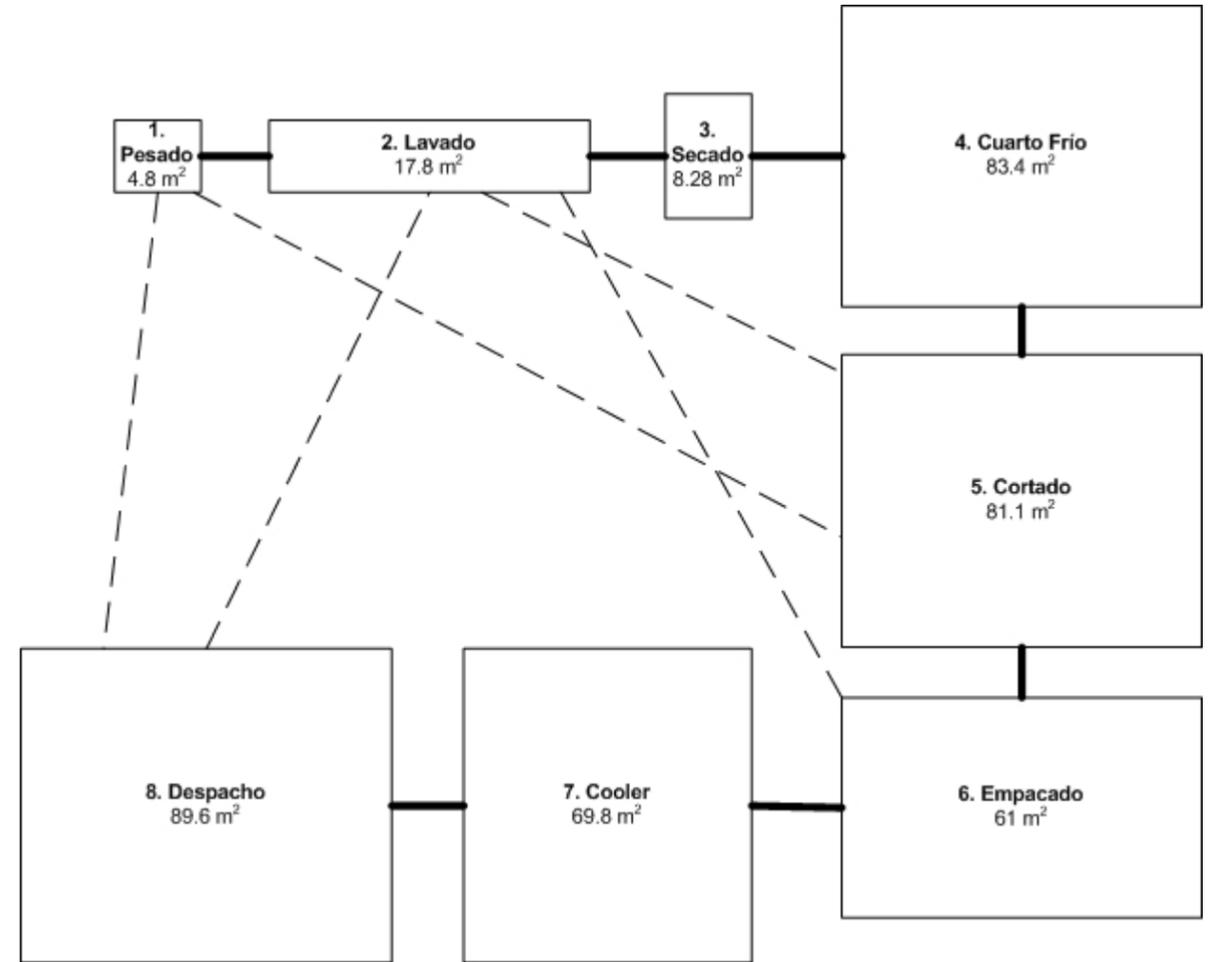
Relación de proximidad	
A: Necesario	—————
B: Importante	—————
C: No importa	—————
D: Indeseable	-----

2.



Relación de proximidad	
A: Necesario	—————
B: Importante	—————
D: Indeseable	-----

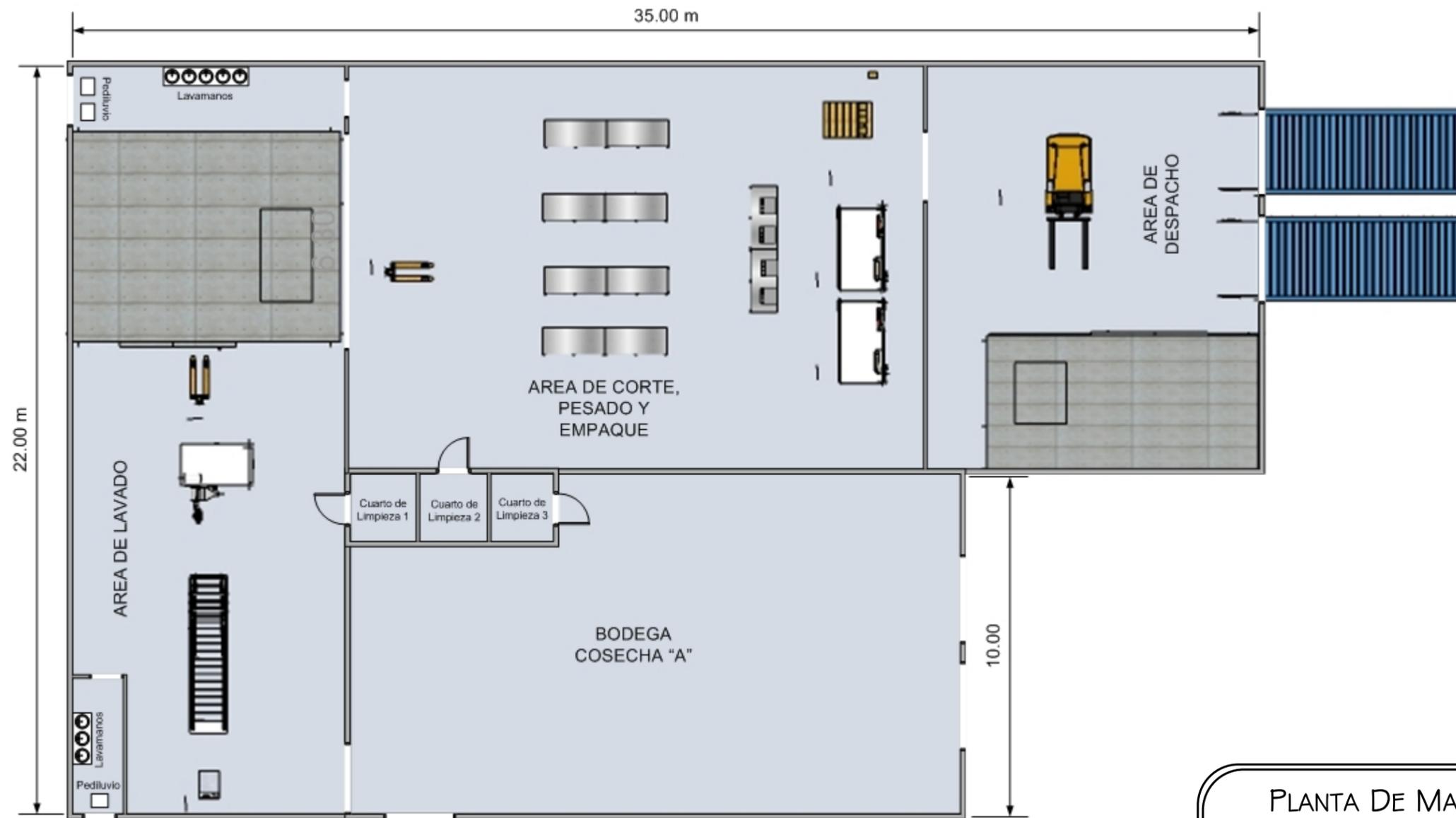
3.



Relación de proximidad	
A: Necesario	—————
B: Importante	—————
D: Indeseable	-----

Escala: 1:200

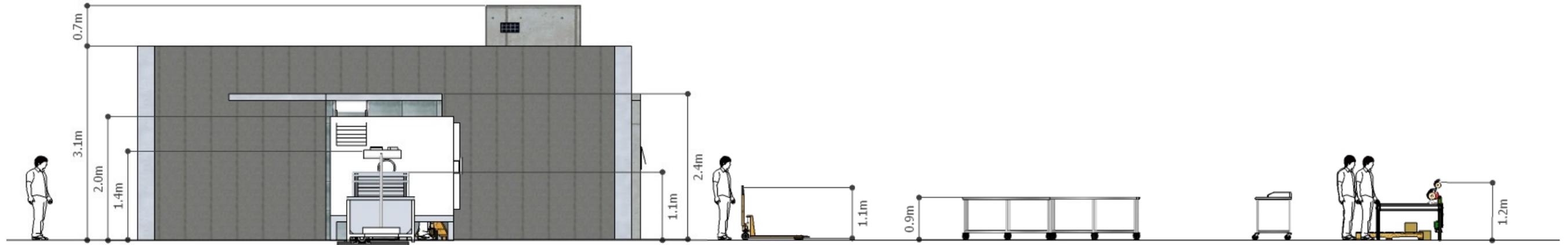
PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA		
<b>Contenido</b> DIAGRAMA DE RELACIONES ENTRE OPERACIONES		<b>Escala</b> INDICADA
<b>Diseñador</b> ÉDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS	<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 3



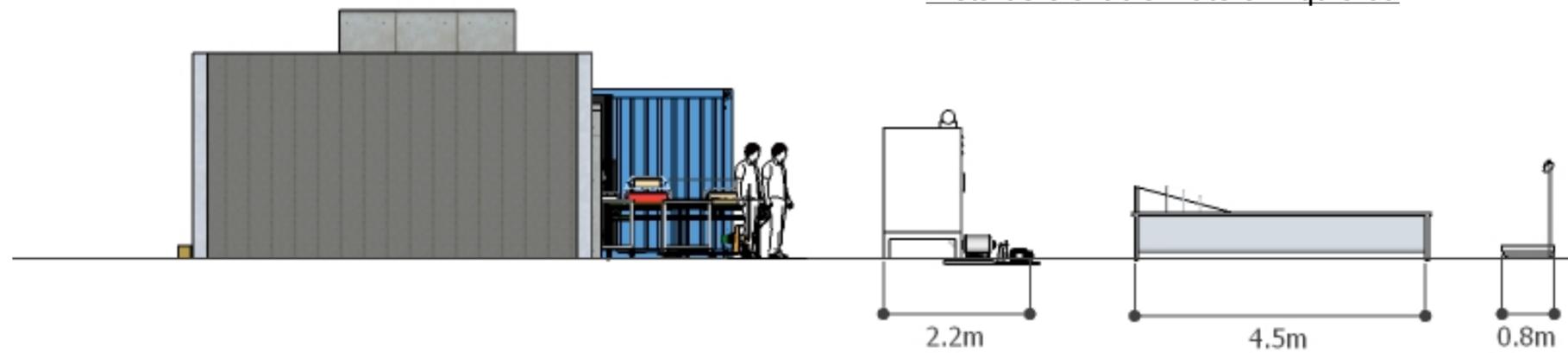
## PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA

<b>Contenido</b> PLANT LAYOUT		<b>Escala</b> 1:150	
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO	
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS		<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 4

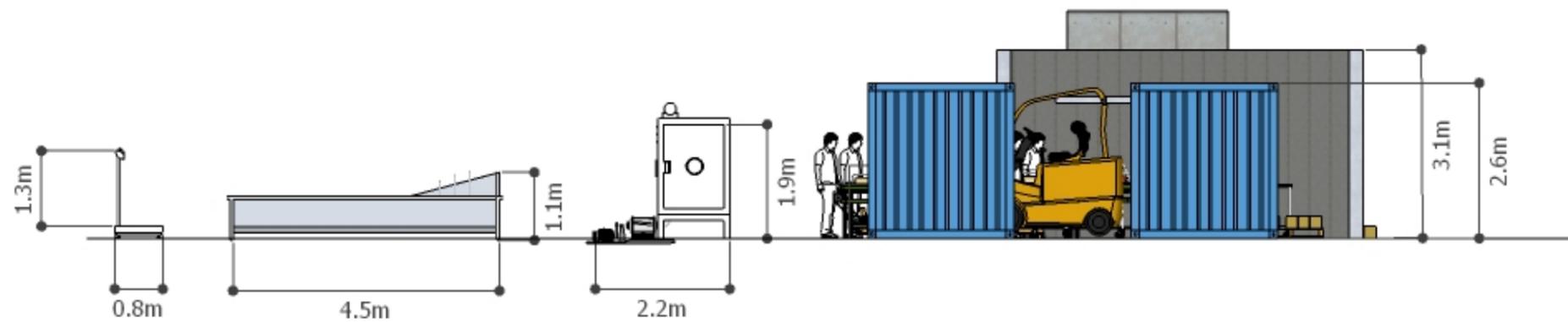
Vista de elevación frontal



Vista de elevación lateral izquierda

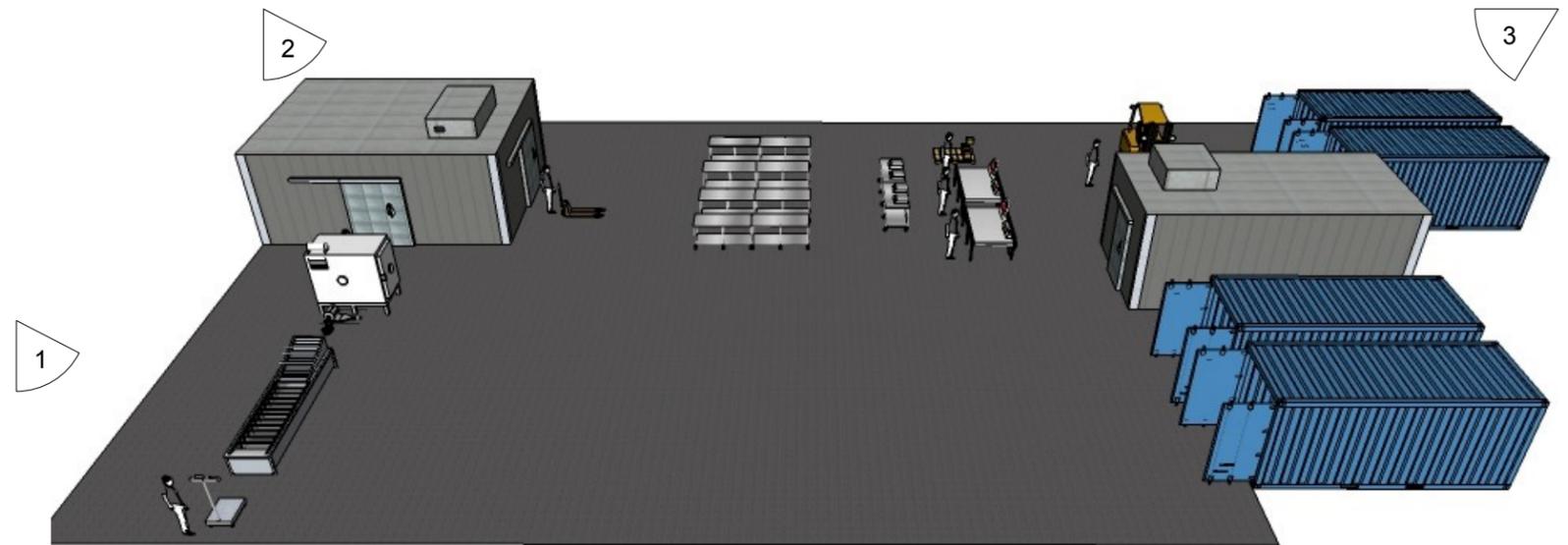
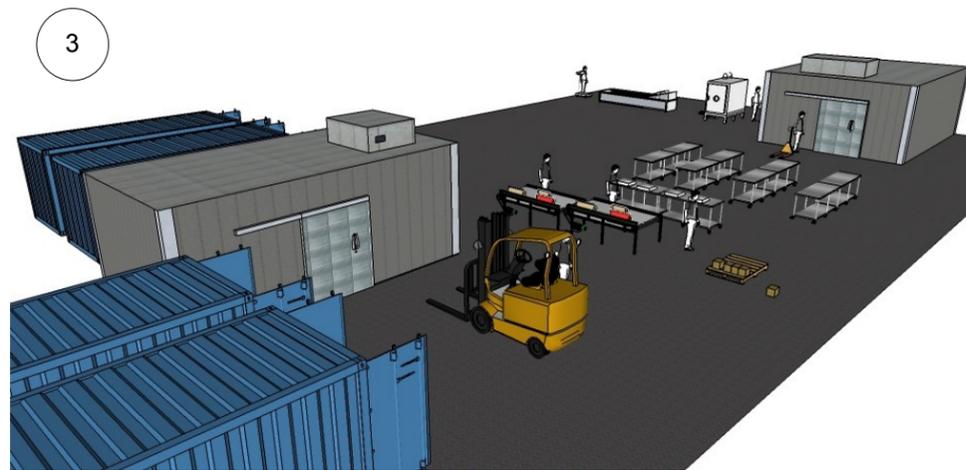
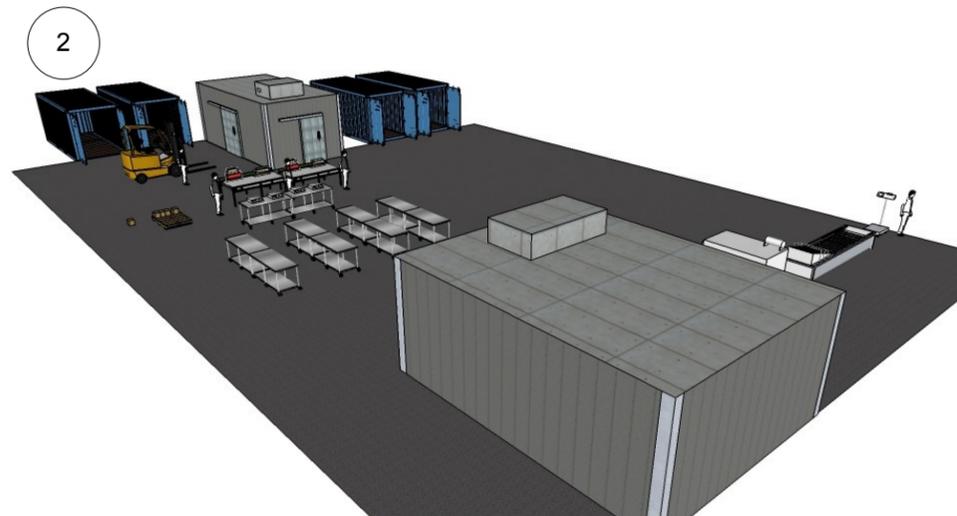
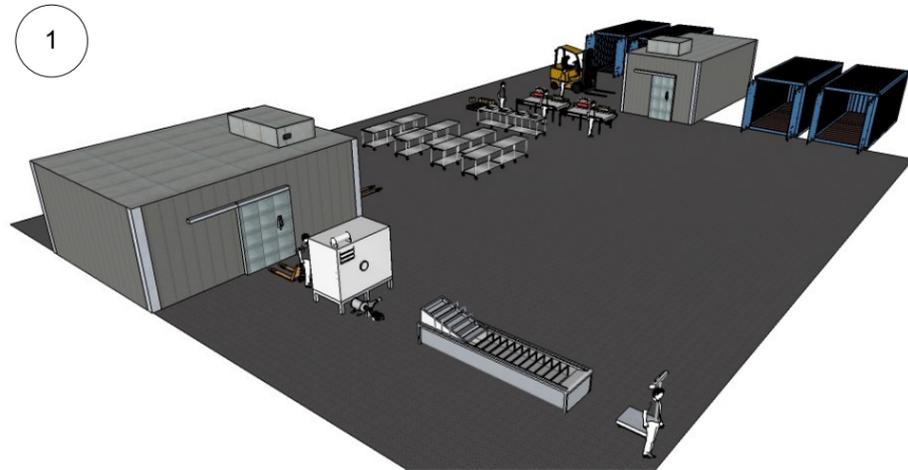


Vista de elevación lateral derecha

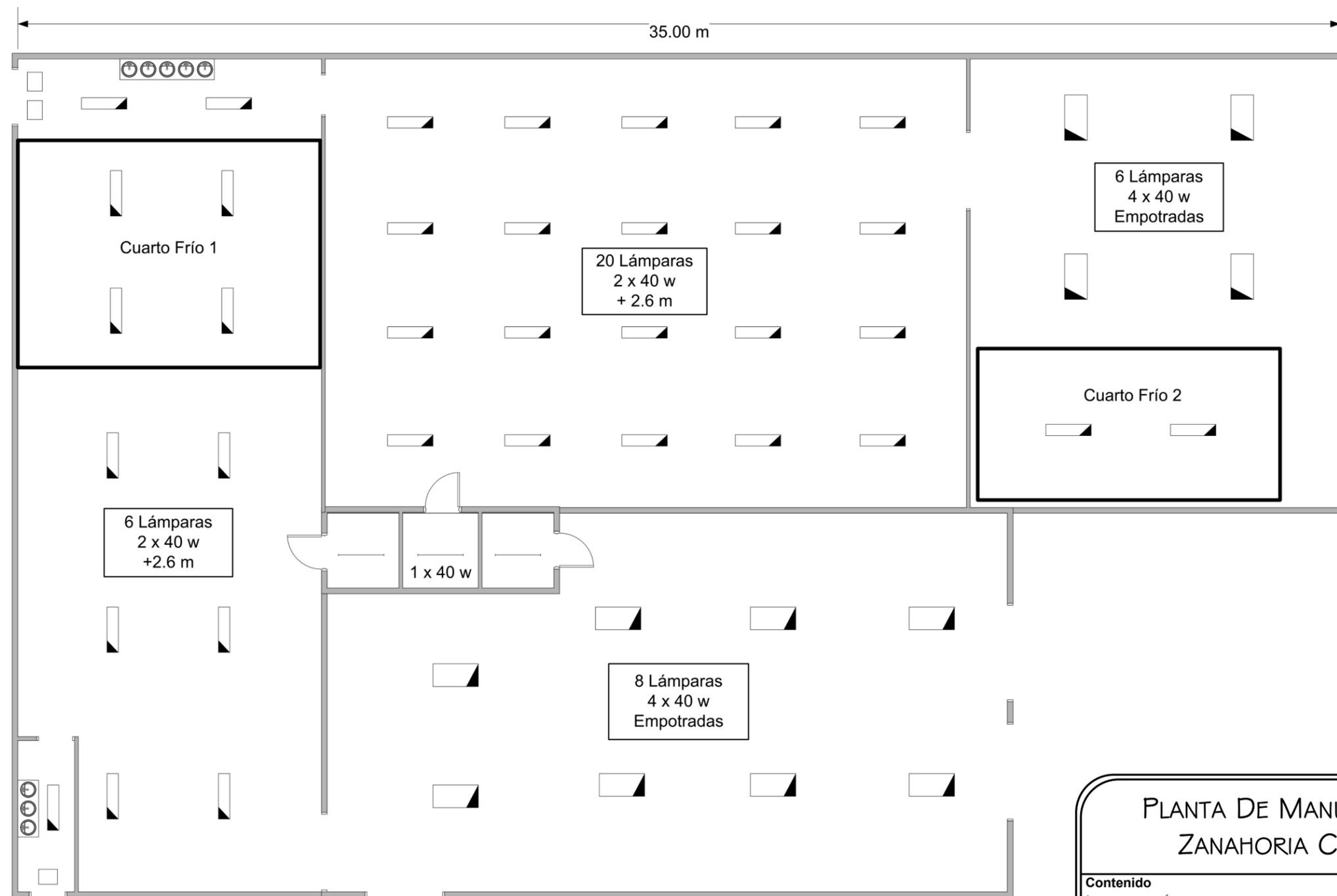


## PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA

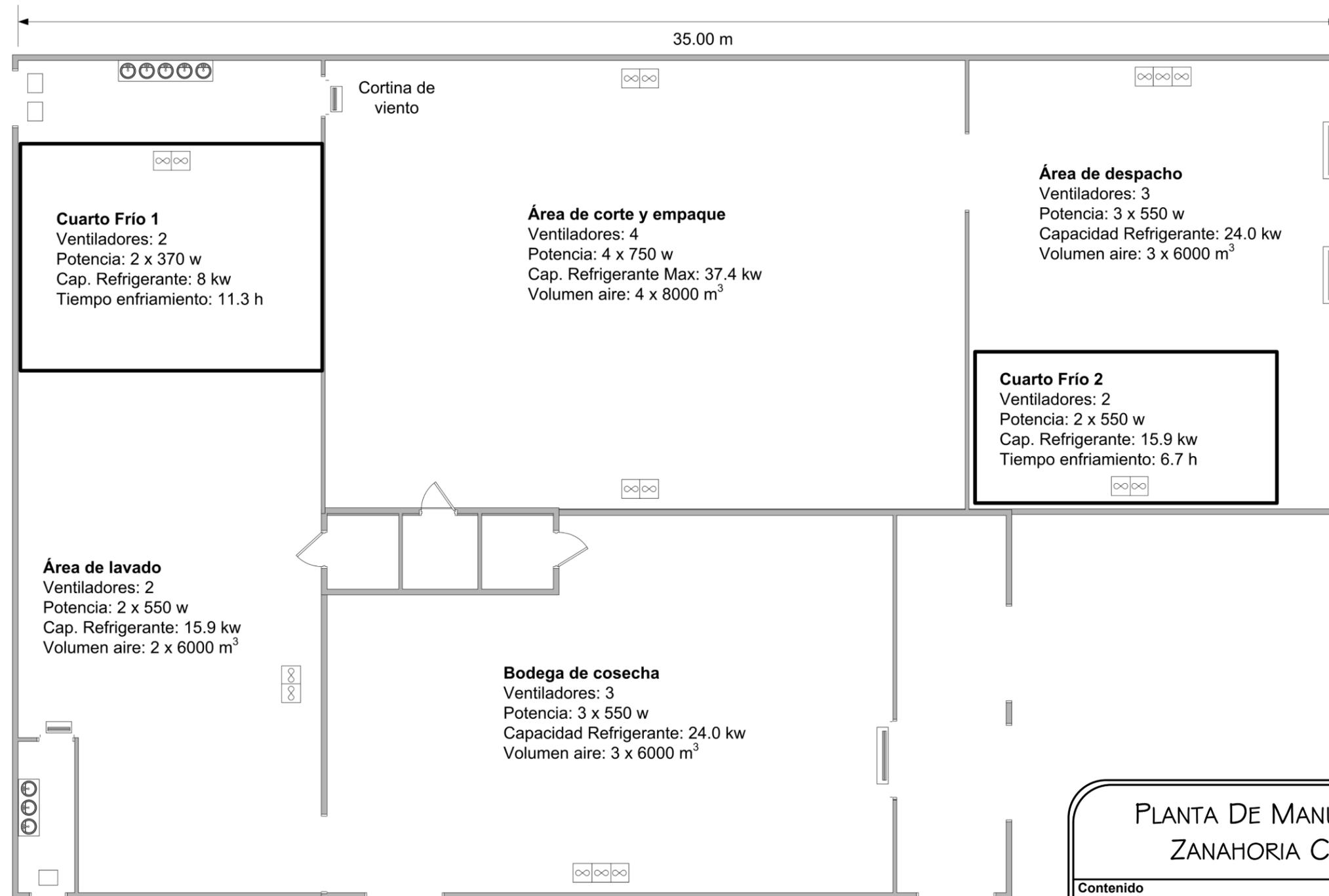
<b>Contenido</b> PLANT LAYOUT, VISTAS EN ELEVACIÓN		<b>Escala</b> INDICADA
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS	<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 5



PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA		
<b>Contenido</b> VISTAS EN PERSPECTIVA DEL PLANT-LAYOUT	<b>Escala</b>	
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA	<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO	
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS	<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 6

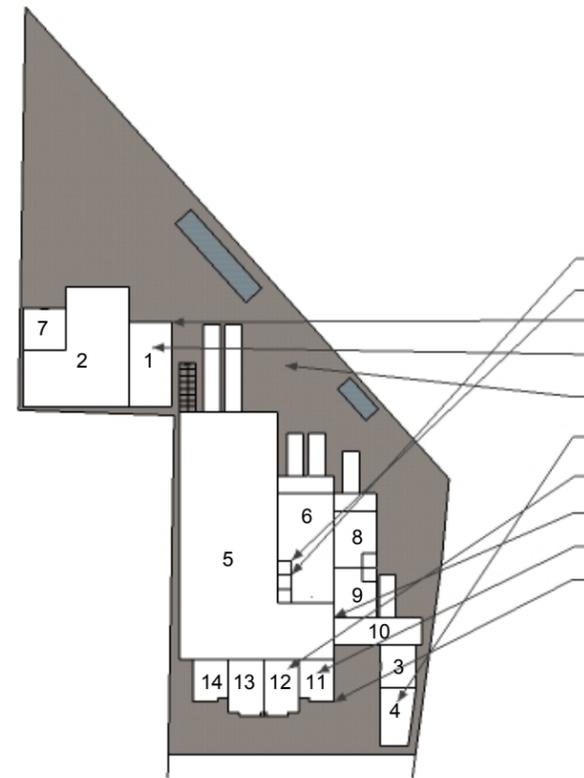
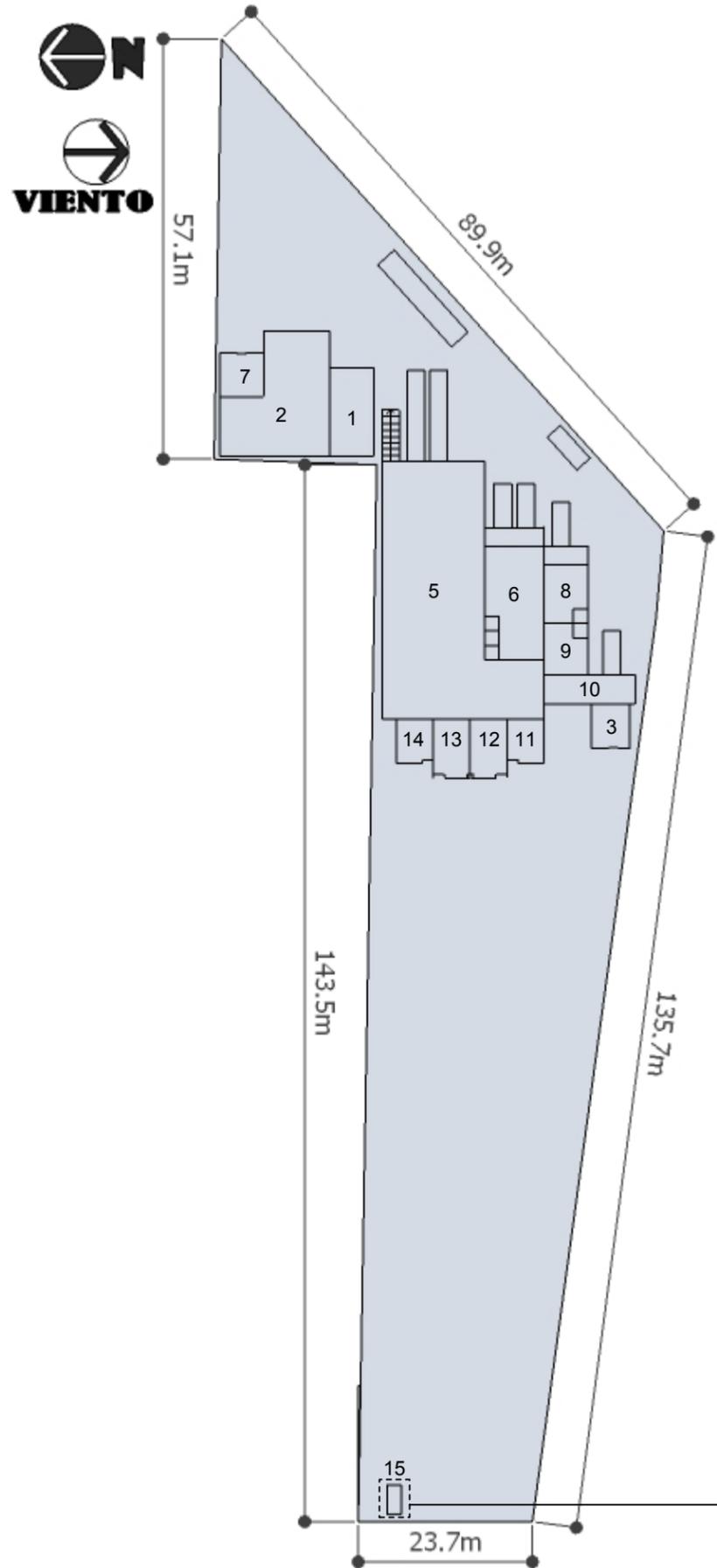


PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA		
<b>Contenido</b> ILUMINACIÓN		<b>Escala</b> 1:125
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS	<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 7



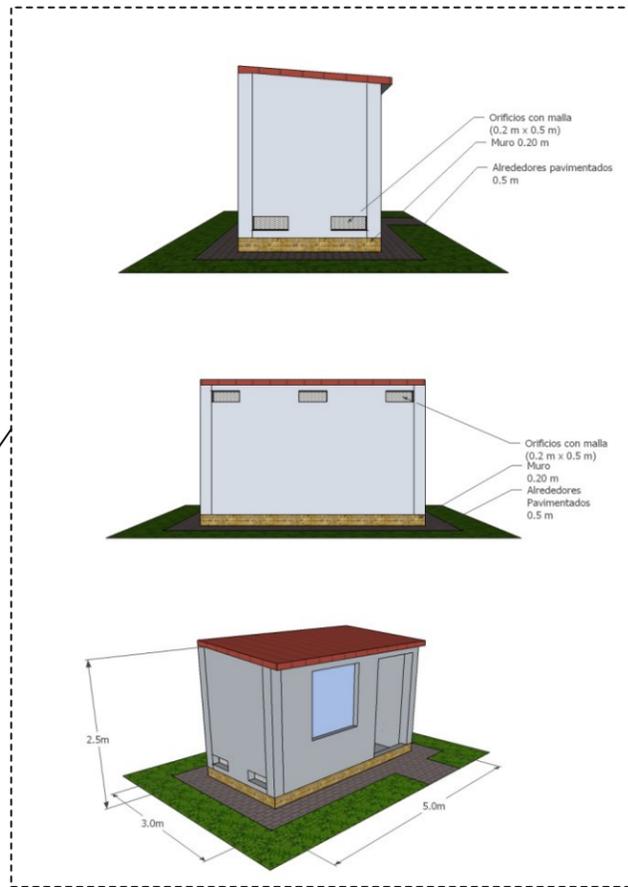
## PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA

<b>Contenido</b> VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO		<b>Escala</b> 1:125
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS	<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 8



- B-FSA01
- B-FSA02
- I-CDX11
- I-CDX06
- I-CDX04
- I-CDX03
- I-CDX05
- I-CDX12
- I-CDX16
- A-CDX09

1. Cafetería
2. Oficinas
3. Enfermería
4. Área para limpieza
5. Planta de proceso
6. Bodega cosecha "A"
7. Laboratorio
8. Bodega forraje
9. Bodega cosecha "B"
10. Bodega materia prima
11. Vestidores hombres
12. Sanitarios hombres
13. Vestidores Mujeres
14. Sanitarios Mujeres
15. Bodega agroquímicos



### PLANTA DE MANUFACTURA DE ZANAHORIA CONGELADA

<b>Contenido</b> UBICACIÓN GENERAL DE LA PLANTA		<b>Escala</b> INDICADA
<b>Diseñador</b> EDGAR MARTÍNEZ GARCÍA		<b>Ubicación</b> CANTEL, QUETZALTENANGO
<b>Asesor</b> ING. ORLANDO POSADAS	<b>Fecha</b> AGOSTO 2012	<b>No.</b> 9