

Invernadero inteligente con versatilidad para producción de hortalizas y frutos fuera de estacionalidad en Tierra del Fuego

Luraghi Alejandro Eduardo, Martín y Abbate Daga María Guadalupe, Preisegger Tomás
Daniel

Facultad Regional Tierra del Fuego, Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniería Industrial

Ing. Guillermo Hugo Bonifacini

22 de marzo de 2023

1 Resumen

Este proyecto de inversión consiste en el aprovisionamiento y puesta en marcha de un invernadero automatizado de 250 m² mediante la técnica de hidroponía, ubicado en la provincia de Tierra del Fuego. Su objetivo principal es la versatilidad en la producción de alimentos de hoja y de fruto, logrando abastecer al mercado local sin demoras de logística y principalmente, logrando mantener la mejor calidad posible de los alimentos.

El proyecto incluye elección de diseño del invernadero, selección del material de estructura y de cubierta, diseño de lay-out, proceso productivo y diseño de automatizaciones de producción en el sistema de alimentación, de iluminación, calefacción y ventilación.

La particularidad de este proyecto es la automatización y la eficiencia en el uso de mano de obra, como en la materia prima utilizada en la producción del invernadero. Las variables del microclima generado en el interior serán controladas y corregidas, según los programas diseñados para cada producto.

La inversión total es de 134.229 USD financiada 27,5% con aportes de socios y 72,5% con crédito otorgado por el Ministerio de Producción y Ambiente de la provincia de Tierra del Fuego, específicamente, Crédito CFI: Línea Reactivación Productiva, con un plazo máximo de 84 meses de amortización y 24 meses de gracia, a una tasa de interés máxima del 30% anual.

El estudio económico otorga un valor de VAN igual a USD 2.617,81 y una TIR de 36,81%. Ambos valores obtenidos son satisfactorios y la inversión es recuperada en el tercer año.

Palabras clave: invernadero clima frío, versatilidad de producción, hidroponía de cultivos de fruto y hoja, automatización del manejo de microclima y requerimientos de producción.

2 Índice

1	Resumen	2
2	Índice	3
3	Introducción	9
3.1	Justificación y objetivo del proyecto	9
3.2	Producción bajo cubierta: invernadero	9
4	Estudio de mercado	10
4.1	Breve caracterización de la producción frutihortícola en Tierra del Fuego	10
4.2	Estrategia Provincial para el Sector Agroalimentario de Tierra del Fuego.....	11
4.3	Análisis FODA	12
4.4	Determinación del producto.....	12
4.5	Mercado consumidor.....	13
4.5.1	<i>Determinación de amplitud de la línea de producto</i>	<i>13</i>
4.5.2	<i>Estimación de demanda</i>	<i>21</i>
4.6	Determinación de estrategia de plaza (distribución)	25
4.7	Determinación del precio de venta.....	25
4.8	Mercado competidor	26
4.9	Plan de producción.....	28
5	Obra civil e instalaciones	30
5.1	Elección del tipo de invernadero	31
5.2	Estructura.....	32
5.3	Material de estructura	32
5.4	Tipo de material de cubierta.....	34
5.5	Medidas	35
5.6	Aprovisionamiento de estructura.....	36
5.7	Construcción del invernadero	37
5.7.1	<i>Localización.....</i>	<i>37</i>
5.7.2	<i>Orientación del invernadero en el terreno.....</i>	<i>38</i>
5.7.3	<i>Preparación del terreno</i>	<i>39</i>

5.7.4	<i>Armado de estructura</i>	39
5.7.5	<i>Armado de cubierta</i>	39
5.7.6	<i>Instalaciones</i>	39
6	Sistema de producción	41
6.1.1	<i>Capacidad instalada</i>	41
6.1.2	<i>Componentes del sistema hidráulico</i>	41
6.1.3	<i>Lay-out y diagrama del sistema</i>	46
6.1.4	<i>Listado de materiales del sistema</i>	47
7	Desarrollo de microclima	48
7.1	Sistema de calefacción	48
7.1.1	<i>Cálculo de demanda térmica en invernadero</i>	48
7.1.2	<i>Estudio de alternativas de sistemas de calefacción</i>	51
7.1.3	<i>Selección del sistema de calefacción</i>	54
7.2	Sistema de iluminación	55
7.2.1	<i>Iluminación artificial en el desarrollo vegetal</i>	55
7.2.2	<i>Iluminación: magnitudes y unidades</i>	57
7.2.3	<i>Cálculos para iluminación artificial</i>	57
7.2.4	<i>Diagrama de cálculos</i>	58
7.2.5	<i>Alternativa 1: Tubo fluorescente</i>	58
7.2.6	<i>Alternativa 2: Lámpara HPS</i>	63
7.2.7	<i>Alternativa 3: Lámpara LED</i>	66
7.2.8	<i>Selección del sistema de iluminación</i>	69
7.2.9	<i>Cálculos de consumos y costos totales en iluminación</i>	69
7.2.10	<i>Diagrama unifilar del sistema</i>	70
7.3	Sistema de ventilación	71
8	Ingeniería de procesos	73
8.1	Elección de la técnica de cultivo	73
8.2	Descripción del proceso productivo	74
8.3	Flujograma del proceso productivo	78

9	Innovación tecnológica: propuestas de automatización	80
9.1	Invernaderos tecnológicos.....	80
9.2	Parámetros de control y monitoreo.....	82
9.2.1	<i>Electro-conductividad de la solución nutritiva</i>	<i>82</i>
9.2.2	<i>Potencial de hidrógeno de la solución nutritiva (PH)</i>	<i>82</i>
9.2.3	<i>Temperatura y humedad del recinto</i>	<i>83</i>
9.2.4	<i>Renovación de aire del recinto</i>	<i>84</i>
9.3	Sistema de control	84
9.3.1	<i>Interfase de usuario.....</i>	<i>85</i>
9.4	Lógica de control	85
9.5	Esquema del circuito de control.....	87
10	Estudio económico financiero.....	88
10.1	Inversión (K).....	88
10.1.1	<i>Obra civil y cubierta</i>	<i>88</i>
10.1.2	<i>Instalaciones, equipamientos y automatizaciones</i>	<i>89</i>
10.1.3	<i>Capital de trabajo o circulante.....</i>	<i>90</i>
10.1.4	<i>Composición del capital.....</i>	<i>91</i>
10.2	Análisis de costos.....	92
10.2.1	<i>Costos fijos</i>	<i>92</i>
10.2.2	<i>Costos variables</i>	<i>93</i>
10.2.3	<i>Costos totales</i>	<i>95</i>
10.3	Ingresos por ventas.....	95
10.4	Punto de equilibrio	96
12	Evaluación económica	98
12.1	Flujos de caja proyectados.....	98
12.2	Periodo de recupero.....	101
13	Bibliografía	102

Índice de gráficos

Gráfico 1. Participación de gastos en alimentos por lugar de adquisición.....	25
---	----

Gráfico 2. Cadena de suministro de alimentos desde mercados centrales	26
Gráfico 3. Temperaturas de Tierra del Fuego	49
Gráfico 4. Duración del día en Río Grande, TDF	51
Gráfico 5. Flujos de caja	99
Gráfico 6. Flujos de caja descontados. Período de recupero.....	101

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Vinculación entre las condiciones climáticas y el proceso vital de la planta	10
Ilustración 2. Análisis FODA.....	12
Ilustración 3. Tipos de invernaderos.....	31
Ilustración 4. Características del policarbonato alveolar.....	34
Ilustración 5. Medidas del invernadero	35
Ilustración 6. Diseño del invernadero. Vista 3D.....	36
Ilustración 7. Diseño del invernadero. Vista superior.	37
Ilustración 8. Orientación del invernadero.....	38
Ilustración 9. Soporte de batea	43
Ilustración 10. Lay-out del sistema	46
Ilustración 11. Diagrama del sistema	46
Ilustración 12. Longitud de onda absorbida por las plantas.....	56
Ilustración 13. Diagrama unifilar iluminación LED	70
Ilustración 14. Sistema de ventilación	72
Ilustración 15. Modelo de canastas	75
Ilustración 16. Modelo de cajón plástico.....	77
Ilustración 17. Diagrama de flujo proceso productivo	78
Ilustración 18. Sensor de electro-conductividad.....	82
Ilustración 19. Sensor de PH.....	83
Ilustración 20. Sensor de temperatura y humedad	83
Ilustración 21. Módulo arduino.....	84
Ilustración 22. Interface de usuario, display LCD	85
Ilustración 23. Flujo de los procesos de control	85
Ilustración 24. Esquema del circuito de control	87
Ilustración 25. Modelo de contrato eventual	115

Índice de tablas

Tabla 1. Consumo medio per cápita mensual de verduras y frutas frescas, y precios promedios a diciembre 2018 de la población de Tierra del Fuego	13
--	----

Tabla 2. Consumo medio per cápita mensual y precios promedios a diciembre 2018 de la población de Tierra del Fuego para la línea de producto a ofrecer.....	15
Tabla 3. Especies de la línea de producto con mayor demanda. Año 2018	16
Tabla 4. Especies de la línea de producto con mayor precio de venta. Año 2018.....	17
Tabla 5. Consumo medio per cápita mensual y precios promedios a diciembre 2013 de la población de Tierra del Fuego para la línea de producto a ofrecer.....	17
Tabla 6. Elasticidad precio de la demanda de cada especie de la línea de producto	19
Tabla 7. Criterios de ponderación para determinación final de la amplitud de línea de producto	19
Tabla 8. Resultado final ponderación para determinación final de la amplitud de línea de producto	20
Tabla 9. Consumo medio mensual total en Kg de los habitantes de Tierra del Fuego en 2018	21
Tabla 10. Demanda estimada de la línea de producto en Tn para las ciudades de Rio Grande y Ushuaia desde el año 2018 hasta el año 2040	22
Tabla 11. Demanda estimada de la línea de producto en Tn para la Provincia de Tierra del Fuego (TDF) desde el año 2018 hasta el año 2040.....	24
Tabla 12. Calendario de siembra y cosecha de la competencia	27
Tabla 13. Variación de precio de venta por momentos de escasa oferta.....	28
Tabla 14. Margen de contribución anual. Por ciclo evaluado	29
Tabla 15. Aspectos evaluados para materiales de construcción.....	33
Tabla 16. Capacidad instalada.....	41
Tabla 17. Conductividad del policarbonato.....	48
Tabla 18. Temperaturas promedio óptimas de cultivos.....	49
Tabla 19. Promedio de delta de temperatura entre temperatura media exterior y necesidad calórica de los cultivos. Por estación.....	50
Tabla 20. Requerimiento de calor en invernadero. Por cultivo y por estación	50
Tabla 21. Consumo anual de gas. Alternativa 1. Cultivo fruto	52
Tabla 22. Tarifas de gas. Camuzzi Gas del Sur.....	52
Tabla 23. Costo de instalación. Alternativa de gas 1.	52
Tabla 24. Consumo y costo anual de gas. Alternativa 2. Cultivo fruto	53
Tabla 25. Costo de instalación. Alternativa de gas 2.....	53
Tabla 26. Consumo y costo anual de gas. Alternativa 3. Cultivo fruto	54
Tabla 27. Costo de instalación. Alternativa de gas 3.....	54
Tabla 28. Tabla resumen de alternativas para sistema de calefacción	54
Tabla 29. Iluminación óptima de los cultivos	55
Tabla 30. Magnitudes y unidades de iluminación	57

Tabla 31. Equivalencias PPF/luxes	59
Tabla 32. Factor de reflexión de materiales	60
Tabla 33. Coeficiente de utilización C_u reparto luminoso directo	61
Tabla 34. Alternativa 1: Tubo fluorescente. Materiales y costos.....	63
Tabla 35. Coeficiente de utilización C_u reparto luminoso directo y cerrado	64
Tabla 36. Alternativa 2: Lámpara HPS. Materiales y costos.....	66
Tabla 37. Alternativa 3: LED. Materiales y costos.	68
Tabla 38. Comparativa entre HPS y LED.....	69
Tabla 39. Delta horas del día a cubrir con iluminación artificial.....	69
Tabla 40. Ventajas y desventajas de la hidroponía	73
Tabla 41. Parámetros técnicos. Proceso productivo. Por cultivo	81
Tabla 42. Resumen de inversión	88
Tabla 43. Composición rubros obra civil y cubierta	88
Tabla 44. Composición rubros instalaciones, equipamientos y automatizaciones	89
Tabla 45. Costos fijos por ciclo. Costos fijos unitarios por Kg.	93
Tabla 46. Detalle de costos variables por ciclo. Por producto.	94
Tabla 47. Costos variables totales por ciclo. Costos unitarios por Kg.....	95
Tabla 48. Costos totales anuales por producto.	95
Tabla 49. Costos unitarios totales por Kg.	95
Tabla 50. Precio de venta por producto.	95
Tabla 51. Proyección de ventas.....	96
Tabla 52. Participación del mercado.....	96

3 Introducción

3.1 Justificación y objetivo del proyecto

La fuerte demanda de productos alimenticios locales actualmente insatisfecha en Tierra del Fuego motiva la realización de este estudio.

El objetivo es determinar la factibilidad técnica y económica de la puesta en marcha de un invernadero automatizado en un entorno caracterizado por condiciones climáticas extremas. Con el objetivo de conseguir el mayor rendimiento económico y amortizando lo antes posible la inversión realizada.

Asimismo, se pretende constituir un proyecto innovador que aporte una serie de servicios a la zona, facilitando la producción y contribuyendo a la autonomía alimentaria de la provincia.

3.2 Producción bajo cubierta: invernadero

El sistema de producción de cultivos en forma protegida o bajo cubierta involucra la implementación de diversas prácticas y tecnologías, con el objetivo de establecer condiciones ambientales controladas que incidan acentuadamente en el desarrollo y crecimiento de diversas especies vegetales, enmarcando como estrategia la extensión de la estacionalidad natural de los cultivos, la gestión de abastecimiento continuo de los mercados y el desarrollo de producciones en regiones con factores climáticos limitantes.

Para la protección de los cultivos se han desarrollado diversas instalaciones, diferenciándose entre sí por la complejidad de sus estructuras y la capacidad de control ambiental, tales como: micro y macro túneles, invernaderos y tipo sombra/malla.

El invernadero es una construcción agrícola cuya estructura es de madera, hierro u otros materiales de dimensiones que se adecúan a las necesidades del cultivo, a las actividades y tareas mecánicas y a los trabajadores. Se caracteriza por poseer cubierta transparente para permitir el paso de las radiaciones solares necesarias para la vida de los cultivos.

En el desarrollo de un proyecto productivo bajo cubierta se deben considerar dos características principales del invernadero: su funcionalidad y su eficiencia, las cuales permiten proporcionar y mantener un ambiente de crecimiento con máximos rendimientos y calidad de los cultivos estrechamente ligados a la rentabilidad de la producción.

La funcionalidad del invernadero es resultado de un conjunto de características que permiten el adecuado uso y aprovechamiento de éste, tanto desde el punto de vista técnico como económico:

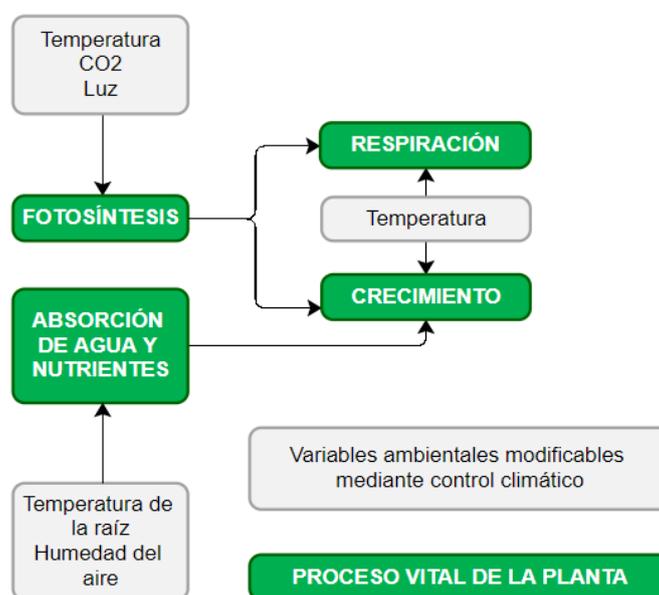
- Dimensiones adecuadas para la siembra, rotación y cosecha del cultivo que faciliten las tareas manuales y mecánicas.
- Accesos y recorridos para el personal y circulación de maquinarias.

- Elección de materiales adecuados para su construcción y diseño eficiente para asegurar un mantenimiento que resulte sencillo y económico.

La eficiencia está definida por la capacidad que tiene el invernadero para el control edafoclimático¹, el cual se ajusta a los requerimientos fisiológicos del cultivo que se pretende producir.

Para aclarar el concepto y la importancia de este control en los invernaderos, la ilustración 1 presenta el proceso vital de una planta y las variables ambientales que pueden ser controladas para producir las condiciones de entorno más favorables.

Ilustración 1. Vinculación entre las condiciones climáticas y el proceso vital de la planta



Del proceso fotosintético depende el crecimiento del cultivo y está directamente afectado por los niveles de temperatura, CO₂ y aporte lumínico.

Por otro lado, la absorción de agua y de nutrientes está condicionada por la temperatura de la raíz y la humedad del aire.

4 Estudio de mercado

4.1 Breve caracterización de la producción frutihortícola en Tierra del Fuego

La actividad frutihortícola en Tierra del Fuego existe desde hace décadas, sin embargo, diversos condicionantes no permitieron (incluso en la actualidad) su desarrollo y expansión, tales como: la marcada estacionalidad, la poca capacidad de inversión por parte de los

¹ Relativo a las características de suelo y clima.

productores existentes, la falta de superficie de labranza adecuada y de mano de obra calificada, y el costo de oportunidad para el trabajo presentado por el resto de los sectores.

La particularidad del mercado frutihortícola en la región está establecida por las extensas distancias entre la provincia y las regiones abastecedoras (principalmente el Mercado Central de Buenos Aires y el de Mendoza). Esto configura una fuerte **debilidad en la cadena productiva** dada la elevada dependencia de condiciones externas a la provincia y un **alto costo transferido al consumidor**. Este aumento en el costo está originado por la pérdida de calidad de los productos ocasionadas por el flete y la cadena de frío que merma su sabor y sus propiedades nutritivas; y por la discontinuidad de la oferta dadas las condiciones climáticas extremas: fuertes vientos, bajas temperaturas y extensos períodos del año con poca luz natural.

Durante el 2016 la Secretaría de Producción y Ambiente del Municipio de Rio Grande diagnosticó un sector hortícola caracterizado por bajos niveles de desarrollo productivo y tecnológico, un reducido número de productores, mano de obra de tipo familiar o unipersonal, y una alta informalidad en distintos aspectos de la producción.

La producción local proviene fundamentalmente de cultivo bajo cubierta de hortalizas de hoja (lechuga, acelga y espinaca) y el cultivo de frutilla en segundo orden de importancia, en invernaderos sin calefacción e iluminación activa y con un período de producción que abarca los meses entre septiembre y abril debido al entorno local favorable en cuanto a temperatura y luz.

Finalmente, es necesario destacar que, el implantado interés por la agricultura urbana como política social y ambiental ha dado como resultado el crecimiento de la horticultura destinada al autoconsumo y a la venta eventual de excedentes, representando el 1% de abastecimiento al consumo local, con una fuerte demanda insatisfecha originada por la calidad organoléptica que se obtiene por el breve periodo que transcurre desde la cosecha y la exhibición en góndola o su venta directa.

4.2 Estrategia Provincial para el Sector Agroalimentario de Tierra del Fuego

Dentro del marco de la estrategia Provincial para el Sector Agroalimentario de Tierra del Fuego, que busca generar valor agregado y altos estándares de calidad, para alcanzar el mayor nivel posible de autoabastecimiento de productos alimenticios y demás bienes vinculados al sector, se encuentra la implantación y puesta en marcha de invernaderos, éstos como motores de desarrollo de la agricultura familiar y base de la seguridad alimentaria.

Año tras año la población local va creciendo al igual que la consolidación del turismo como actividad económica, lo que representa una alta demanda de productos locales.

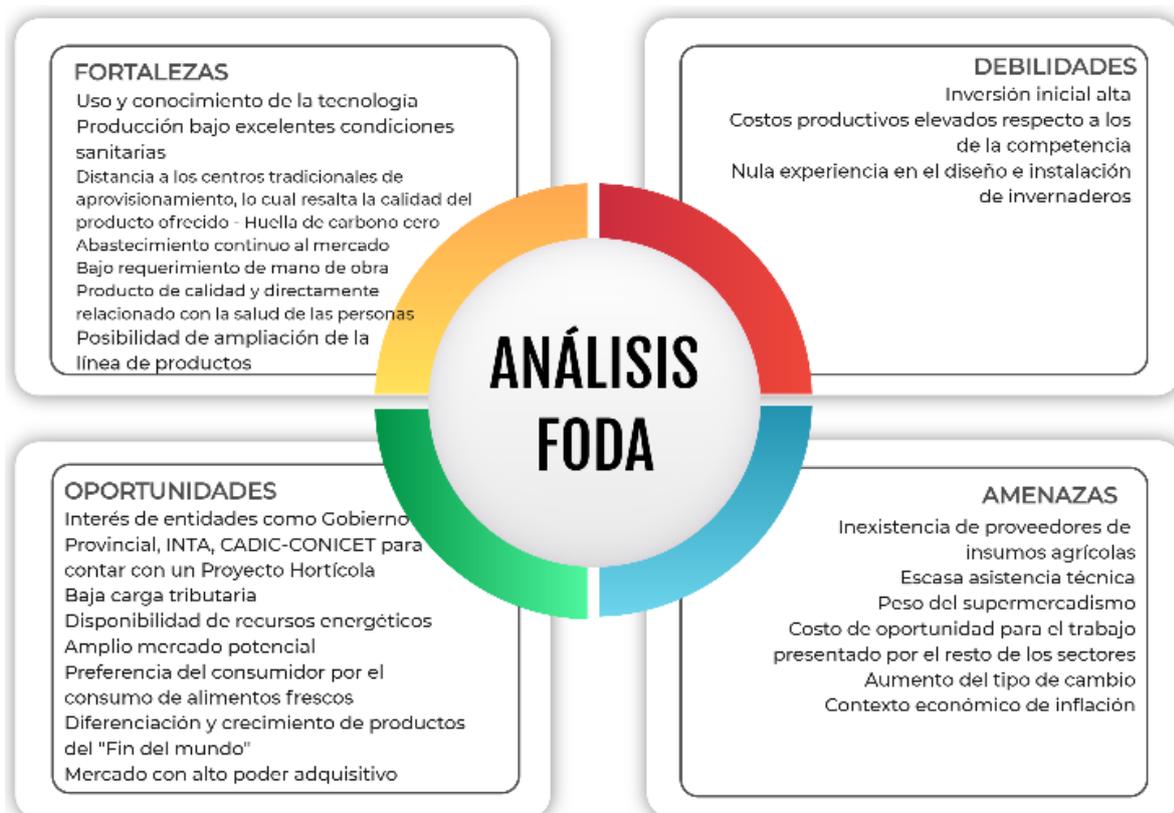
En este sentido y destacando las condiciones existentes como: fotoperíodo, escasa presencia de patógenos que favorecen la producción de determinados cultivos, y el desarrollo de

productos diferenciados para cubrir la demanda de nichos de mercados exigentes, se destaca la importancia de llevar a cabo estudios más exhaustivos sobre sistemas de producción más modernos, mejoramiento de la infraestructura rural, innovación de los procesos, sustentabilidad ambiental, entre otros.

4.3 Análisis FODA

Este análisis permite obtener un panorama amplio del proyecto y detectar las variables internas y externas, las cuales determinan el curso a seguir.

Ilustración 2. Análisis FODA



4.4 Determinación del producto

Como punto de partida, la decisión de cultivar bajo cubierta implica la elección de cultivos que presenten altos rendimientos bajo este sistema productivo controlado y un alto valor comercial que aumenta por:

1. Obtención de producción fuera de época para un mercado con escasa oferta
2. Mejoramiento de la calidad del producto

Entre estos cultivos se encuentran **hortalizas** de hoja (Lechuga, acelga, espinaca, apio); de flor (brócoli, coliflor, alcachofa, etc.); de fruto (tomate, pimiento morrón, pepino, berenjena); y **frutas** (frutillas, arándanos, frambuesas, moras, grosellas).

Por tal motivo, este grupo de hortalizas y frutas frescas constituyen la línea de producto que es posible ofrecer al mercado.

Para establecer la amplitud² necesaria para la línea de producto (especies a cultivar) es conveniente analizar el mercado consumidor.

4.5 Mercado consumidor

El mercado consumidor son todos los habitantes de la provincia de Tierra del Fuego que consumen frutas y verduras. Este mercado presenta:

1. Fuerte demanda de productos alimenticios locales (actualmente insatisfecha)
2. Alto poder adquisitivo

Estas características sumadas al entorno productivo local, que supone condiciones impositivas preferenciales y características fitosanitarias-ambientales excepcionales para producir alimentos de calidad, determinan el atractivo del mercado que se desea atender.

Los objetivos del estudio del mercado consumidor son:

1. Determinación de amplitud de la línea de producto: seleccionar productos finales de venta
2. Estimación de la demanda
3. Determinación de estrategia de plaza (distribución)
4. Determinación de precio de venta

4.5.1 Determinación de amplitud de la línea de producto

El Atlas de Consumo de Alimentos, desarrollado en el Centro de Investigación en Economía y Prospectiva (CIEP) permite desagregar la información relevada por las “Encuestas Nacionales de Gastos de los Hogares” (ENGHos) llevadas a cabo por el Instituto de Estadística y Censos (INDEC) a nivel de país, región, subregión y provincia.

En base a estos datos, es posible conocer la estructura del gasto en verduras y frutas frescas de los hogares de la provincia de Tierra del Fuego y, por consiguiente, el consumo medio per cápita y el precio promedio a diciembre 2018.

Tabla 1. Consumo medio per cápita mensual de verduras y frutas frescas, y precios promedios a diciembre 2018 de la población de Tierra del Fuego

<i>Subclase</i>	<i>Agregado</i>	<i>Artículo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Consumo medio per cápita mensual</i>	<i>Precio promedio [ARS]</i>
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Ajo	Unidad	0,18	\$17

² Amplitud: Número total de productos que se comercializan.

<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla común	Kilo	0,42	\$36
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	Kilo	0,03	\$85
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Pepino	Kilo	0,02	\$61
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Zapallito	Kilo	0,14	\$57
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Zapallo	Kilo	0,28	\$29
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Frutillas frescas	Kilo	0,03	\$185
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Cerezas, guindas frescas	Kilo	0,01	\$104
<i>Verduras frescas</i>	Legumbres	Chauchas	Kilo	0,00	\$296
<i>Verduras frescas</i>	Otras V, T y L	Choclo	Kilo	0,05	\$79
<i>Verduras frescas</i>	Otras V, T y L	Hongos	Kilo	0,00	\$453
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Zanahoria	Kilo	0,26	\$37
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Papa	Kilo	0,90	\$38
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Batata	Kilo	0,03	\$44
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Remolacha	Kilo	0,03	\$70
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Rabanitos	Kilo	0,00	\$71
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Mandioca	Kilo	0,02	\$50
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	Kilo	0,32	\$70
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate perita	Kilo	0,07	\$69
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	Kilo	0,10	\$120
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Berenjenas	Kilo	0,03	\$64
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate cherry	Kilo	0,05	\$117
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Albahaca, perejil	Atado	0,16	\$16
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Lechuga	Kilo	0,18	\$91
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Espinaca	Kilo	0,01	\$124
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Coliflor, brocoli	Kilo	0,01	\$84

<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Acelga	Kilo	0,11	\$58
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Apio, hinojo	Kilo	0,00	\$116
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Repollo	Kilo	0,06	\$52
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Radicheta, rúcula	Kilo	0,01	\$322

De la tabla 1, se seleccionan los artículos (especies) en función de lo definido inicialmente para la conformación de la línea de producto a ofrecer, obteniéndose la tabla 2.

Tabla 2. Consumo medio per cápita mensual y precios promedios a diciembre 2018 de la población de Tierra del Fuego para la línea de producto a ofrecer

<i>Subclase</i>	<i>Agregado</i>	<i>Artículo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Consumo medio per cápita mensual</i>	<i>Precio promedio [ARS]</i>
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Frutillas frescas	Kilo	0,03	\$185,13
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Cerezas, guindas frescas	Kilo	0,01	\$104,11
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	Kilo	0,03	\$85,01
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Pepino	Kilo	0,02	\$60,93
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Rabanitos	Kilo	0,003	\$70,80
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	Kilo	0,32	\$69,69
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	Kilo	0,10	\$120,48
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate perita	Kilo	0,07	\$68,99
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate cherry	Kilo	0,05	\$117,16
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Berenjenas	Kilo	0,03	\$64,07
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Lechuga	Kilo	0,18	\$91,02
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Acelga	Kilo	0,11	\$58,00
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Albahaca, perejil	Kilo	0,02	\$16,05

<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Coliflor, brocoli	Kilo	0,01	\$83,55
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Radicheta, rúcula	Kilo	0,01	\$322,33
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Espinaca	Kilo	0,01	\$123,60
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Apio, hinojo	Kilo	0,003	\$116,35

Nota. El artículo Albahaca, perejil se multiplica por su peso promedio de 125g para obtener la unidad de medida en kilo.

A partir de la tabla 2, las variables a analizar para seleccionar los productos finales de venta son:

1. Especies de la línea de producto con mayor demanda
2. Especies de la línea de producto con mayor precio de venta
3. Elasticidad precio de la demanda de cada especie de la línea de producto

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada variable:

1. Especies de la línea de producto con mayor demanda

Tabla 3. Especies de la línea de producto con mayor demanda. Año 2018

<i>Subclase</i>	<i>Agregado</i>	<i>Artículo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Consumo medio per cápita mensual</i>
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	Kilo	0,32
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Lechuga	Kilo	0,18
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Acelga	Kilo	0,11
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	Kilo	0,10
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate perita	Kilo	0,07
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate cherry	Kilo	0,05
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	Kilo	0,03
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Frutillas frescas	Kilo	0,03

La tabla 3 muestra que el tomate redondo es el producto con mayor demanda dentro de la línea de producto seleccionada. Del total consumido en frutas y verduras frescas éste representa el 9% ubicándose en el tercer puesto, debajo de la papa (27%) y la cebolla común (12%).

Luego continúan la lechuga, la acelga y el ají fresco (más conocido como pimiento), considerándose especies óptimas, desde el punto de vista de la demanda, para formar parte de la línea de productos a ofrecer.

2. Especies de la línea de producto con mayor precio de venta

Tabla 4. Especies de la línea de producto con mayor precio de venta. Año 2018

Subclase	Agregado	Artículo	Unidad	Precio promedio [ARS]
Verduras frescas	Verduras de hoja	Radicheta, rúcula	Kilo	\$322,33
Frutas frescas o congeladas	Frutas finas	Frutillas frescas	Kilo	\$185,13
Verduras frescas	Verduras de hoja	Espinaca	Kilo	\$123,60
Verduras frescas	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	Kilo	\$120,48
Verduras frescas	Tomate - Solanáceas	Tomate cherry	Kilo	\$117,16
Verduras frescas	Verduras de hoja	Apio, hinojo	Kilo	\$116,35
Frutas frescas o congeladas	Frutas finas	Cerezas, guindas frescas	Kilo	\$104,11
Verduras frescas	Verduras de hoja	Lechuga	Kilo	\$91,02
Verduras frescas	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	Kilo	\$85,01
Verduras frescas	Verduras de hoja	Coliflor, brocoli	Kilo	\$83,55

De acuerdo con la tabla 4, radicheta, rúcula presenta el precio mayor de venta, continuando en segundo lugar frutilla, y en un tercer intervalo de precios espinaca, ají fresco, tomate cherry y apio.

3. Elasticidad precio de la demanda de cada especie de la línea de producto

La tercera variable analizada es la elasticidad precio de la demanda (Ep). Ésta mide la variación en la cantidad demandada debido a la variación en el precio a través de la fórmula $\frac{\Delta Q}{Q} \div \frac{\Delta P}{P}$ y permite observar si existen productos dentro de la línea a ofrecer que son sensibles a un aumento de precio.

Para calcular esta variable, se agregan los datos de *ENGHO 2012/2013* para los artículos que conforman la línea de producto a ofrecer:

Tabla 5. Consumo medio per cápita mensual y precios promedios a diciembre 2013 de la población de Tierra del Fuego para la línea de producto a ofrecer

Subclase	Agregado	Artículo	Unidad	Consumo medio per	Precio promedio [ARS]
----------	----------	----------	--------	-------------------	-----------------------

				<i>cápita mensual</i>	
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Radicheta, rúcula	Kilo	0,004	\$59,53
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Frutillas frescas	Kilo	0,020	\$45,08
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Espinaca	Kilo	0,023	\$17,00
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	Kilo	0,102	\$31,42
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate cherry	Kilo	0,000	\$ -
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Apio, hinojo	Kilo	0,012	\$22,55
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Cerezas, guindas frescas	Kilo	0,001	\$45,55
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Lechuga	Kilo	0,167	\$19,53
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	Kilo	0,039	\$23,34
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Coliflor, brocoli	Kilo	0,025	\$19,70
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Rabanitos	Kilo	0,008	\$14,04
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	Kilo	0,388	\$19,12
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate perita	Kilo	0,084	\$18,96
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Berenjenas	Kilo	0,019	\$15,77
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Pepino	Kilo	0,029	\$18,40
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Acelga	Kilo	0,089	\$13,82
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Albahaca, perejil	Kilo	0,201	\$2,73

El resultado obtenido a partir de aplicar la fórmula de elasticidad precio de la demanda determina cinco tipos de demanda:

1. <1 - Demanda inelástica: se hace evidente cuando una variación de gran magnitud en el precio prácticamente no afecta a las cantidades demandadas.
2. $=1$ - Demanda unitaria: cuando la variación en el precio provoca un cambio proporcionalmente igual en la demanda.
3. >1 - Demanda elástica: un pequeño cambio en el precio ocasiona un cambio mayor en las cantidades demandadas.
4. Infinito – Demanda perfectamente elástica.
5. Cero – Demanda perfectamente inelástica.

A continuación, la tabla 6 muestra para cada artículo el tipo de demanda ordenada en forma ascendente. El orden se realiza debido a que los productos que presenten resultado igual o cercano a cero son los óptimos desde el punto de vista evaluado con esta variable.

Tabla 6. Elasticidad precio de la demanda de cada especie de la línea de producto

<i>Subclase</i>	<i>Agregado</i>	<i>Artículo</i>	<i>Unidad</i>	<i>Ep</i>
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	Kilo	0,01
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Lechuga	Kilo	0,03
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Albahaca, perejil	Kilo	0,05
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	Kilo	0,07
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate perita	Kilo	0,07
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Acelga	Kilo	0,08
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	Kilo	0,08
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Espinaca	Kilo	0,09
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Pepino	Kilo	0,09
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Berenjenas	Kilo	0,12
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Frutillas frescas	Kilo	0,13
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Coliflor, brocoli	Kilo	0,15
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Rabanitos	Kilo	0,16
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Apio, hinojo	Kilo	0,18
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Radicheta, rúcula	Kilo	0,39
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Cerezas, guindas frescas	Kilo	4,35

Nota. El tomate cherry no se analizó con respecto a esta variable, dado que no existen datos de su consumo para los años 2012/2013.

La tabla 6 demuestra que el único producto que presenta demanda elástica son cerezas, guindas frescas, por lo cual se excluyen de la selección final.

4.5.1.1 Criterios y ponderación para determinación final. Finalmente, se aplica una ponderación a cada variable que atiende a criterios que se presentan a continuación. Los productos que obtienen la mayor ponderación conforman la línea de producto final.

Tabla 7. Criterios de ponderación para determinación final de la amplitud de línea de producto

<i>Variable</i>	<i>Criterio</i>	<i>Ponderación</i>
<i>Demanda</i>	La demanda determina que los productos a ofrecer tendrán una aceptación en el mercado. Se pondera con mayor valor que el resto de	En función de la demanda total en la línea de producto: <ul style="list-style-type: none"> Mayor a 50% de demanda = 10

	las dos variables, de 1-10 los valores que corresponden son 10,9,8 y 7.	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor a 30% de demanda = 9 • Mayor a 20% de demanda = 8 • Menor a 20% de demanda = 7
<i>Precio de venta</i>	El precio de venta puede estar determinado por múltiples factores y estrategias comerciales, por lo cual se pondera de 3 a 1.	<p>En función del intervalo de precios conocidos para la línea:</p> <ul style="list-style-type: none"> • \$350-\$101 = 3 • \$100-\$71 = 2 • \$70-\$1 = 1
<i>Elasticidad precio de la demanda</i>	El conocimiento de esta variable permite establecer estrategias para aumentar el precio de venta. Se pondera con los valores 6,5 y 4.	<ul style="list-style-type: none"> • Inelástica menor a 0,10 = 6 • Inelástica menor a 0,20 = 5 • Inelástica mayor a 0,20 = 4

Ponderando las especies (artículos) para cada variable se obtiene el resultado final, reflejado en la siguiente tabla 8.

Tabla 8. Resultado final ponderación para determinación final de la amplitud de línea de producto

<i>Subclase</i>	<i>Agregado</i>	<i>Artículo</i>	<i>Demanda</i>	<i>Precio de venta</i>	<i>Ep</i>	<i>Ponderación final</i>
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Espinaca	7	3	6	16
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	7	3	6	16
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	9	1	6	16
<i>Frutas frescas o congeladas</i>	Frutas finas	Frutillas frescas	7	3	5	15
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Apio, hinojo	7	3	5	15
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Lechuga	7	2	6	15
<i>Verduras frescas</i>	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	7	2	6	15
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Radicheta, rúcula	7	3	4	14

<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Coliflor, brocoli	7	2	5	14
<i>Verduras frescas</i>	Raíces y Tubérculos	Rabanitos	7	2	5	14
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Tomate perita	7	1	6	14
<i>Verduras frescas</i>	Cucurbitáceas	Pepino	7	1	6	14
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Acelga	7	1	6	14
<i>Verduras frescas</i>	Verduras de hoja	Albahaca, perejil	7	1	6	14
<i>Verduras frescas</i>	Tomate - Solanáceas	Berenjenas	7	1	5	13

De acuerdo con el estudio de mercado, la amplitud de la línea de producto será 7. Los artículos/especies que la conforman son:

1. Espinaca
2. Ají (pimiento)
3. Tomate redondo
4. Frutillas
5. Lechuga
6. Cebolla de verdeo, puerro
7. Apio

Concluyendo, la línea de producto queda determinada por productos que tienen una aceptación del mercado general con un alto valor comercial de venta.

4.5.2 Estimación de demanda

Tomando en cuenta los últimos datos disponibles, en la provincia de Tierra del Fuego, para el año 2018, el mercado provincial **mensual** existente para los productos de la línea definida fue de 110.842 Kg, 61.342 Kg en Río Grande y 49.500Kg en Ushuaia, lo que implica una demanda anual aproximada de 1330 Tn.

Tabla 9. Consumo medio mensual total en Kg de los habitantes de Tierra del Fuego en 2018

<i>Subclase</i>	<i>Agregado</i>	<i>Artículo</i>	<i>Consumo medio per cápita mensual [Kg]</i>	<i>Consumo medio mensual Río</i>	<i>Consumo medio mensual Ushuaia [Kg]</i>	<i>Consumo medio mensual total TDF [Kg]</i>
-----------------	-----------------	-----------------	--	----------------------------------	---	---

Grande
[Kg]

Verduras frescas	Tomate - Solanáceas	Tomate redondo	0,31	28872	23298	52.170
Verduras frescas	Verduras de hoja	Lechuga	0,18	16786	13545	30.331
Verduras frescas	Tomate - Solanáceas	Ají fresco	0,10	9142	7378	16.520
Verduras frescas	Ajo-Cebolla	Cebolla de verdeo, puerro	0,03	2798	2258	5.056
Frutas frescas o congeladas	Frutas finas	Frutillas frescas	0,02	2507	2023	4.530
Verduras frescas	Verduras de hoja	Espinaca	0,01	965	778	1.743
Verduras frescas	Verduras de hoja	Apio, hinojo	0,0029	272	220	492
						110.842

Si se proyecta el consumo anual de la línea de producto por habitante [Kg/hab./año] en las dos ciudades más importantes de la Provincia de Tierra del Fuego de acuerdo con la población estimada por el INDEC desde el año 2018 hasta el año 2040, se obtiene la siguiente estimación de la demanda:

Tabla 10. Demanda estimada de la línea de producto en Tn para las ciudades de Rio Grande y Ushuaia desde el año 2018 hasta el año 2040

Demanda anual por artículo estimada en Tn

Artículo	Tomate redondo		Lechuga		Ají fresco		Cebolla de verdeo, puerro		Frutillas frescas		Espinaca		Apio, hinojo	
	RG	US H	RG	USH	RG	US H	RG	US H	RG	US H	RG	US H	RG	US H
2018	346	280	201	163	110	89	34	27	30	24	12	9	3	3
2019	356	287	207	167	113	91	34	28	31	25	12	10	3	3
2020	365	294	212	171	116	93	35	29	32	26	12	10	3	3

2021	37 4	30 2	217	175	118	96	36	29	32	26	12	10	4	3
2022	38 3	30 9	223	180	121	98	37	30	33	27	13	10	4	3
2023	39 2	316	228	184	124	10 0	38	31	34	27	13	11	4	3
2024	40 1	32 4	233	188	127	10 2	39	31	35	28	13	11	4	3
2025	41 0	331	238	192	130	105	40	32	36	29	14	11	4	3
2026	419	33 8	244	197	133	107	41	33	36	29	14	11	4	3
2027	42 8	34 6	249	201	136	10 9	42	33	37	30	14	12	4	3
2028	43 7	35 3	254	205	138	112	42	34	38	31	15	12	4	3
2029	44 6	36 0	259	209	141	114	43	35	39	31	15	12	4	3
2030	45 5	36 7	265	214	144	116	44	36	40	32	15	12	4	3
2031	46 4	375	270	218	147	119	45	36	40	33	16	13	4	4
2032	47 3	38 2	275	222	150	121	46	37	41	33	16	13	4	4
2033	48 2	38 9	280	226	153	123	47	38	42	34	16	13	5	4
2034	491	39 6	285	230	155	125	48	38	43	34	16	13	5	4
2035	50 0	40 3	290	234	158	128	48	39	43	35	17	13	5	4
2036	50 8	41 0	296	238	161	130	49	40	44	36	17	14	5	4
2037	517	417	301	243	164	132	50	40	45	36	17	14	5	4
2038	52 6	42 4	306	247	166	134	51	41	46	37	18	14	5	4
2039	53 4	431	311	251	169	137	52	42	46	37	18	14	5	4
2040	54 3	43 8	316	255	172	139	53	42	47	38	18	15	5	4

Nota. El cálculo se obtuvo de la siguiente fórmula: consumo medio anual [consumo medio per cápita multiplicado por doce (12)] por población estimada anual dividido mil (1000).

Así, para la Provincia de Tierra del Fuego la demanda estimada es:

Tabla 11. Demanda estimada de la línea de producto en Tn para la Provincia de Tierra del Fuego (TDF) desde el año 2018 hasta el año 2040

Demanda anual por artículo estimada en Tn para TDF

<i>Año/Artículo</i>	<i>Tomate redondo</i>	<i>Lechuga</i>	<i>Ají fresco</i>	<i>Cebolla de verdeo, puerro</i>	<i>Frutillas frescas</i>	<i>Espinaca</i>	<i>Apio, hinojo</i>
2018	626	364	198	61	54	21	6
2019	643	374	204	62	56	21	6
2020	659	383	209	64	57	22	6
2021	676	393	214	65	59	23	6
2022	692	402	219	67	60	23	7
2023	708	412	224	69	61	24	7
2024	725	421	229	70	63	24	7
2025	741	431	235	72	64	25	7
2026	757	440	240	73	66	25	7
2027	774	450	245	75	67	26	7
2028	790	459	250	77	69	26	7
2029	806	469	255	78	70	27	8
2030	823	478	260	80	71	27	8
2031	839	488	266	81	73	28	8
2032	855	497	271	83	74	29	8
2033	871	506	276	84	76	29	8
2034	887	516	281	86	77	30	8
2035	903	525	286	87	78	30	9
2036	918	534	291	89	80	31	9
2037	934	543	296	91	81	31	9
2038	950	552	301	92	82	32	9
2039	965	561	306	94	84	32	9
2040	981	570	311	95	85	33	9

Dada la oferta actual de productos frescos, que se detalla en el próximo apartado, y la demanda estimada, se determina la existencia de un claro potencial de mercado que demanda los productos de la línea a ofrecer.

Finalmente, la proyección de las ventas y, en consecuencia, la planificación de la producción, están determinadas por:

1. El método de cultivo a implementar y la capacidad instalada
2. Período de estacionalidad de cada especie: logrando obtener la mayor rentabilidad, debido a la colocación de productos en momentos de escasa oferta, que determinan el precio máximo de venta

4.6 Determinación de estrategia de plaza (distribución)

Los resultados de las ENGHos desde el año 2004 al 2018 muestran una tendencia de cambio en la elección del tipo de negocio para la adquisición de frutas finas y hortalizas frescas por parte de los consumidores de Tierra del Fuego.

Se observa que el hipermercado/supermercado aumentó su participación a lo largo de este periodo, concentrando el 100% del mercado de venta de frutas finas.

De forma contraria, para la adquisición de hortalizas frescas, existe una tendencia hacia la elección de los comercios especializados “verdulerías” y autoservicios “quioscos de barrio”, representando en su conjunto el 45% de las preferencias de los consumidores.

Gráfico 1. Participación de gastos en alimentos por lugar de adquisición



En línea con esta información se decide vender verduras frescas a las verdulerías y frutillas a los supermercados.

Esta distribución involucra directamente el poder de negociación de los clientes definidos en los precios finales de comercialización, pero asegura la venta del cien por ciento (100%) de la producción.

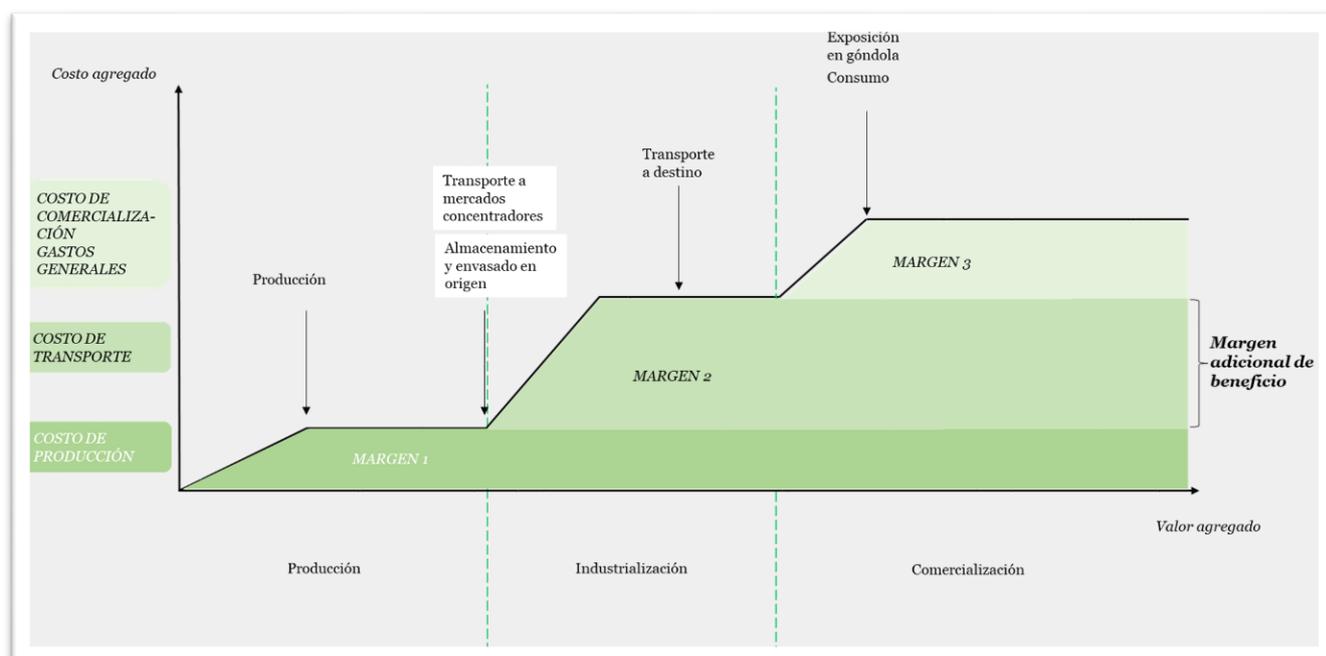
Es importante destacar que, dentro de la gestión municipal actual para el logro de la soberanía alimentaria, el desarrollo y la transformación de la matriz productiva de Rio Grande, se proyecta la apertura de un mercado concentrador de productores en zona céntrica de la ciudad que representa un punto de venta potencial para este proyecto.

4.7 Determinación del precio de venta

Para determinar el precio de venta se selecciona la estrategia de precio de costo incrementado, la cual consiste en aplicar el margen de ganancia deseado sobre el costo de producción.

Este margen se calcula en un 115% sobre costos totales para lechuga y tomate, 150% para espinaca y 300% para frutilla. Este valor fue definido luego de realizar una investigación de la formación de márgenes y precios de comercialización que afrontan los clientes objetivos actualmente, para obtener sus productos a través de una cadena de suministro que implica transporte de larga distancia, con problemas de exceso de manipuleo, daños en el producto, demoras en el abastecimiento, pérdidas de calidad y descarte. Todos estos problemas están presentes en una “etapa de industrialización” que no existe cuando ocurre el encuentro de la oferta y la demanda en un mismo lugar, constituyendo como resultado final, un margen adicional de beneficio que puede aplicarse sobre el producto fresco a ofrecer, obteniendo un precio de venta promedio al que pagan los clientes cuando adquieren los productos desde los mercados centrales.

Gráfico 2. Cadena de suministro de alimentos desde mercados centrales



4.8 Mercado competidor

El mercado competidor directo está representado por productores locales de hortalizas y frutas frescas que realizan la actividad con estacionalidad marcada de octubre a abril, dado que no cuentan con tecnología de control de climatización en sus invernaderos, presentando la mayoría un perfil de empresa familiar con ingresos adicionales fuera de la actividad.

Con la implementación del Programa Huertas Urbanas (HU) dependiente de la Secretaría de Producción y Ambiente de los municipios y los incentivos gubernamentales al sector, se observan expectativas de crecimiento y capacitación que generan competencia en la época de estacionalidad de los productos, sin embargo, se observa una ventaja competitiva sobre estos

competidores debido al rendimiento, la producción sin estacionalidad y la calidad del producto obtenido en condiciones de microclima controlado.

De acuerdo con la información brindada por el Área de Desarrollo Agropecuario de la provincia de Tierra del Fuego, la producción se centra en frutilla, lechuga (siendo estos dos ampliamente dominantes), acelga, espinaca y algunas aromática. Su venta se realiza a puerta de los establecimientos con excepción del mayor productor de lechuga en Río Grande que lo hace a través del Supermercado La Anónima.

La Misión Salesiana forma parte del mercado competidor. Ésta funciona como Escuela Agrotécnica (EAS) elaborando distintos productos principalmente dulces, quesos y carnes que se comercializan a nivel local y también variedades de hortalizas y frutas cultivadas en invernadero como son: tomates, tomates cierra, frutilla, lechuga, rúcula y que se comercializan en verano, por lo cual se considera competencia en periodo de estacionalidad de los productos como el resto de los productores.

Dado el atractivo del mercado no existen barreras que impidan el acceso de nuevos competidores, por lo cual, ante el futuro ingreso de un competidor con el aprovechamiento de tecnología, será necesario el desarrollo de ventajas competitivas como pueden ser nuevas formas de comercialización, publicidad, mejoras en los factores productivos, nueva segmentación de mercado, entre otras. Adicionalmente y dado que la estrategia de plaza establecida define intermediarios que cuentan con el poder de influir en la decisión de compra, la generación de valor para llegar a la mente del consumidor final a través de éstos será un punto clave en la estrategia competitiva a llevar a cabo.

La tabla 12 presenta el calendario de siembra y cosecha de los actuales competidores para cada cultivo. Esta información permite definir los meses en los cuales es posible establecer un mayor precio de venta, al colocar los productos en momentos de escasa oferta.

Tabla 12. Calendario de siembra y cosecha de la competencia

Referencias

	Siembra
	Cosecha
-	Sin actividad
s/n	Sin datos

Producto	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
<i>Ají fresco</i>	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n
<i>Apio, hinojo</i>	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n	s/n
<i>Espinaca</i>				-	-	-	-	-				
<i>Frutilla</i>					-	-	-	-				
<i>Lechuga</i>				-	-	-	-	-				
<i>Tomate</i>				-	-	-	-	-		-	-	

Nota. No existen datos para los cultivos Ají fresco - Apio, hinojo.

4.9 Plan de producción

El arranque del proceso productivo se establece escalonado con el objetivo de lograr un abastecimiento continuo al mercado, ocupando el 100% de la capacidad de las bateas productivas de cada etapa.

Para definir el plan de producción, se evalúa la producción anual de las siguientes especies resultado del análisis de mercado:

Cultivo de fruto: Frutilla, tomate.

Cultivo de hoja: Lechuga, espinaca.

Como alternativa productiva, es posible realizar un ciclo anual de una sola especie, o la combinación de ellas en diferentes meses dado que las condiciones de microclima varían en cada tipo de cultivo.

El presente análisis y elección de alternativa productiva no es estático, será parte de las actividades de planificación de la producción en vida serie del proyecto, las cuales están directamente relacionadas con los cambios en la demanda y en el mercado.

A continuación, se presentan las alternativas objeto de evaluación:

- A. Ciclo anual de frutilla
- B. Ciclo anual de tomate
- C. Ciclo anual de tomate y lechuga
- D. Ciclo anual de lechuga y espinaca

Para los meses de escasa oferta de cada especie, indicados en la tabla 13, se considera un aumento del 50% en el precio de venta:

Tabla 13. Variación de precio de venta por momentos de escasa oferta

Cultivo	Concepto	Unidad	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Tomate redondo	Precio de venta	USD/Kg	→ 0,8	→ 0,8	→ 0,8	↑ 1,3	↑ 1,3	↑ 1,3	↑ 1,3	↑ 1,3	↑ 1,3	↑ 1,3	↑ 1,3	→ 0,8
Lechuga	Precio de venta	USD/Kg	→ 3,0	→ 3,0	→ 3,0	↑ 4,5	↑ 4,5	↑ 4,5	↑ 4,5	↑ 4,5	↑ 4,5	↑ 4,5	→ 3,0	→ 3,0
Espinaca	Precio de venta	USD/Kg	→ 3,5	→ 3,5	→ 3,5	↑ 5,2	↑ 5,2	↑ 5,2	↑ 5,2	↑ 5,2	↑ 5,2	↑ 5,2	→ 3,5	→ 3,5
Frutilla	Precio de venta	USD/Kg	→ 6,8	→ 6,8	→ 6,8	→ 6,8	↑ 10,1	↑ 10,1	↑ 10,1	↑ 10,1	↑ 10,1	↑ 10,1	→ 6,8	→ 6,8

Se selecciona el ciclo anual que permita obtener el máximo margen de contribución posible:

$$MC = I - CV$$

Donde:

MC = margen de contribución

I = Ingresos por ventas

CV = Costos variables

Tabla 14. Margen de contribución anual. Por ciclo evaluado

<i>Ciclo anual</i>	<i>MC anual [USD]</i>
<i>Frutilla</i>	69.421
<i>Tomate y lechuga</i>	37.261
<i>Lechuga y espinaca</i>	36.192
<i>Tomate</i>	36.155

Nota. La información para el cálculo del margen de contribución puede obtenerse del capítulo 11 Estudio económico financiero.

El resultado del análisis determina ciclos anuales de frutilla como estrategia de puesta en marcha del proyecto, con el objetivo de reducir al mínimo posible el tiempo de retorno de la inversión. El análisis puede visualizarse en el anexo I.

5 Obra civil e instalaciones

A nivel mundial existen alternativas muy modernas e innovadoras para la construcción de invernaderos tecnológicos, ya que existe una industria muy desarrollada en producción de alimentos, resultado de la automatización.

El objetivo de este capítulo es realizar una investigación y propuesta de materiales y tecnologías que se logren obtener en el mercado local. Las condiciones climáticas que se presentan al sur de Argentina son muy similares a zonas de países cercanos al polo norte, tales como: Noruega, Dinamarca, Suecia, Finlandia, Islandia y Canadá; la producción bajo cubierta en estos países logró grandes resultados a través del uso de vidrios especiales y avanzada tecnología.

La región de Tierra del Fuego plantea un desafío de producción de alimentos debido a las características climáticas, sin embargo, se caracteriza por los días más largos de Sudamérica. Esta ventaja natural, sumada a la producción hidrocarburífera de la zona, resultan en tarifas bajas de gas natural y energía eléctrica en toda la provincia; lo que plantea un atractivo para la implementación de instalaciones de iluminación y calefacción. Este proyecto es el primero en su clase implementando energías para la producción de alimentos bajo cubierta.

En esta etapa del proyecto, se determina la elección del tipo de invernadero, el material de estructura, el material de cubierta, los lineamientos de construcción y la distribución de producción dentro del invernadero.

Los materiales para la fabricación de la estructura suelen ser de madera, metal o la combinación de éstos. Las solicitaciones o cargas a las que son sometidos los materiales de cubierta y estructura son cargas dinámicas: viento, nieve, granizo, lluvias y, cargas muertas que están conformadas por la propia estructura y su cubierta, como así también, por las instalaciones y servicios soportados por la estructura.

El tipo de material de cubierta debe ser capaz de transmitir la mayor cantidad de luz natural al interior y determina aspectos constructivos del invernadero. En Europa es muy frecuente la utilización de vidrios especiales, los cuales exigen una estructura mucho más reforzada, que la utilizada para chapas de policarbonato o polímeros. En Argentina, el material de cubierta más utilizado es el polietileno.

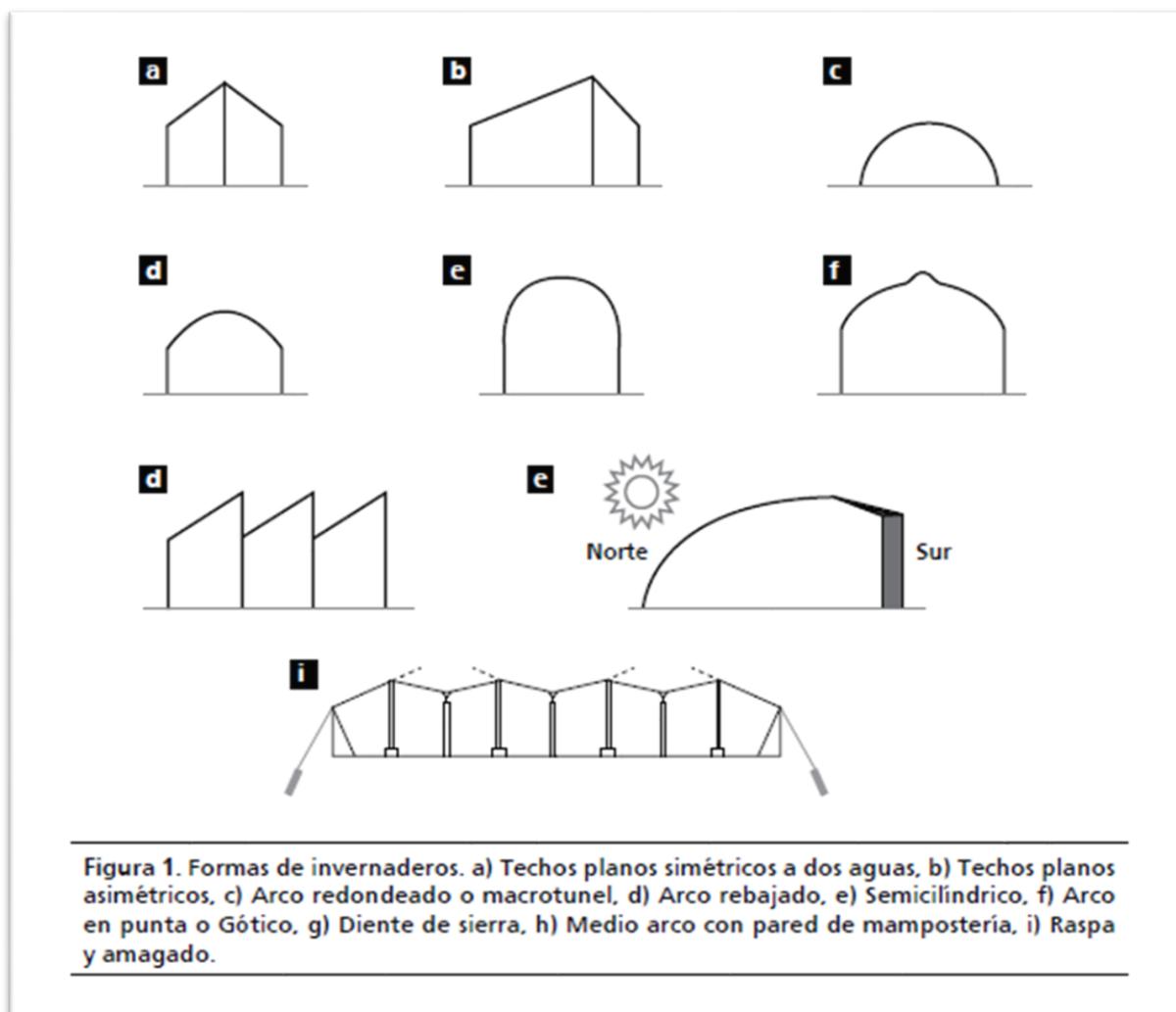
El tipo de diseño debe ser eficiente lumínica y térmicamente, con costos de fabricación y montaje adecuados para el tipo de inversión y zona. El mismo debe permitir ampliar la estructura, de tal manera de afrontar un crecimiento a mediano plazo. Un detalle importante, es destacar el diseño ingenieril con el que fue pensado el proyecto, que cuenta con la posibilidad de cambio en el cultivo, sin tener que realizar grandes modificaciones en las instalaciones, lo

que resulta en una ventaja para el productor según épocas de escasa oferta o contra estacionalidad de sus productos.

5.1 Elección del tipo de invernadero

Existen varios diseños de invernaderos, según estudios del INTA los más utilizados aparecen en la ilustración 3.

Ilustración 3. Tipos de invernaderos



Nota. Tomado de Lenscak, M., & Iglesias, N. (2019). *Invernaderos Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54)*.

Los diseños de techos simétricos planos a dos aguas (a) y semicilíndricos (e) presentan mejores características respecto a su construcción y simetría interior, lo que establece un ambiente controlado homogéneo.

El diseño de invernadero elegido para este proyecto es techo simétrico plano a dos aguas (diseño “a”), ya que posee las siguientes ventajas:

- Diseño con buenos resultados en la provincia.

- Diseño de menor costo de construcción.
- Eficiente climatización por su diseño simétrico.
- Rapidez en su construcción.
- Buena oferta en mercado local.
- Reproducible en módulos contiguos.

5.2 Estructura

El armazón o esqueleto del invernadero se compone de un conjunto de arcos denominados pórticos, los cuales son columnas y vigas vinculadas entre sí, que forman parte de la estructura principal. Las vinculaciones entre pórticos tienen dos funciones, unir entre sí a éstos para dar rigidez a toda la estructura y soportar la cubierta del invernadero.

Se utiliza hormigón elaborado para cimentar las bases de las columnas que forman los pórticos. Para el proceso de hormigonado se elaboran previamente armaduras de hierro nervado (también denominado hierro de construcción o aleteado). Las mismas son atadas con alambre y se disponen dentro de las excavaciones, siendo vinculadas posteriormente a las columnas. Una vez realizado esto, se vierte el hormigón elaborado H-25.

La estructura debe cumplir su objetivo principal de resistir las cargas y, además, debe ser de un material económico y eficiente en cuanto al tipo de edificación. Un claro ejemplo de esto es la madera; si bien cumple requerimientos estructurales, los perfiles a utilizar son muy grandes y producen sombreo en la producción. Así mismo, se debe tener en cuenta en la inversión, la frecuencia de mantenimiento que demanda cada material. En el apartado siguiente, se clasifica y evalúan los materiales para la construcción del invernadero.

5.3 Material de estructura

Para la elección del material principal de estructura de un invernadero se consideran los siguientes aspectos:

- Resistencia
- Disponibilidad y costos
- Complejidad de montaje
- Durabilidad
- Sombreo
- Versatilidad para cambios en el diseño
- Bajo mantenimiento
- Resistencia al fuego

Los materiales más utilizados para la construcción de invernaderos son madera, acero, aluminio y mixto (madera y acero). Para éstos, se evalúa cada aspecto mencionado con un rango numérico de 1 a 10.

Tabla 15. Aspectos evaluados para materiales de construcción

<i>ASPECTOS</i>	<i>Madera</i>	<i>Acero</i>	<i>Aluminio</i>	<i>Mixto</i>
<i>Resistencia</i>	6	10	10	8
<i>Disponibilidad y costos</i>	10	4	1	7
<i>Fácil montaje y recambio</i>	2	8	8	5
<i>Durabilidad</i>	4	10	10	7
<i>Sombreo</i>	2	10	6	6
<i>Versatilidad para cambios en el diseño</i>	2	8	8	5
<i>Bajo mantenimiento</i>	4	10	10	7
<i>Resistencia al fuego</i>	4	10	4	7
<i>Totales</i>	34	70	57	52

Calificación de materiales, según su puntuación:

- Costo: 1 = costo alto. 10 = costo bajo.
- Mantenimiento: 1= Alta frecuencia de mantenimiento. 10= baja frecuencia de mantenimiento.
- Manejo: 1= Fácil de su instalación y manipulación, 10 = Difícil de instalar y manipular.
- Durabilidad: 1 = Alto tiempo de vida útil. 10= Bajo tiempo de vida útil.
- Construcción: 1= Estructura difícil de construir. 10= Estructura fácil de construir.
- Instalación: 1 = Facilidad de instalar el sistema de control. 10 = Difícil de instalar el sistema de control.

Las características técnicas detalladas anteriormente dan como resultado, la elección del metal como material de estructura. Éste presenta las siguientes variantes en el mercado:

- Perfiles estructurales rectangulares.
- Perfiles estructurales redondos.
- Perfiles abiertos.
- Hierros laminados en caliente.
- Perfiles de alma llena.

Debido al costo y disponibilidad se utilizan perfiles estructurales rectangulares. Los mismos deben ser soldados para formar los pórticos principales. Como material de vinculación de pórticos y soporte del material de cubierta, se utilizan perfiles rectangulares de menor sección.

5.4 Tipo de material de cubierta

En este punto, se determinan los requerimientos que debe de cumplir un material para lograr la eficiencia del invernadero. La tecnología desarrollada sobre materiales de cubierta alcanzó un avance muy importante para la producción de alimentos. La aplicación de aditivos a los polímeros ha logrado aumentar la solución a problemas en distintas zonas, para aprovechar ventajas y limitar las desventajas.

Los materiales más utilizados para cubierta son:

- Vidrio.
- Polímeros rígidos: policarbonato (PC), en formato de chapas acanaladas y tipo alveolar con cámara de aire interior.
- Polímeros flexibles: películas flexibles de polietileno transparente.

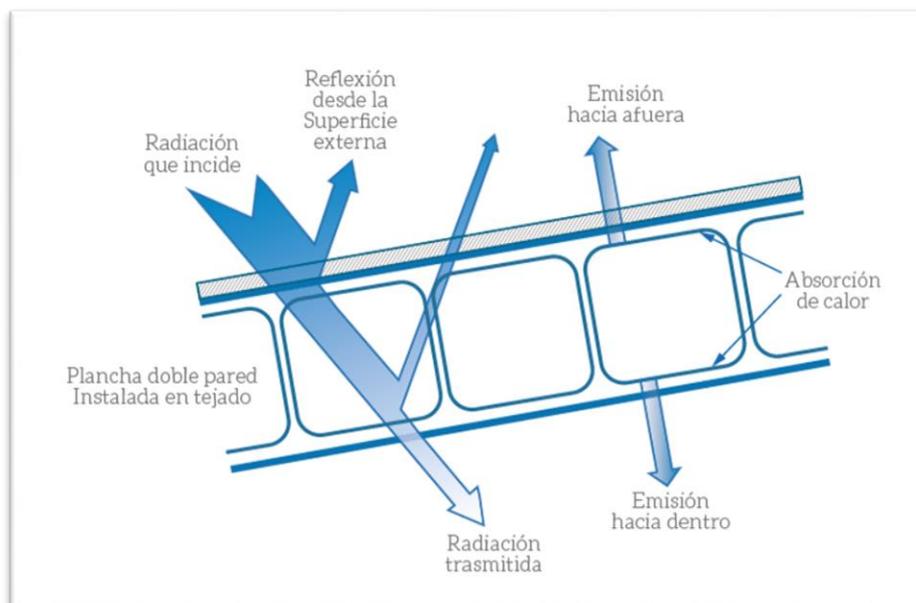
Las propiedades analizadas para la elección de tipo de material de cubierta son:

- Peso
- Espesor
- Transmitancia
- Difusión
- Termicidad
- Envejecimiento

Luego del análisis de las alternativas, se selecciona el policarbonato alveolar como material de cubierta, del cual se pueden resaltar las siguientes ventajas:

- Es provisto de una película de protección contra los rayos UV, para lograr mayor durabilidad.
- Posee un peso específico bajo.
- Es muy resistente a impactos de granizo, y se puede realizar un montaje curvo.
- Gran aislante térmico, debido a su capa interior de aire, que cumple la función de barrera hermética.
- No mantiene la combustión.
- Fácil montaje y recambio.

Ilustración 4. Características del policarbonato alveolar



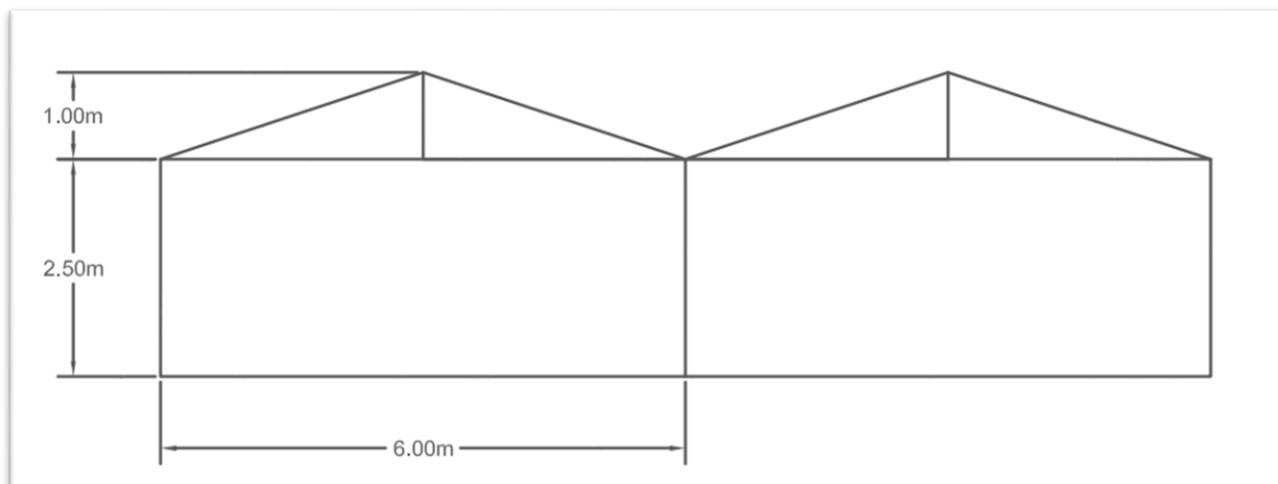
5.5 Medidas

Según investigaciones del INTA, la relación largo-ancho del invernadero tiene una importancia muy grande con respecto al área de los laterales. Cuanto mayor es el área de los laterales, mayor superficie de intercambio de temperatura con el exterior. Entonces, para un clima frío, se debe de obtener la menor superficie de laterales posible.

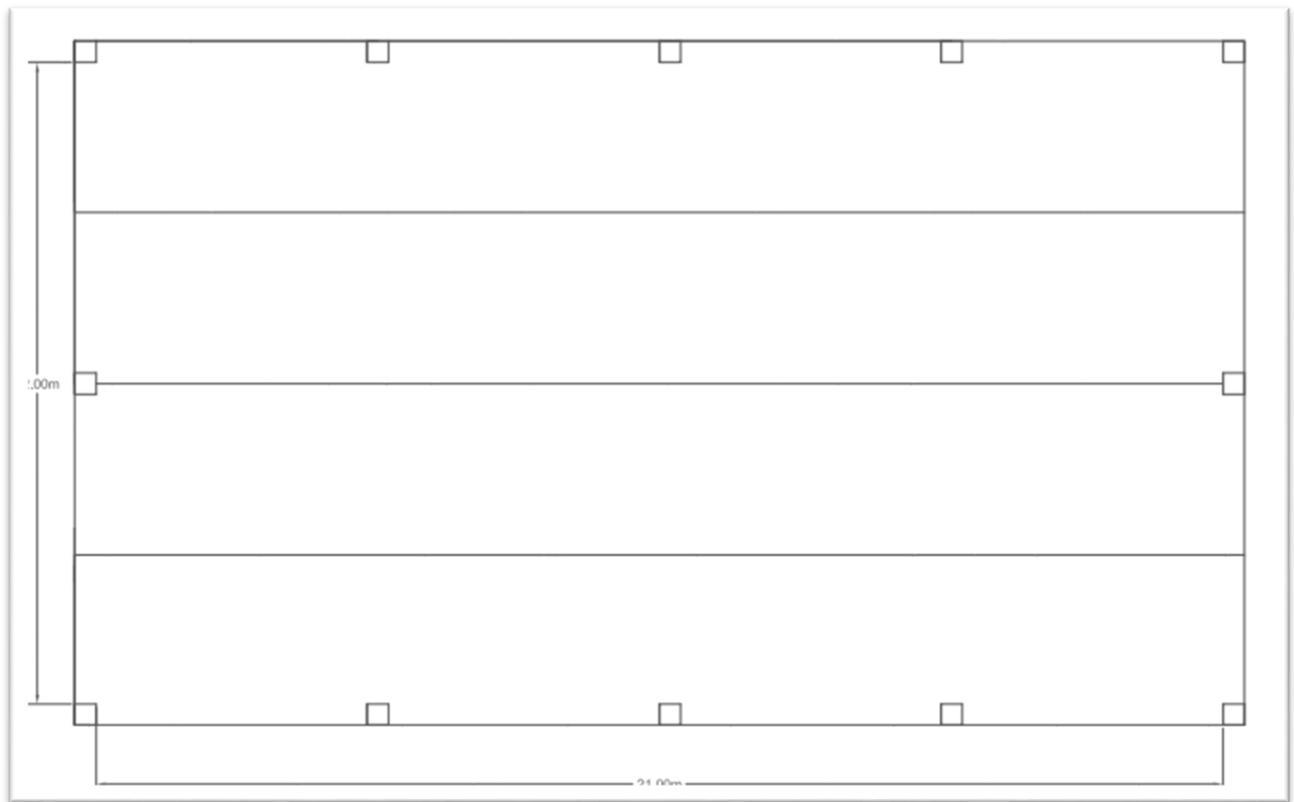
Para óptimo manejo del clima y ahorro de calefacción, se aconsejan invernaderos construidos en base a módulos de 6 m de ancho. El ancho total no menor de 12 m y no mayor de 24 m; y un largo no superior a 80 m, ya que estas dimensiones favorecen la ventilación. La altura a canaleta, o lateral no debe ser inferior a 2,5 m y la altura a cumbre no menor de 3,5 m.

En base a lo mencionado, se realiza un invernadero de 12 metros de ancho por 21 metros de largo, dispuesto en dos naves contiguas de 6 x 21 m.

Ilustración 5. Medidas del invernadero



Vista lateral



Vista superior

5.6 Aprovechamiento de estructura

La nave es provista por un proveedor del mercado nacional, respetando las normas constructivas:

- CIRSOC301 “Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios”
- UNE-EN 13031-1 “Norma Europea para el diseño y la construcción de invernaderos para la producción comercial de plantas y cultivos”

Ilustración 6. Diseño del invernadero. Vista 3D

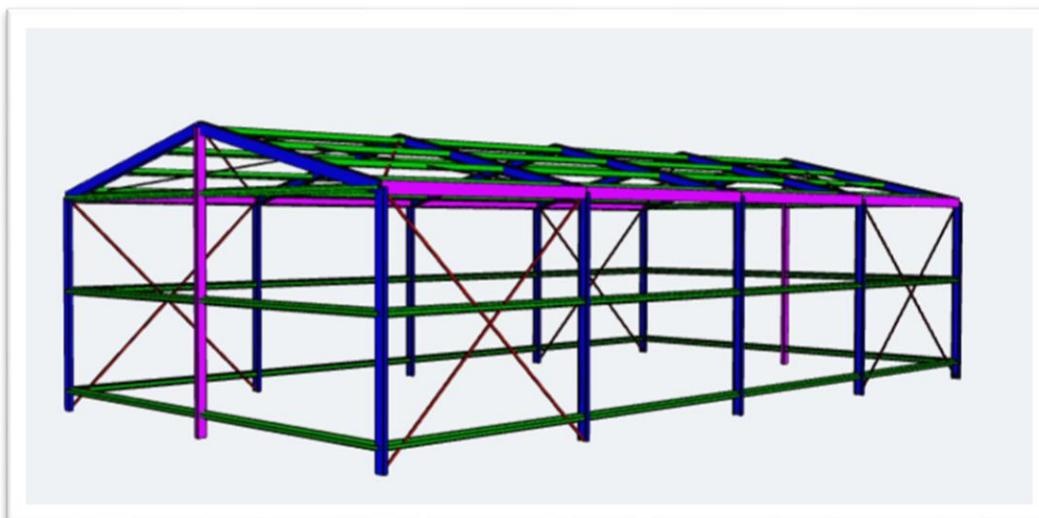
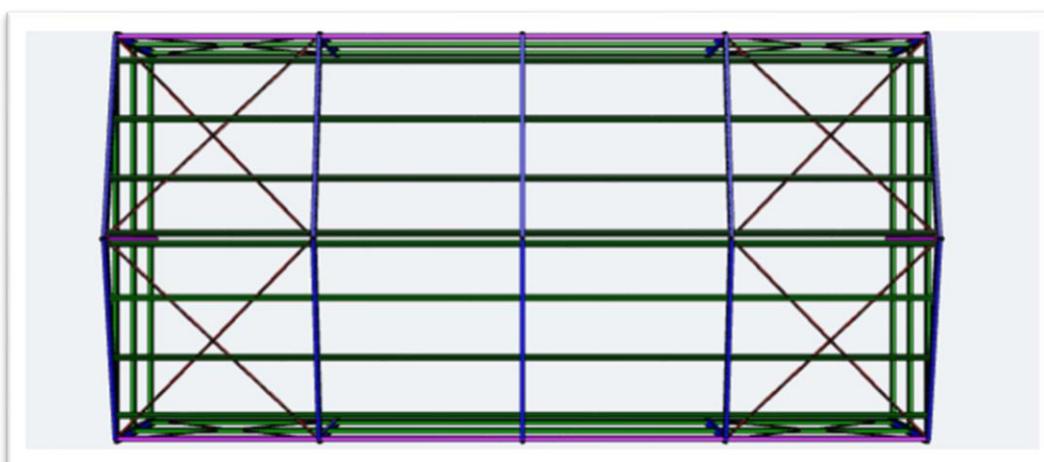


Ilustración 7. Diseño del invernadero. Vista superior.



5.7 Construcción del invernadero

5.7.1 Localización

Dado que este proyecto nace de la motivación y del atractivo de mercado de la provincia de Tierra del Fuego descrito precedentemente, y que las tres localidades de la provincia no presentan ventajas comparativas relevantes entre sí, no es necesario realizar estudios de macro y micro localización. Se decide realizar la construcción del invernadero en la ciudad de Río Grande.

El invernadero demanda servicios para su automatización, por lo que deben seleccionarse terrenos que dispongan de servicios de agua, energía eléctrica y gas. En la ciudad de Río Grande, existen dos zonas de terrenos aptos para producción: chacras de la zona oeste de la ciudad, en barrio chacra 13, y chacras ubicadas en la zona sur. La disponibilidad actual de lotes se encuentra principalmente en las chacras de la zona sur.

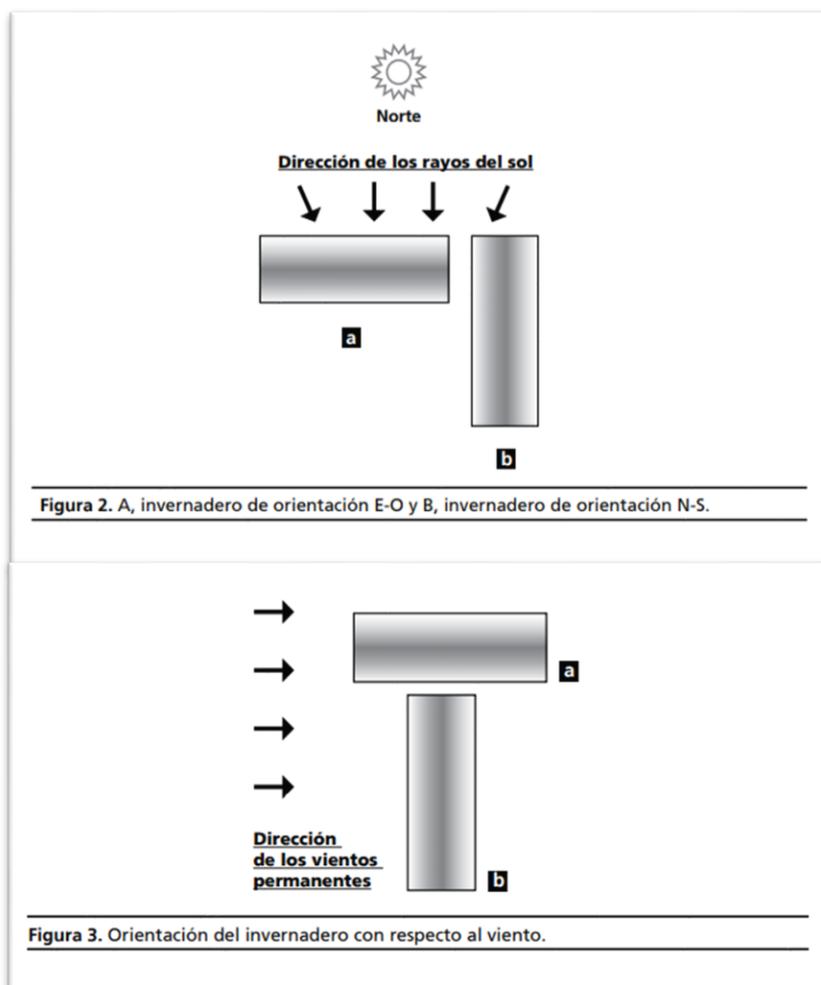
Las medidas de los terrenos de producción suelen ser de 20 por 50 metros aproximadamente. Luego de la compra de éste, se deben de seguir los siguientes pasos constructivos.

5.7.2 Orientación del invernadero en el terreno

La orientación del terreno determina las horas de exposición y los ángulos de incidencia de la radiación solar. Si bien, se utiliza luz artificial en momentos en que ésta sea requerida por el tipo de cultivo, resulta muy importante orientar correctamente el invernadero para obtener el máximo aprovechamiento del recurso natural.

La orientación para captar la mayor cantidad de radiación solar es este-oeste, de esta manera, el lado más extenso del invernadero queda expuesto al sol la mayor cantidad de tiempo. Así mismo, esta orientación desempeña un papel importante en la resistencia de la estructura al viento.

Ilustración 8. Orientación del invernadero



Nota. Tomado de Lenscak, M., & Iglesias, N. (2019). *Invernaderos Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino (del paralelo 23 al 54).*

5.7.3 Preparación del terreno

Se debe comprobar que éste no se encuentre en una depresión, lo que resultaría en acumulación de agua posterior a una intensa lluvia. Asimismo, se debe limpiar y nivelar la superficie, en la que se construirá el invernadero. Se recomienda el uso de una máquina retroexcavadora o similar para la realización de las tareas de movimiento de suelo y excavaciones.

Luego de nivelado el sector, se realizan las marcaciones en la ubicación de las columnas, para posteriormente, realizar las excavaciones para su fundación. El comienzo de obra debe realizarse en la parte sur del terreno, para lograr las ampliaciones hacia el norte.

5.7.4 Armado de estructura

Se realiza la preparación de las armaduras de las bases con hierro aleteado, para su posterior hormigonado.

Se colocan las columnas de acero en las bases, y posterior a su vinculación, nivelado y arriostramiento, se hormigonan.

Luego de 3 semanas, se continua con el montaje de la estructura; los perfiles de acero se abulonon entre sí formando los pórticos con las columnas, para así dar forma y resistencia a la estructura del invernáculo.

5.7.5 Armado de cubierta

Una vez asegurada toda la estructura metálica, se procede a fijar las placas de policarbonato alveolar en el techo. Para esta etapa, se contempla el uso de elementos de fijación que recomienda el fabricante del material.

Finalizado el recubrimiento del techo, se procede a cubrir los laterales y a colocar las aberturas.

Es muy importante colocar canaletas en el techo, tanto para recolectar el agua de lluvia, como para evitar encharcados en los laterales de la nave.

5.7.6 Instalaciones

Todas las instalaciones son comandadas desde un tablero eléctrico general. El invernadero tecnológico posee automatizaciones de iluminación, calefacción, ventilación y suministro de soluciones nutritivas. Para lo cual, se disponen sensores de luz, temperatura ambiente, humedad, concentración de CO₂ y conductividad eléctrica de la solución.

Para el tendido de cables y soporte de luminarias, se deben colocar las bandejas porta cables en la misma dirección que las bateas de producción y centradas. Las bandejas se deben colocar con soportes colgantes a la estructura metálica.

La zona de producción está formada por bateas productivas que se disponen a lo largo del invernadero con una pendiente de entre 1 y 3%, para lograr que la solución que circula tenga posibilidad de hidratar correctamente a las raíces de las plantas.

En el comienzo de las bateas de producción se colocan tanques de almacenamiento, que disponen de válvulas eléctricas con temporizador de apertura y cierre de la solución permitiendo realizar varios ciclos de alimentación del sistema de producción.

Para mantener la temperatura del invernadero correctamente, se utiliza un sistema de calefacción a gas de aire forzado, con sus respectivas tuberías de canalización.

Para controlar humedad, concentración de CO₂ y temperatura se dispone de equipos de ventilación accionados automáticamente.

5.7.6.1 Distribución del invernadero

Dentro de la nave se dispone del espacio suficiente para la ubicación de una zona de germinación, zona de producción, depósito de insumos, oficina y baños.

Las bateas de producción y los pasillos mínimos determinan la distribución del invernáculo. Los pasillos deben de tener un ancho mínimo de 80 cm, para la correcta circulación del personal en todas las tareas a realizar. Por otro lado, las bateas deben tener un ancho máximo que sea ergonómicamente adecuado y estar distribuidas de manera tal que pueda obtenerse la máxima superficie de cultivo.

El plano de distribución puede verse en el anexo II.

5.7.6.2 Plantinera

En este sector se realiza la siembra y germinación de las semillas en plantinera, cuya estructura se encuentra conformada por bandejas multiceldas o speedlings colocadas a 1 metro de altura con capacidad cada una de 128 plantines.

Para lograr producir la capacidad máxima de la batea del área productiva NFT (3990 plantines) deben instalarse 32 bandejas, las cuales ocupan una mesa de 1m de ancho por 5m de largo y 0,1m de profundidad.

5.7.6.3 Oficina

Se dispone de una oficina de 24 m² para realizar tareas administrativas y los despachos de producto terminado. La misma cuenta con un sector de vestuario y baño, y escritorio con mueble de guardado de carpetas para planillas.

5.7.6.4 Nave de depósito

Estructura de 35 m² con el objetivo de depósito de materiales e insumos para la producción, elementos de protección y herramientas de trabajo.

5.7.6.5 Cierre perimetral

Con un objetivo de seguridad, se realiza cierre del terreno con tejido tipo olímpico.

6 Sistema de producción

En este capítulo se describe el diseño y funcionamiento del sistema hidráulico, cuyo objetivo principal es la alimentación de cultivos de hoja y de fruto en su etapa de desarrollo.

Lo desarrollado es relevante tanto por la inversión inicial a realizar, como así también para los gastos posteriores de operación y mantenimiento.

6.1.1 Capacidad instalada

El invernadero está formado por 7 bateas de producción.

La capacidad instalada del mismo es de 3990 plantas de hoja y de 672 plantas de fruto. Ésta resulta de perforar el largo total del tubo PVC (19m) en 95 orificios de $\varnothing = 5\text{cm}$ distanciados desde su centro en 20cm, distancia mínima admisible para el óptimo crecimiento del cultivo de hoja.

La capacidad instalada resulta de lo calculado a continuación:

Tabla 16. Capacidad instalada

Atributo	Unidad	Cultivo de hoja	Cultivo de fruto
Largo de tubos	[cm]	1900	1900
Distancia entre perforaciones	[cm]	20	40
Cant perforaciones utilizadas	[c/u]	95	48
Tubos por bateas utilizados	[c/u]	6	2
Cantidad de bateas	[c/u]	7	7
Cantidad de plantas por ciclo	[u/ciclo]	3990	672
Capacidad instalada total	[m ²]	133	133

6.1.2 Componentes del sistema hidráulico

Bateas de producción. El sistema de desarrollo de los cultivos está formado por tubos de PVC por los cuales circula la solución nutritiva.

Cada batea de producción se compone por 6 tubos de PVC de 110 mm (4") de 19 metros de largo, distanciados entre sí a 6,8 cm, conformando un ancho total de batea de 1 metro.

El tamaño de los tubos de PVC está establecido por el cultivo de fruto, que requiere de mayor espacio para el crecimiento de sus raíces en el interior.

Para lograr la estabilidad de las plantas dentro de los orificios realizados en los tubos, se utilizan canastas plásticas de 6 x 6 x 6 cm (con ranuras); que permiten contener el tallo y hojas en la parte superior y lograr que las raíces dispongan de espacio para continuar su desarrollo debajo de las mismas y dentro del tubo contenedor.

Para los cultivos de fruto, el sistema incluye el tensado de hilos tutores (hilo de nylon/tanza) por los cuales la planta va creciendo en altura y se sostiene.

La altura de los tubos en el comienzo es de 0,8m y en el final de 0,4m, respetando el 2% de caída que debe tener el sistema para que la solución circule por gravedad, se oxigene correctamente y las raíces dispongan del adecuado tiempo de absorción.

La estructura para cada batea debe soportar el peso de la instalación, determinado por la siguiente ecuación:

Peso total = *Peso tubos PVC + peso plantas + peso solución circulante*

- $\text{Peso tubos PVC} = 1,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- $\text{Peso plantas} = \text{peso planta} \cdot \text{capacidad instalada batea}$

El peso de las plantas a considerar es el peso en el momento máximo de desarrollo de éstas, es decir, al momento de cosecha.

El cultivo de hoja tiene un peso promedio de 0,3kg y el de fruto de 4,8kg. Por lo cual, en función del cultivo de mayor peso, se obtiene el peso de las plantas por batea:

$$\text{Peso plantas} = \frac{5 \text{ kg} \cdot 96}{19 \text{ m}}$$

$$\text{Peso plantas} = \frac{25 \text{ kg}}{\text{m}}$$

- $\text{Peso solución circulante} = 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \left(\frac{0,6\text{l}}{\text{m}} \cdot 2 \text{ tubos} \right)$

$\frac{0,6\text{l}}{\text{m}}$ es el volumen aproximado de solución circulante. Como el valor de solución circulante es ínfimo respecto del peso de las plantas, se considera la densidad del agua = 1 kg/l.

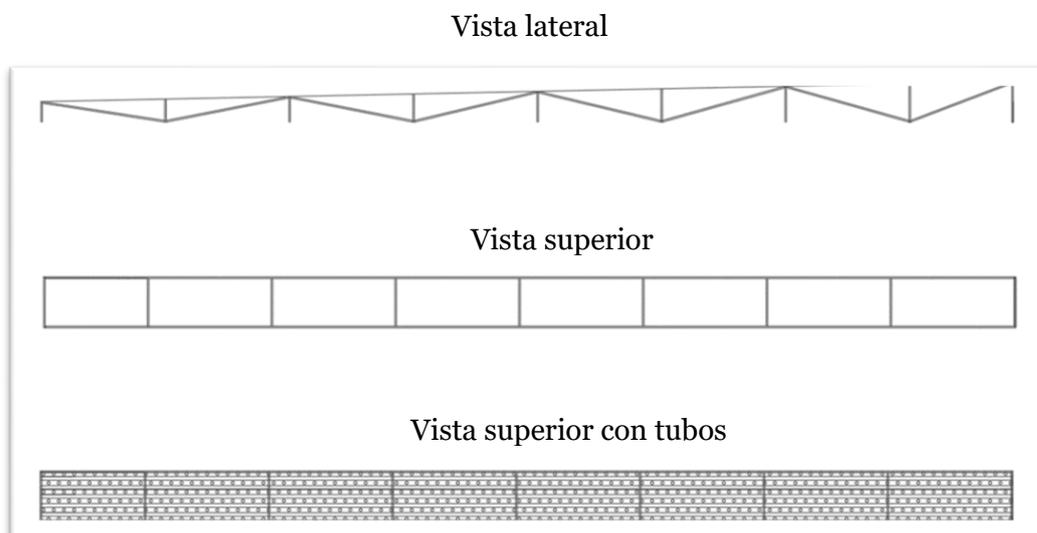
2 tubos es la capacidad instalada de cultivo de fruto por batea.

$$\text{Peso total} = 1,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{25 \text{ kg}}{\text{m}} + 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso total} = 28 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

En función del valor obtenido, el soporte debe ser fabricado de perfiles estructurales 30 x 30 x 1,6 mm, con patas cada 2 metros en ambos lados y soportes tipo “cunas” para los tubos.

Ilustración 9. Soporte de batea



Tanques. Los tanques son los depósitos de la solución nutritiva del sistema. El material del tanque a utilizar es PVC dado que evita la contaminación de la solución, presenta durabilidad y el mercado ofrece diferentes modelos y tamaños en función de su requisito de utilización.

Es importante detallar que el depósito no debe tener poca capacidad, dado que la pérdida de volumen por el consumo de los cultivos resultaría en correcciones constantes en los valores de la solución.

A su vez, un tanque de depósito con un mayor volumen resulta en menores variaciones de la temperatura de la solución (producida por la temperatura interna del invernadero). Así también, estas variaciones pueden reducirse si el tanque se coloca en una excavación, logrando mantener una temperatura baja de la solución.

Se determina la capacidad a instalar directamente establecida por el requerimiento de solución circulante del sistema productivo sumado los volúmenes esperados de evaporación y de seguridad. Ésta se calcula a través de la siguiente fórmula:

Capacidad requerida= requerimiento sistema + evaporación + volumen de seguridad

- **Requerimiento sistema:** determinado por el cultivo que demanda mayor caudal de solución nutritiva circulante (en su máximo estado de desarrollo) por la cantidad cultivada de éste en el sistema productivo a abastecer.

Caudal: en su máximo estado de desarrollo, las plantas de hoja demandan 0,2 litros de solución diaria, mientras que las de fruto demandan 2,5 litros diarios.

Si se evalúa el requerimiento en función de ambos tipos de cultivos a instalar y la capacidad establecida por batea del sistema productivo, se obtiene:

$$\text{Req sistema (por tipo de cultivo)} = \text{vol solución nutritiva} \left[\frac{l}{\text{día}} \right] \cdot \text{cant plantas batea}$$

$$\text{Req sistema fruto} = 2,5 \left[\frac{l}{\text{día}} \right] \cdot 96 \quad \text{Req sistema hoja} = 0,3 \left[\frac{l}{\text{día}} \right] \cdot 570$$

$$\text{Req sistema fruto} = 240 \left[\frac{l}{\text{día}} \right] \quad \text{Req sistema hoja} = 171 \left[\frac{l}{\text{día}} \right]$$

Es posible apreciar que el cultivo de fruto es el determinante de la capacidad mínima a instalar por batea, siendo ésta de 240l/día.

- A este requerimiento, se suman pérdidas por evaporación y un volumen de seguridad que asegura el nivel mínimo de volumen dentro del tanque para que la bomba no trabaje en vacío, permitiendo que el sistema continúe funcionando ante un posible fallo en los sensores de éste.

Se considera un 10% de pérdidas por evaporación y por recomendación de la FAO³, el volumen de seguridad corresponde a un 25% del requerimiento del sistema:

$$\text{Capacidad requerida} = 240 \left[\frac{l}{\text{día}} \right] + 24 \left[\frac{l}{\text{día}} \right] + 60 \left[\frac{l}{\text{día}} \right]$$

$$\text{Capacidad requerida} = 324 \left[\frac{l}{\text{día}} \right]$$

La capacidad obtenida define el nivel estimado a preparar de solución nutritiva, considerando mermas por evaporación y consumo de nutrientes a completar con solución nutritiva en forma requerida.

En caso de no lograr parametrizar los niveles de PH y conductividad eléctrica requeridos, se debe vaciar el total de solución del tanque correspondiente, a través de una conexión de salida para su vertido a la red cloacal.

Esta situación está estimada/recomendada cada 45 días de uso de la solución, dando como resultado 8 descartes en un año (365 días/45 días). Entonces, si la capacidad instalada es de 1134 litros de solución nutritiva (2 tanques con 324 litros y un tanque con 486 litros), se estima un descarte anual aproximado en 9100 litros de solución nutritiva.

Determinada la capacidad a instalar, es necesario definir el diseño del sistema, que incluye establecer la cantidad de tanques a instalar, sus dimensiones y su distribución.

El diseño atiende a la flexibilidad que se pretende obtener en el proceso productivo, esto es, cultivos en diferentes etapas de desarrollo y diferentes especies dentro de un mismo tipo de

³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

cultivo (hoja o fruto); y a la capacidad del sistema de no interrumpir el suministro de solución por alguna avería.

En línea con esto, se define una distribución que implica instalar un tanque abastecedor de 500l por cada 2 bateas de producción, y un tercer tanque de 500l que alimenta 3 bateas de 7 totales, resultando una cantidad de 3 reservorios de alimentación para todo el sistema, instalados bajo tierra con la tapa al nivel del suelo para su correcta limpieza y la no obstrucción al paso del pasillo de circulación.

En cada tanque se coloca un flotante con contacto eléctrico para alarma de bajo nivel de solución, con la finalidad de proteger de funcionamiento en vacío.

Sistema de bombas. El sistema de circulación posee bombas hidráulicas comandadas por motores eléctricos.

Dentro de los tipos de bombas ofrecidas en el mercado, se decide la utilización de bomba centrífuga ya que es óptima para la recirculación de líquidos y de menores costos de mantenimiento.

El diseño del sistema de alimentación contempla la falla o parada de alguna de las bombas, sin discontinuar la circulación de solución en las bateas. En ningún caso, como se mencionó anteriormente, las bombas deben trabajar en vacío ya que resultaría en la rotura de alguna de las mismas.

Los canales de distribución de solución se encuentran vinculados con llaves de paso y conexiónados entre sí. La bomba se ubica próxima al tanque de depósito, bombeando hacia la parte más alta de la batea. Dado que la bomba se encuentra en un nivel superior al nivel del tanque, se debe colocar una válvula de retención para no generar un vacío que impida su correcto funcionamiento.

La demanda de caudal de cada bomba se encuentra en 9 litros por minuto por cada batea de producción, con un ciclo de activación de 15' por hora en función del ciclo de circulación definido para un sistema hidropónico. Para esta demanda de funcionamiento el tamaño de la bomba adecuado es de 1/2 HP.

Sistema de alimentación y recolección de la solución. Las bombas impulsan la solución nutritiva por cañería de polipropileno de 1 pulgada de diámetro hacia el nivel superior de las bateas. En este punto se divide hacia cada batea y posteriormente se conecta a las 6 derivaciones para la alimentación de cada uno de los tubos.

Cada una de estas 6 derivaciones dispone de una electroválvula del tipo "on/off" (E) que es comandada por el sistema de control automático. El objetivo de esta electroválvula es anular

los tubos que no se utilizan mediante el proceso productivo, por ejemplo, en la producción de cultivo de fruto.

La solución que finaliza su circulación es recolectada y conducida hacia el depósito para su nuevo ciclo.

Cada tubo de cultivo demanda 1,5 l/min y cada bomba alimenta 12 o 18 tubos, por lo que debe entregar 18 l/min y 27 l/min respectivamente. Debido a que la bomba de ½ HP tiene capacidad para abastecer 1620 l/h = 27 l/min, es necesario instalar una válvula esférica que regule el flujo a 18 litros por minuto, para los dos tanques de 500l. Para el tanque que abastece 3 bateas de producción si bien no es necesaria su instalación para regular el flujo, se instala para que el mismo pueda abastecer las bateas de producción contiguas ante algún posible fallo del sistema de alimentación de éstas.

6.1.3 Lay-out y diagrama del sistema

Ilustración 10. Lay-out del sistema

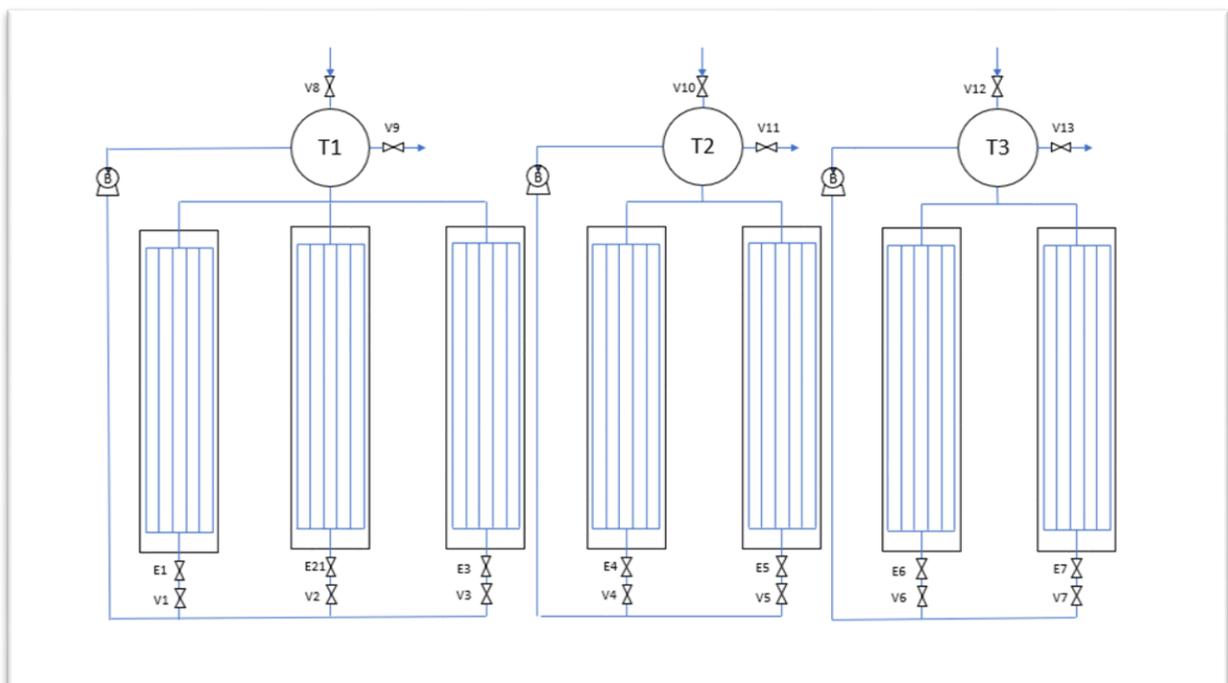
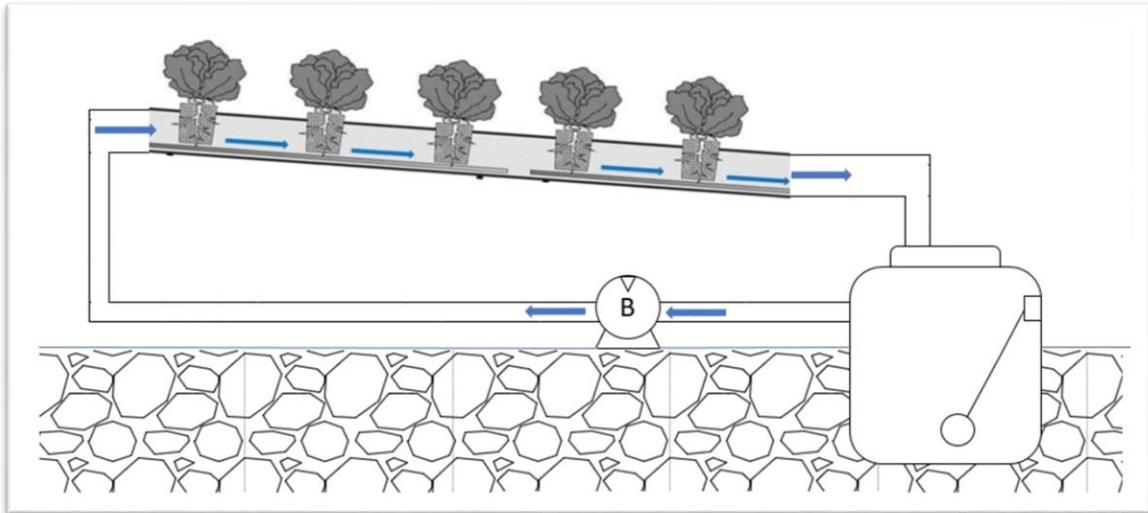


Ilustración 11. Diagrama del sistema



6.1.4 Listado de materiales del sistema

Ver en anexo III.

7 Desarrollo de microclima

7.1 Sistema de calefacción

7.1.1 Cálculo de demanda térmica en invernadero

El cálculo de las necesidades calóricas se realiza en función de la temperatura óptima para el tipo de cultivo, las dimensiones del invernadero y la temperatura externa.

Si bien existen diferentes fórmulas para calcular las diversas pérdidas de calor por conducción, radiación y convección por parte de las paredes y techos del invernadero (Matallana y Montero, 1995; López Hernández J. C. 2014), las mismas dan la base para realizar el cálculo de necesidades de calefacción en forma muy sencilla. Para cada metro cuadrado de suelo cubierto por el invernadero se tiene que:

$$Q = \mu * \left(\frac{\text{SupCubierta}}{\text{SupSuelo}} \right) * \Delta T \quad (\text{Watt/m}^2)$$

Donde:

Q : Requerimiento de calor/m² de invernadero (Watt/m²)

μ : Coeficiente que depende de las pérdidas de calor a través de la cubierta por convección, conducción y radiación.

De acuerdo con la tabla 17 de fabricantes de policarbonato, se adopta $\mu = 3$ correspondiente a un policarbonato simple con cámara de aire de 10mm.

Tabla 17. Conductividad del policarbonato

Estructura	Espesor (mm)	Valor U [W/m ² ·°C]
	4	3.9
	6	3.6
	8	3.3
	10	3.0

Nota. Tomado de DVP S.A. (2016, 3 noviembre). ¿Cuál es conductividad térmica del policarbonato? *dvp.cl*.

Sup. Cubierta: es toda la superficie, en metros cuadrados, del policarbonato alveolar de la cubierta.

$$\text{Supcubierta [m}^2\text{]} = \text{SuplateralAx}^2 + \text{SuplateralBx}^2 + \text{Suptecho} + \text{Supcabriada}$$

$$\text{Supcubierta [m}^2\text{]} = (12\text{m. } 2,5\text{m. } 2) + (21\text{m. } 2,5\text{m. } 2) + (21\text{m. } 3,16\text{m. } 4) + (3\text{m}^2 \cdot 4)$$

Supcubierta [m^2]=443

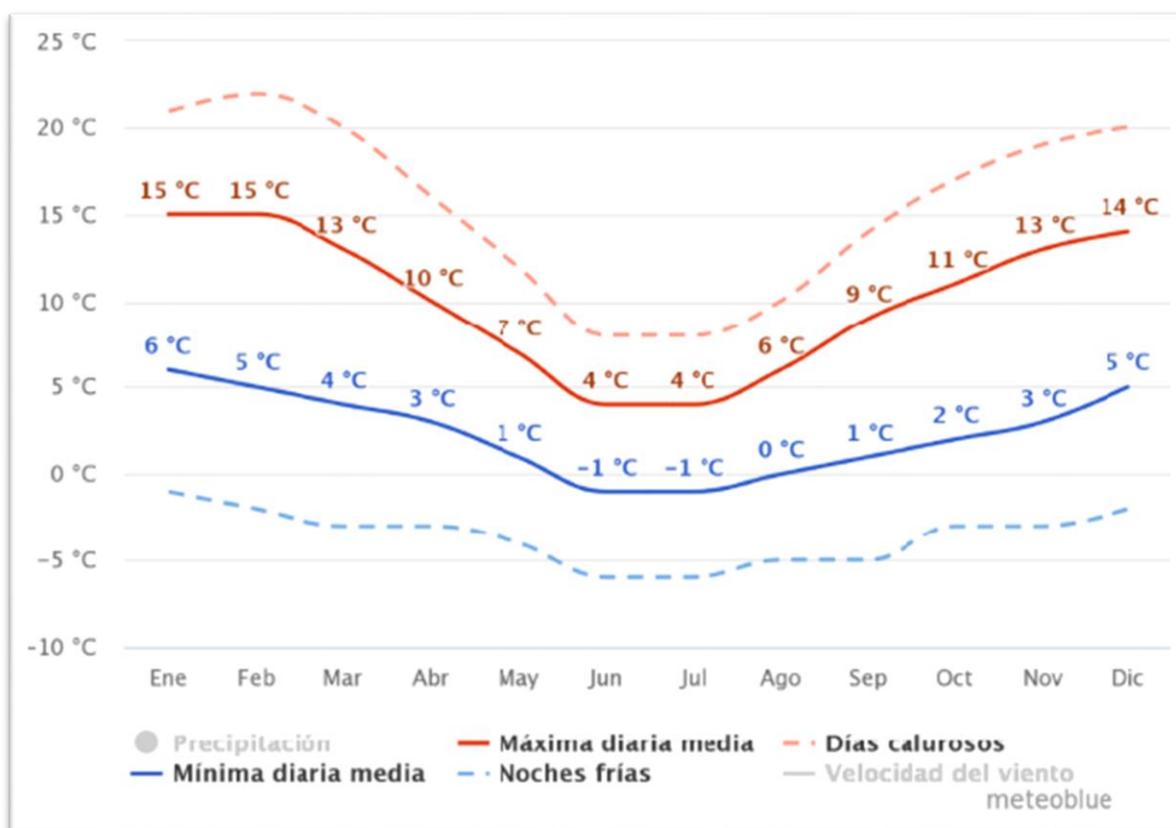
Sup. Suelo: es la superficie, en metros cuadrados, del suelo cubierto por el invernadero.

Supsuelo [m^2]=250

ΔT : es la diferencia de temperatura a cubrir, entre las necesidades del cultivo y la temperatura media estimada en el exterior.

De acuerdo con el gráfico 3, La "máxima diaria media" (línea roja continua) muestra la media de la temperatura máxima de un día por cada mes de Tierra del Fuego. Del mismo modo, "mínimo diario media" (línea azul continua) muestra la media de la temperatura mínima. Los días calurosos y noches frías (líneas azules y rojas discontinuas) muestran la media del día más caliente y noche más fría de cada mes en los últimos 30 años.

Gráfico 3. Temperaturas de Tierra del Fuego



Nota. Tomado de <https://www.meteoblue.com/>

En la tabla 18, se establecen las temperaturas promedio óptimas para los cultivos:

Tabla 18. Temperaturas promedio óptimas de cultivos

Cultivo	$T_{prom\ diurna}$ [$^{\circ}C$]	$T_{prom\ nocturna}$ [$^{\circ}C$]
Hoja	17,5	12,5

Fruto	25,5	16,5
-------	------	------

Con esta información se calcula la diferencia existente entre la temperatura requerida por los cultivos y la temperatura media para cada momento del día en los meses del año, y se obtiene un promedio del ΔT agrupando los meses en las estaciones del año:

Tabla 19. Promedio de delta de temperatura entre temperatura media exterior y necesidad calórica de los cultivos. Por estación

Cultivo	Estación	Momento del día	Promedio de Δt [$^{\circ}C$]
Fruto	Invierno	Día	21
Fruto	Invierno	Noche	17
Fruto	Otoño	Día	16
Fruto	Otoño	Noche	14
Fruto	Primavera	Día	15
Fruto	Primavera	Noche	15
Fruto	Verano	Día	11
Fruto	Verano	Noche	11
Hoja	Invierno	Día	13
Hoja	Invierno	Noche	13
Hoja	Otoño	Día	8
Hoja	Otoño	Noche	10
Hoja	Primavera	Día	7
Hoja	Primavera	Noche	11
Hoja	Verano	Día	3
Hoja	Verano	Noche	7

Entonces, el requerimiento de calor/ m^2 de invernadero (Watt/ m^2) es:

Tabla 20. Requerimiento de calor en invernadero. Por cultivo y por estación

Cultivo	Estación	Momento del día	Promedio de Δ [$^{\circ}C$]	Q [Watt/ m^2]	Q [Watt]	Q [kcal/h]
Fruto	Invierno	Día	21	111	27688	23823
Fruto	Invierno	Noche	17	91	22815	19630
Fruto	Otoño	Día	16	82	20600	17724
Fruto	Otoño	Noche	14	74	18385	15818
Fruto	Primavera	Día	15	77	19271	16581
Fruto	Primavera	Noche	15	77	19271	16581
Fruto	Verano	Día	11	58	14398	12388
Fruto	Verano	Noche	11	59	14841	12769
Hoja	Invierno	Día	13	68	17056	14675
Hoja	Invierno	Noche	13	70	17499	15056
Hoja	Otoño	Día	8	40	9968	8576
Hoja	Otoño	Noche	10	52	13069	11244
Hoja	Primavera	Día	7	35	8639	7433
Hoja	Primavera	Noche	11	56	13955	12007
Hoja	Verano	Día	3	15	3766	3240
Hoja	Verano	Noche	7	38	9525	8195

Nota. A partir del resultado de **Q [Watt/m²]**, se obtiene Q [Watt] al multiplicar por la cantidad de m^2 del invernadero y Q [Kcal/h] de acuerdo con la siguiente conversión de unidades $\frac{J}{s} \cdot \frac{Cal}{4,184J} \cdot \frac{kCal}{1000Cal} \cdot \frac{3600s}{h}$

7.1.2 Estudio de alternativas de sistemas de calefacción

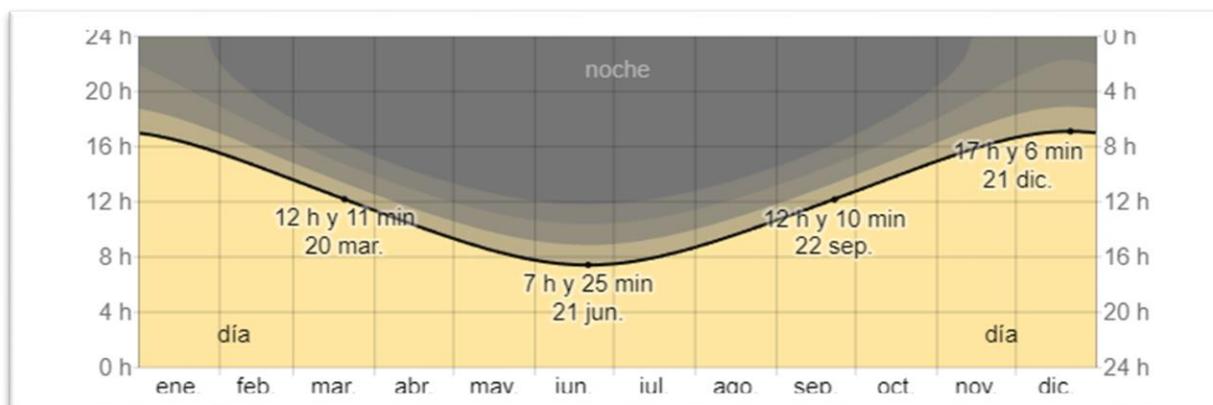
En este apartado se analizan tres alternativas para climatizar utilizando gas natural, dado que este recurso, en la provincia de Tierra del Fuego, posee alta disponibilidad y resulta más económico en comparación con la energía eléctrica.

Para determinar la capacidad a instalar se asume la situación más desfavorable, que responde a la estación de invierno para cultivo de fruto, con un requerimiento calorífico de 23823 Kcal/h. Del mismo modo, para el cálculo del consumo anual de gas, se toma la producción anual de cultivo de fruto.

El consumo de gas fluctúa de acuerdo con la cantidad de horas de funcionamiento del sistema de climatización. Estas últimas varían de una estación a otra por el alargamiento de horas luz solar.

La duración del día en Río Grande varía extremadamente durante el año. Históricamente los promedios de horas para las cuatro estaciones de muestran en el gráfico 4.

Gráfico 4. Duración del día en Río Grande, TDF



Nota. Tomado de Weatherspark.com (sin fecha). *El clima en Río Grande, el tiempo por mes, temperatura promedio (Argentina) - Weather Spark.*

El detalle del cálculo de los consumos y costos anuales se visualiza en el anexo IV.

Alternativa 1: Caldera de gas natural. La caldera adoptada, marca Peisa modelo Diva C32, posee un consumo promedio de gas de 3,4 m³/h, con una potencia calórica de 28.800 Kcal/h, siendo superior al requerimiento calorífico.

Consumo y costo anual de gas

El consumo anual se estima en 17.010 m³/año de acuerdo con la tabla 21.

Tabla 21. Consumo anual de gas. Alternativa 1. Cultivo fruto

Alternativa	Estación	Consumo [m ³]	Costo consumo [USD]
Caldera	Invierno	5.318	160
Caldera	Otoño	4.277	128
Caldera	Primavera	4.228	127
Caldera	Verano	3.187	96
TOTAL ANUAL		17.010	510

Se realiza un cálculo del costo del gas en función del consumo calculado. Para ello se verifican los precios por metro cubico del gas, en la empresa Camuzzi Gas del Sur. Los mismos han sido expresados en dólares, a fin de que los valores puedan ser calculados en cualquier momento por el lector.

Tabla 22. Tarifas de gas. Camuzzi Gas del Sur

Sub-Categoría	Escala de Consumo (m ³ /año)	Cargo Variable (USD/m ³)	Cargo Fijo (USD/Factura)
R1	0 - 4700	USD 0,03	USD 1,09
R2-1	4701 - 5650	USD 0,03	USD 1,15
R2-2	5651 - 6750	USD 0,03	USD 1,32
R2-3	6751 - 8100	USD 0,03	USD 1,49
R3-1	8101 - 10150	USD 0,03	USD 1,94
R3-2	10151 - 12200	USD 0,03	USD 2,25
R3-3	12201 - 14600	USD 0,03	USD 3,02
R3-4	14600 en adelante	USD 0,03	USD 4,88

Basado en el consumo calculado de 17.010 m³/año, la sub-categoría correspondiente es R3-4 obteniendo un costo anual de 569 USD, 510 USD por m³ consumidos y 59 USD de cargo fijo en los 12 meses del año.

Costo de la instalación

Se detalla a continuación el listado de materiales requeridos para la instalación de la alternativa de caldera de gas, junto con su costo.

Tabla 23. Costo de instalación. Alternativa de gas 1.

Material	Costo unitario [USD]	Cantidad	Costo total [USD]
Peisa modelo Diva C32	3.400	1	3.400
Manguera 20 mm con barrera de oxígeno	1,1	120	134,8
Conectores	7,8	12	93,3
Colector	483,8	1	483,8
Gabinete	56,2	1	56,2
TOTAL			4.184

Mantenimiento del sistema

El mantenimiento de este sistema consta en la limpieza de todos los componentes del quemador, el forzador de aire, cañerías del intercambiador de calor y circuitos de manguera, reemplazando la totalidad del agua. Para tal fin, se establece un frecuencial de 12 meses. Respecto del costo, se estima un valor anual de USD 700.

Alternativa 2: Calefacción por tubo radiante. En esta alternativa, se considera el modelo TR-25/16-15 de la marca Ciroco, con una potencia de 25.000 Kcal/h.

Consumo y costo anual de gas

Teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en la alternativa anterior, se obtiene un consumo estimado de 15.445 m³/año con un costo anual de 522 USD correspondiente a la sub-categoría R3-4.

Tabla 24. Consumo y costo anual de gas. Alternativa 2. Cultivo fruto

<i>Alternativa</i>	<i>Estación</i>	<i>Consumo [m³]</i>	<i>Costo consumo [USD/m³]</i>
<i>Tubo radiante</i>	Invierno	4.829	145
<i>Tubo radiante</i>	Otoño	3.883	117
<i>Tubo radiante</i>	Primavera	3.839	115
<i>Tubo radiante</i>	Verano	2.894	87
TOTAL ANUAL		15.445	463

Costo de la instalación

Tabla 25. Costo de instalación. Alternativa de gas 2.

<i>Material</i>	<i>Costo USD</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo total USD</i>
<i>Tubo radiante TB-20</i>	1675,8	1	1.675,8
<i>Soportes y estructura</i>	415,8	1	415,8
TOTAL			2092

Mantenimiento del sistema

El mantenimiento de este sistema consta en la limpieza del tubo radiante. Para tal fin, se establece un frecuencial de 12 meses. Respecto del costo, se estima un valor anual de USD 200.

Alternativa 3: Calefacción por aire caliente. En esta alternativa se evalúa la instalación de un sistema de calefacción por aire caliente alimentado a gas natural.

En función de las prestaciones específicas para invernaderos, se opta por analizar el sistema de la marca Ciroc, modelo Agro 40, el cual posee una potencia térmica de 45.000 Kcal/h, valor por encima del requerido.

Cálculo de consumo y costo anual de gas

El consumo estimado de esta alternativa es 13.768 m³/año con un costo anual de 449 USD, sub-categoría R3-3.

Tabla 26. Consumo y costo anual de gas. Alternativa 3. Cultivo fruto

Alternativa	Estación	Consumo [m ³]	Costo consumo [USD/m ³]
Por aire caliente	Invierno	4.304	129
Por aire caliente	Otoño	3.462	104
Por aire caliente	Primavera	3.422	103
Por aire caliente	Verano	2.580	77
TOTAL ANUAL		13.768	413

Costo de la instalación

Tabla 27. Costo de instalación. Alternativa de gas 3.

Material	Costo USD	Cantidad	Costo total USD
Calefactor Agro 45	4.500	1	4.500
Soportes y estructura	415,8	1	415,8
Cañería	1.000	1	1000
TOTAL			5.915

Mantenimiento del sistema

El mantenimiento del sistema consta en la limpieza de los quemadores y del ducto de succión. El frecuencial se establece en un período de 12 meses, con un costo anual de mano de obra de USD 200.

7.1.3 Selección del sistema de calefacción

A partir de lo evaluado precedentemente se obtiene la tabla 28.

Tabla 28. Tabla resumen de alternativas para sistema de calefacción

Sistema	Consumo [m ³ /año]	Costo consumo [USD/año]	Costo instalación [USD]	Costo mantenimiento [USD/año]	Total Costo [USD/año]	Instalación + consumo 10 años
Caldera	17.010	569	4.184	700	≈5450	≈ 16900
Tubo radiante	15.445	522	2.092	200	≈2815	≈ 9300
Por aire caliente	13.768	449	5.915	200	≈6560	≈ 12400

Si bien los datos arrojados por la tabla comparativa indican que el sistema de tubo radiante es el más económico, hay que considerar que la tecnología no es la más apropiada para el uso en invernaderos, ya que los cultivos más próximos reciben mucho calor, siendo esto perjudicial para el correcto desarrollo vegetativo. Así mismo, este sistema demora en lograr la temperatura óptima y una vez apagado también demora en dejar de entregar calor.

El sistema más utilizado en invernaderos calefaccionados es el de aire caliente, ya que permite mantener el aire templado de manera homogénea sin perjudicar al cultivo. Además, realizar el mantenimiento del sistema no presenta trabajos complejos, ya que, limpiando los elementos de la cámara de combustión, la entrada de aire fresco y la salida de gases, es posible mantener la combustión funcionando correctamente.

El sistema de caldera por agua fue descartado por ser la opción que implica mayores costos de instalación y de mantenimiento.

Para el estudio, también se analizó la generación de biogás, por medio de la utilización de biodigestores alimentado de excremento de animales. Una característica de este tipo de procesos es la sensibilidad a los cambios ambientales debido a lo cual será necesario un mantenimiento casi constante de los parámetros básicos como la temperatura. Al tener por las noches, temperaturas por debajo de los 10°C, el rendimiento de éstos es deficiente, por lo que se descarta esta opción.

7.2 Sistema de iluminación

7.2.1 Iluminación artificial en el desarrollo vegetal

El punto de partida para implementar un sistema de luz artificial es conocer la medida de luz percibida por la planta y la cantidad de horas de luz al día que la misma necesita. Se deben tener en cuenta los siguientes conceptos:

1. Intensidad de la luz

La intensidad o nivel de iluminación se mide en **lumens o luxes** (un lux equivale a un lumen en 1 m²). Como se observa en la tabla 29, cada especie de cultivo tiene una intensidad de luz óptima que maximiza la fotosíntesis y el crecimiento de la planta.

Tabla 29. Iluminación óptima de los cultivos

Cultivo	Iluminación óptima	
Tomate	10000-40000	Día intermedio
Lechuga	12000-30000	Día Largo
Clavel	15000-45000	Día intermedio
Rosa	100000	Día intermedio
Crisantemo	75000-95000	Día corto

2. Fotoperiodo (*período luz /oscuridad*)

El fotoperiodo hace referencia al tiempo en el que las plantas reciben luz, y determina cambios en sus funciones biológicas tales como el desarrollo o la producción de flores. Las plantas se clasifican en base a su respuesta al fotoperiodo:

- a. Las plantas de días cortos son aquellas que requieren un periodo de oscuridad largo para desarrollarse y producir flores, generalmente menos de 12 horas de luz al día. Son aquellas que florecen en primavera (maíz, algodón, crisantemos, dalias, fresas, coliflor, etc.).
- b. Las plantas de días largos requieren hasta 18 horas de luz para desarrollarse y florecer e incluyen las plantas que florecen típicamente en verano (trigo, patatas, espinaca, lechuga, etc.).
- c. Las plantas neutrales al día no responden al fotoperiodo y florecen por otros mecanismos (girasol, arroz, berenjenas, etc.).

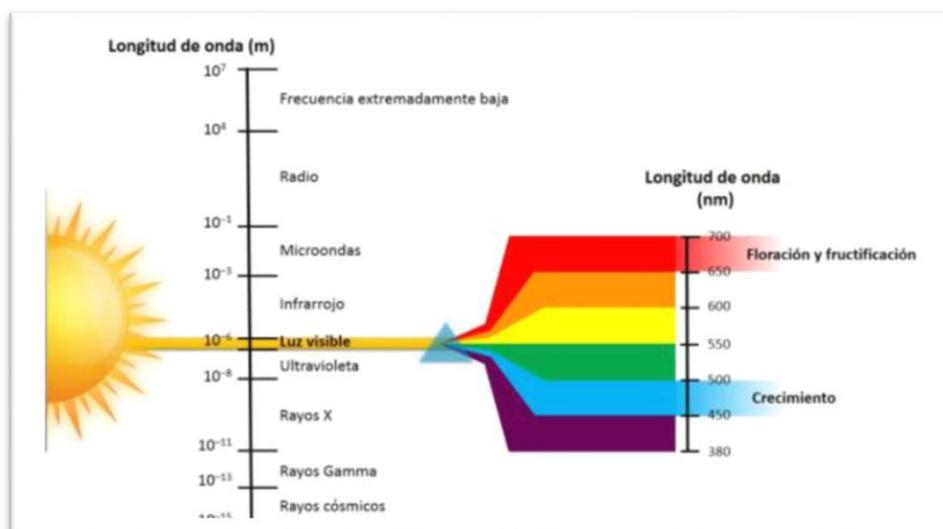
3. Longitud de onda/distribución espectral

El espectro de la radiación solar se divide en varias regiones que son más o menos energéticas en función de parámetros como la longitud de onda (medida en metros o en nanómetros [nm]) o la frecuencia (hercios). Sin embargo, de toda la energía radiante del sol, la planta solo aprovecha la luz visible (comprendida entre 380 y 740 nm). Dentro de esta región, la clorofila es especialmente sensible a las longitudes de onda correspondientes al azul y al rojo. Así:

- a. La luz fría o de espectro azul (430–450 nm) estimula el desarrollo de hojas, raíces y tallos.
- b. La luz de espectro rojo (640–680 nm) favorece la floración y fructificación.
- c. El rojo lejano (700–800 nm) también tiene efecto sobre la planta provocando la elongación de los tallos que se estiran en busca de luz más energética.

Esta información permite conocer las variaciones en la iluminación dentro del invernadero según el estado de desarrollo de la planta.

Ilustración 12. Longitud de onda absorbida por las plantas



7.2.2 Iluminación: magnitudes y unidades

Las magnitudes fundamentales en luminotecnia a tener en cuenta son:

1. Flujo luminoso: se define como la energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo.
2. Intensidad luminosa: es una medida de la potencia ponderada por longitud de onda emitida por una fuente de luz en una dirección particular por unidad de ángulo sólido.
3. Iluminancia: es la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie y su extensión. De ésta se deduce que, un cuerpo estará tanto mejor iluminado por una fuente luminosa dada, cuando menor sea su superficie.
4. Luminancia: es la relación entre la intensidad luminosa en una dirección determinada y una superficie.

Tabla 30. Magnitudes y unidades de iluminación

Denominación	Símbolo	Unidad	Definición de la unidad	Relaciones
Flujo luminoso	Φ	Lumen (lm)	Flujo luminoso de una fuente de radiación monocromática, con una frecuencia de 540×10^{12} Hertzio y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.	$\Phi = I \cdot \omega$
Rendimiento luminoso	η	Lumen por vatio (lm/W)	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia (1 vatio).	$\eta = \frac{\Phi}{W}$
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que irradia un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido unitario (1 estereorradián)	$I = \frac{\Phi}{\omega}$
Iluminancia	E	Lux (lx)	Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de un m^2	$E = \frac{\Phi}{S}$
Luminancia	L	Candela por m^2	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie ($1 m^2$)	$L = \frac{I}{S}$

7.2.3 Cálculos para iluminación artificial

Considerando los conceptos mencionados precedentemente, es posible realizar los cálculos de iluminación artificial teniendo en cuenta la densidad de flujo de fotones fotosintéticos (PPFD) o Nivel de iluminancia media E_m , es decir, la cantidad de luz que realmente llega a las plantas dentro de la región PAR o el número de fotones fotosintéticamente activos que recaen sobre una superficie determinada cada segundo, expresada en $\mu\text{mol/s.m}^2$.

En horticultura, para la mayoría de las especies vegetales, los valores de PPFD oscilan entre 170 y 350 $\mu\text{moles/s.m}^2$. Se determina un nivel de iluminación mínimo necesario de 300 $\mu\text{moles/s.m}^2$ para el desarrollo de los distintos tipos de cultivos que pueden cultivarse en el invernadero.

7.2.4 Diagrama de cálculos

El siguiente diagrama de cálculos se desarrolla en el análisis de cada alternativa de iluminación. Éstas son:

1. Iluminación por tubo fluorescente
 2. Iluminación por lámpara HPS
 3. Iluminación lámpara LED
1. *Flujo luminoso total necesario y Número de luminarias necesarias (NL) por Método de los lúmenes o método del factor de utilización.*

1.1. Cálculo del flujo luminoso total necesario

1.1.1. Fijación de datos de entrada

1.1.1.1. Dimensiones del invernadero (a, b y H)

1.1.1.2. Altura del plano de trabajo (h)

1.1.1.3. Nivel de iluminancia media E_m (en lux)

1.1.1.4. Elección del tipo de lámpara

1.1.1.5. Elección del tipo de luminaria

1.1.2. Determinación de la superficie a iluminar

1.1.3. Determinación de coeficiente de utilización (C_u). Según datos del fabricante de la luminaria a partir de coeficientes de reflexión e índice k del local.

1.1.4. Determinación de coeficiente de mantenimiento (C_m). Según el tipo de local.

1.2. Determinación del número de luminarias

1.3. Determinación del emplazamiento de las luminarias

2. *Cálculo de potencia y consumo de corriente*
3. *Determinación de materiales necesarios y de costos*

7.2.5 Alternativa 1: Tubo fluorescente

7.2.5.1 Flujo luminoso total necesario y Número de luminarias necesarias (NL)

1.1. Cálculo del flujo luminoso total necesario (en lúmenes)

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)

S = superficie a iluminar (en m²)

C_u = Coeficiente de utilización

C_m = Coeficiente de mantenimiento

1.1.1. Fijación de datos de entrada

1.1.1.1. Dimensiones del invernadero (a, b y H)

a= largo = 21m

b= ancho = 12m

H= distancia de la luminaria al plano de trabajo = 1,8m

1.1.1.2. Altura del plano de trabajo (h)

h= 1m

1.1.1.3. Nivel de iluminancia media E_m (en lux)

De acuerdo con la tabla 3, $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ representan **22.200 lux** para una fuente de luz fluorescente.

Tabla 31. Equivalencias PPF/luxes

Tabla 3. Equivalencias entre PPF y luxes dados por varias fuentes distintas.

PPF ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Lux (Sunlight)	Lux (HPS)	Lux (Metal Halide)	Lux (Fluorescent)
10	540	820	710	740
10	540	820	710	740
100	5400	8200	7100	7400
200	10,800	16,400	14,200	14800
300	16,200	24,600	21,300	22200
600	32,400	49,200	42,600	44400
1000	54,000	82,000	71,000	74000
2000	108,000	164,000	142,000	148,000

<http://www.apogeeinstruments.com/conversion-ppf-to-lux/>

1.1.1.4. Elección del tipo de lámpara

LUMILUX T5 HO | Lámparas fluorescentes de tubo 16 mm, alta salida de luz, con casquillo G5

1.1.1.5. Elección del tipo de luminaria

Listón portatubo doble para tubo tipo T5

1.1.2. Determinación de la superficie a iluminar

Considerando la distribución del sistema hidropónico, la cual consiste en 7 bateas que ocupan un ancho de 1m separadas por pasillos de 80 cm entre cada batea, en el total de la superficie del invernadero (250m²) se tiene:

- En el ancho de la nave (12m) se tiene:

Ancho de las bateas: 1m

Separación entre bateas: 80cm=0,8m

Cantidad de bateas: 7

- El largo de las bateas es de 19m

Superficie de cada batea= 19m.1m = 19 m²

Luego, el total de la superficie a iluminar es:

$S = \text{sup. de cada batea} \cdot \text{cant. de bateas}$

$S = 19\text{m}^2 \times 7 = 133 \text{ m}^2$

1.1.3. Determinación de coeficiente de utilización (C_u) o rendimiento lumínico. Según datos del fabricante de la luminaria a partir de coeficientes de reflexión e índice k del local.

Éste indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo.

1.1.3.1. Cálculo el índice del local (k)

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

$$k = \frac{21\text{m} \cdot 12\text{m}}{1,8\text{m} \cdot 33\text{m}} \cong 4,24 = 4$$

1.1.3.2. Coeficiente o factor de reflexión (ρ)

La reflexión de la luz depende el tipo de material o superficie en la que incide. De la tabla 32, siendo el invernadero una instalación clara, se obtienen:

- Techo blanco: $\rho = 0,7$
- Paredes claras: $\rho = 0,5$

Tabla 32. Factor de reflexión de materiales

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0,70-0,85	Mortero claro	0,35-0,55
Techo acústico blanco, según orificios	0,50-0,65	Mortero oscuro	0,20-0,30
Gris claro	0,40-0,50	Hormigón claro	0,30-0,50
Gris oscuro	0,10-0,20	Hormigón oscuro	0,15-0,25
Negro	0,03-0,07	Arenisca clara	0,30-0,40
Crema, amarillo claro	0,50-0,75	Arenisca oscura	0,15-0,25
Marrón claro	0,30-0,40	Ladrillo claro	0,30-0,40
Marrón oscuro	0,10-0,20	Ladrillo oscuro	0,15-0,25
Rosa	0,45-0,55	Mármol blanco	0,60-0,70
Rojo claro	0,30-0,50	Granito	0,15-0,25
Rojo oscuro	0,10-0,20	Madera clara	0,30-0,50
Verde claro	0,45-0,65	Madera oscura	0,10-0,25
Verde oscuro	0,10-0,20	Espejo de vidrio plateado	0,80-0,90
Azul claro	0,40-0,55	Aluminio mate	0,55-0,60
Azul oscuro	0,05-0,15	Aluminio anodizado y abrigantado	0,80-0,85
		Acero pulido	0,55-0,65

Nota. Taboada, J. A. (1979). *Manual de luminotecnia* (Editorial dossat, OSRAM).

Con estos dos datos, es posible calcular el factor de utilización (C_u) a partir de tablas tabuladas que suministran los fabricantes de las luminarias.

Seleccionando una luminaria sin difusor con reparto luminoso directo y considerando un valor $K=4$, se obtiene:

$$C_u = 0,65.$$

Tabla 33. Coeficiente de utilización C_u reparto luminoso directo

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm. %	Techo %	70				50				30				
		Parades %	50	30	10	30	30	10	30	10	30	10			
		K	Coeficiente de utilización C_u												
DIRECTO		Buena 70	1	30	25	22	29	25	22	25	22	25	22	25	22
		1,2	38	33	30	37	33	29	32	29					
		1,5	44	39	36	43	39	36	38	35					
		2	51	46	42	48	45	41	44	41					
		2,5	55	50	47	54	49	46	48	45					
		3	62	57	53	60	56	52	54	52					
		4	65	61	58	63	60	57	58	56					
		6	68	65	62	66	63	60	61	59					
		8	72	69	66	70	67	65	65	63					
		10	74	72	69	72	70	68	68	66					

Nota. Manual de Alumbrado de firmas comerciales como PHILIPS, WHESTIGHOUSE, INDALUX.

1.1.4. Determinación de coeficiente de mantenimiento (C_m). Según el tipo de local.

Este coeficiente establece la influencia que tiene, sobre el flujo emitido, el

grado de suciedad ambiental y la frecuencia de la limpieza del invernadero.

Se considera un $C_m=0,9$, de acuerdo con los datos del fabricante, considerando una vida útil de 12000h.

Entonces, el flujo luminoso Φ_T que el invernadero requiere (en LÚMENES) es:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{22200 \frac{lm}{m^2} \cdot 133m^2}{0,9 \cdot 0,65}$$

$$\Phi_T = 5.047.179lm$$

1.2. Determinación del número de luminarias

El número de luminarias necesarias para cubrir el flujo luminoso calculado viene dado por la fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1 \cdot n}$$

Donde:

$$\Phi_T = 5.047.179 \text{ lm}$$

$$\Phi_1 = \text{flujo luminoso o potencia radiante de la lámpara} = 4450 \text{ lm}$$

$$n = \text{número de lámparas por luminaria} = 2$$

Luego:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1 \cdot n}$$

$$N = \frac{5.047.179lm}{4450lm \cdot 2}$$

$$N = 567 \text{ luminarias}$$

1.3. Determinación del emplazamiento de las luminarias

El escenario planteado con la opción de tubos fluorescentes arroja una cantidad excesiva de luminarias, esto se basa en que el flujo luminoso generado por este tipo de lámparas es bajo para el requerimiento necesario. Como consecuencia, se generaría un sombreado sobre los cultivos que disminuiría el rendimiento esperado. En función de esto, se descarta esta alternativa.

2. Cálculo de potencia y consumo de corriente

$$P_T = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$I = \frac{P_T}{U \cdot \cos\varphi}$$

$$I = 54W \cdot 1134 \frac{\text{lamp}}{220V \cdot 0.95}$$

$$I = 309 A$$

3. Determinación de materiales necesarios y costos

Tabla 34. Alternativa 1: Tubo fluorescente. Materiales y costos

Alternativa 1: Tubo fluorescentes	Potencia total [W]	Consumo total [A]	Cant de circuitos	Consumo por circuito [A]	
	61.236	309	6	52	
Materiales	Código	Marca	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Tablero eléctrico 450 x 600	09 9889 C	Genrod	1	37	37
Interruptor termomagnético 63 A	A9N18346	Schneider	3	5	15
Interruptor diferencial 63A	A9R11491	Schneider	3	7	21
Testigo luminoso led 24 V para tablero			6	2	12
Pulsador para tablero			14	2	28
Transformador 220/24 V para tablero			1	7	7
Barra Colectora P/ Puesta A Tierra 12 Conexiones 125A Elent			1	1	1
Bandeja porta cable x 3 mts 50 mm			45	3	135
Cable unipolar 25mm ²			306	2	612
Tubo fluorescente 54W	HO 54W/840	Osram	1134	5,6	6.350
Artefacto porta tubo fluorescente		Lumenarc	567	24,5	13.892
TOTAL					21.110

7.2.6 Alternativa 2: Lámpara HPS

7.2.6.1.1 Flujo luminoso total necesario y Número de luminarias necesarias (NL)

1.1. Cálculo del flujo luminoso total necesario (en lúmenes)

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

1.1.1. Fijación de los datos de entrada

1.1.1.1. Nivel de iluminancia media E_m (en lux)

De acuerdo con la tabla 31, $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ representan **24600 lux** para una fuente de luz HPS.

1.1.1.2. Elección del tipo de lámpara

PLANTASTAR 250 W E40 → PLANTASTAR-T | Lámparas de vapor de sodio de alta presión para luminarias abiertas y cerradas.

1.1.1.3. Elección del tipo de luminaria

Pantalla campana de policarbonato de 45cm.

1.1.2. Superficie a iluminar

$$S = 19\text{m}^2 \times 7 = 133\text{m}^2$$

1.1.3. Coeficiente de utilización (C_u)

$C_u = 0,71$. Seleccionando una luminaria sin difusor con reparto luminoso directo y cerrado, considerando un valor $K=4$.

Tabla 35. Coeficiente de utilización C_u reparto luminoso directo y cerrado

REPARTO LUMINOSO	Factor de mantenimiento fm, %	Techo		50				30			
		K	Paredes %	50	30	10	50	30	10	30	10
				Coeficiente de utilización C_u							
DIRECTO 	Abiertos	1		46	43	41	46	43	41	43	41
	Bueno 75	1,2		54	51	49	53	51	49	50	48
	Medio 70	1,5		59	56	53	58	55	53	55	53
	Mala 65	2		63	60	57	62	59	57	59	57
		2,5		65	63	60	65	62	60	62	60
	Cerrados	3		69	67	65	68	66	64	65	64
	Bueno 80	4		71	69	67	70	68	67	68	66
	Medio 77	6		73	71	69	72	70	68	69	68
	Mala 73	8		75	73	71	73	72	71	71	70
		10		76	75	73	75	73	72	72	71

1.1.4. Coeficiente de mantenimiento (C_m)

Se considera $C_m = 0,94$, de acuerdo con los datos del fabricante, considerando una vida útil de 12000h.

Entonces, el flujo luminoso Φ_T (en LÚMENES) es:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{24600 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \cdot 133\text{m}^2}{0,94 \cdot 0,71}$$

$$\Phi_T = 4.902.307 \text{ lm}$$

1.2. Determinación del número de luminarias

El número de luminarias necesarias para cubrir el flujo luminoso calculado viene dado por la fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1 \cdot n}$$

Donde:

$$\Phi_T = 4.902.307 \text{ lm}$$

Φ_1 = flujo luminoso o potencia radiante de la lámpara = 33000 lm

n = número de lámparas por luminaria = 1

Luego:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1 \cdot n}$$

$$N = \frac{4.902.307 \text{ lm}}{33000 \text{ lm}}$$

$$N \cong 148,55 = 149$$

1.3. Determinación del emplazamiento de las luminarias

Para asegurar una distribución uniforme en toda la superficie cultivada, considerando la distribución actual del cultivo en el invernadero, las luminarias deben emplazarse de la siguiente manera:

- a. *Distribución del cultivo: 7 bateas de 19m*
- b. *Cantidad de luminaria por batea = $\frac{149}{7} = 22$*
- c. *Largo de cada luminaria según especificación = 25,7cm = 0,257m*
- d. *Separación entre cada luminaria = 0,60m [(19m/22) - 0,257m]*

2. Cálculo de potencia y consumo de corriente

$$P_T = U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

$$I = \frac{P_T}{U \cdot \cos\varphi}$$

$$I = 250W \cdot 149 \frac{\text{lamp}}{220V \cdot 0.95}$$

$$I = 178 \text{ A}$$

3. Determinación de materiales necesarios y costos

Tabla 36. Alternativa 2: Lámpara HPS. Materiales y costos.

Alternativa 2: HPS	Potencia total [W]	Consumo total [A]	Cant de circuitos	Consumo por circuito [A]	
Potencia total	37250	178	3	59,3	
Materiales	Código	Marca	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Tablero eléctrico 450 x 600	09 9889 C	Genrod	1	37	37
Interruptor termomagnético 63 A	Easy 9 2x63A	Schneider	3	5	14
Interruptor diferencial 63A		Jeluz	3	7	21
Testigo luminoso led 12 V para tablero			6	2	11
Pulsador para tablero			13	2	23
Transformador 220/12 V para tablero			1	7	1
Barra Colectora P/ Puesta A Tierra 12			1	1	1
Conexiones 125a Elent					
Bandeja porta cable x 3 mts 50 mm			64	3	209
Cable unipolar 10mm2			670	1	524
Lámpara de descarga en gas para fotosíntesis	PLANTASTAR-T	Osram	149	23	3.486
Pantalla tipo campana policarbonato 45 cm			149	20	2.980
Balasto 250W			149	23	3.374
TOTAL					10.686

7.2.7 Alternativa 3: Lámpara LED

7.2.7.1.1 Flujo luminoso total necesario y Número de luminarias necesarias (NL)

1.1. Cálculo del flujo luminoso total necesario (en lúmenes)

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

1.1.1. Fijación de datos de entrada

1.1.1.1. Nivel de iluminancia media E_m (en $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

300 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

1.1.1.2. Elección del tipo de lámpara

LED OSRAM VYPR Series= VR3PBW3LVGS | SKU VR-3P-BW3

1.1.2. Superficie a iluminar

$$S = 19\text{m}^2 \times 7 = 133 \text{ m}^2$$

1.1.3. Coeficiente de utilización (C_u)

Según tabla 33, seleccionando una luminaria con reparto luminoso directo y considerando un valor $K=4$, se obtiene $C_u = \mathbf{0,65}$.

1.1.5. Coeficiente de mantenimiento (C_m)

Se adopta un $C_m = \mathbf{0,94}$

Entonces, el flujo luminoso Φ_T (en $\frac{\text{umoles}}{\text{s}}$) es:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

$$\Phi_T = \frac{300 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2\text{s}} \cdot 133 \text{m}^2}{0,94 \cdot 0,65}$$

$$\Phi_T = 65.303 \frac{\text{umoles}}{\text{s}}$$

1.2 Determinación del número de luminarias

El número de luminarias necesarias para cubrir el flujo luminoso calculado viene dado por la fórmula:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1 \cdot n}$$

Donde:

$$\Phi_T = 65.303 \frac{\text{umoles}}{\text{s}}$$

$$\Phi_1 = \text{flujo luminoso o potencia radiante de la lámpara} = 1680 \frac{\text{umoles}}{\text{s}}$$

$$n = \text{número de lámparas por luminaria} = 1$$

Luego:

$$N = \frac{\Phi_T}{\Phi_1 \cdot n}$$

$$N = \frac{65.303 \frac{\text{umoles}}{\text{s}}}{1680 \frac{\text{umoles}}{\text{s}}}$$

$$N \cong 38,87 = 39$$

1.3 Determinación del emplazamiento de las luminarias

Para asegurar una distribución uniforme en toda la superficie cultivada, considerando la distribución actual del cultivo en el invernadero, las luminarias deben emplazarse de la siguiente manera:

- *Distribución del cultivo: 7 bateas de tubos de 19m*
- *Cantidad de luminaria por batea=39/7 = 5,57= 5*
- *Largo de cada luminaria según especificación= 1,07m*
- *Separación entre cada luminaria= 2,27m*

2. Cálculo de potencia y consumo de corriente

$$P_T = U.I. \cos\phi$$

$$I = \frac{P_T}{U. \cos\phi}$$

$$I = 65W \cdot 39 \frac{\text{lamp}}{220V \cdot 0.95}$$

$$I = 12 A$$

3. Determinación de materiales necesarios y costos

Tabla 37. Alternativa 3: LED. Materiales y costos.

Alternativa 3: LED	Potencia total [W]	Consumo total [A]	Cant de circuitos	Consumo por circuito [A]	
Potencia total	2535	12	1	12	
Materiales	Código	Marca	Cantidad	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Tablero eléctrico 450 x 600	09 9889 C	Genrod	1	37	37
Interruptor termomagnético 16 A	Easy 9 2x16A	Schneider	1	11	11
Interruptor diferencial 2 x 25A		Jeluz	1	57	57
Testigo luminoso led 12 V para tablero			1	2	2
Pulsador para tablero			1	2	2
Transformador 220/12 V para tablero			1	7	7
Barra Colectora P/ Puesta A Tierra 12 Conexiones 125a Elent			1	1	1
Bandeja porta cable x 3 mts 50 mm			34	3	111
Cable unipolar 6mm ²			306	1	239

<i>LED OSRAM VR3PBW3LVGS</i>	39	566	22.075
TOTAL			22.543

7.2.8 Selección del sistema de iluminación

Para la selección final, se comparan los consumos en Kw/h durante 3 años de funcionamiento a fin de determinar el peso relativo entre estos consumos y el costo total de la instalación de cada alternativa.

En la tabla 38 se aprecia la conveniencia de seleccionar la alternativa 3 de lámparas LED, dado que, si bien el costo de la instalación es mayor respecto de la alternativa 2 de lámparas HPS, se obtiene un menor costo y ahorro en consumo de energía eléctrica, en 3 años, del 95%.

Tabla 38. Comparativa entre HPS y LED

<i>ALTERNATIVA</i>	<i>2: HPS</i>	<i>3: LED</i>
<i>CATEGORIA</i>	GRANDES DEMANDAS Potencia > 30Kw baja tensión	GENERAL T 1-G USO GRAL
<i>Potencia instalada [Kw]</i>	37	2,5
<i>Consumo mensual [Kw/h]</i>	5.550	375
<i>Cargo fijo [USD/mes]</i>	49	1
<i>Cargo por potencia [USD/mes]</i>	114	-
<i>Precio por consumo mensual [USD]</i>	138	16
<i>Cargo por suministro de potencia [USD/mes]</i>	75	-
<i>Costo consumo mensual [USD]</i>	377	17
Costo consumo 3 años [USD]	13.600	614
Costo instalación [USD]	10.600	22.543
TOTAL	24.200	23.157

7.2.9 Cálculos de consumos y costos totales en iluminación

En forma similar a los cálculos realizados en calefacción, el consumo total en energía eléctrica deriva del delta a cubrir entre las horas de luz solar disponibles en cada estación y el requerimiento lumínico de cada cultivo, debido a que, durante esta diferencia de horas, funciona el sistema de iluminación con su capacidad instalada, siendo esta de 2,5Kw.

En promedio, según la especie, los cultivos de hoja y de fruto demandan 12 horas luz.

Se obtiene:

Tabla 39. Delta horas del día a cubrir con iluminación artificial

<i>Cultivo</i>	<i>Estación</i>	<i>Momento del día</i>	<i>Horas momento día</i>	<i>Delta [horas/día]</i>	<i>Consumo horario [Kw/h]</i>	<i>Consumo mensual [Kw/h]</i>
<i>Fruto/Hoja</i>	Invierno	Día	7	5	2,5	375

Otoño	Día	12	0	2,5	0
Primavera	Día	12	0	2,5	0
Verano	Día	17	0	2,5	0
Total					375

Como puede observarse en la tabla 39, el sistema cubre las necesidades lumínicas de los cultivos principalmente durante el invierno.

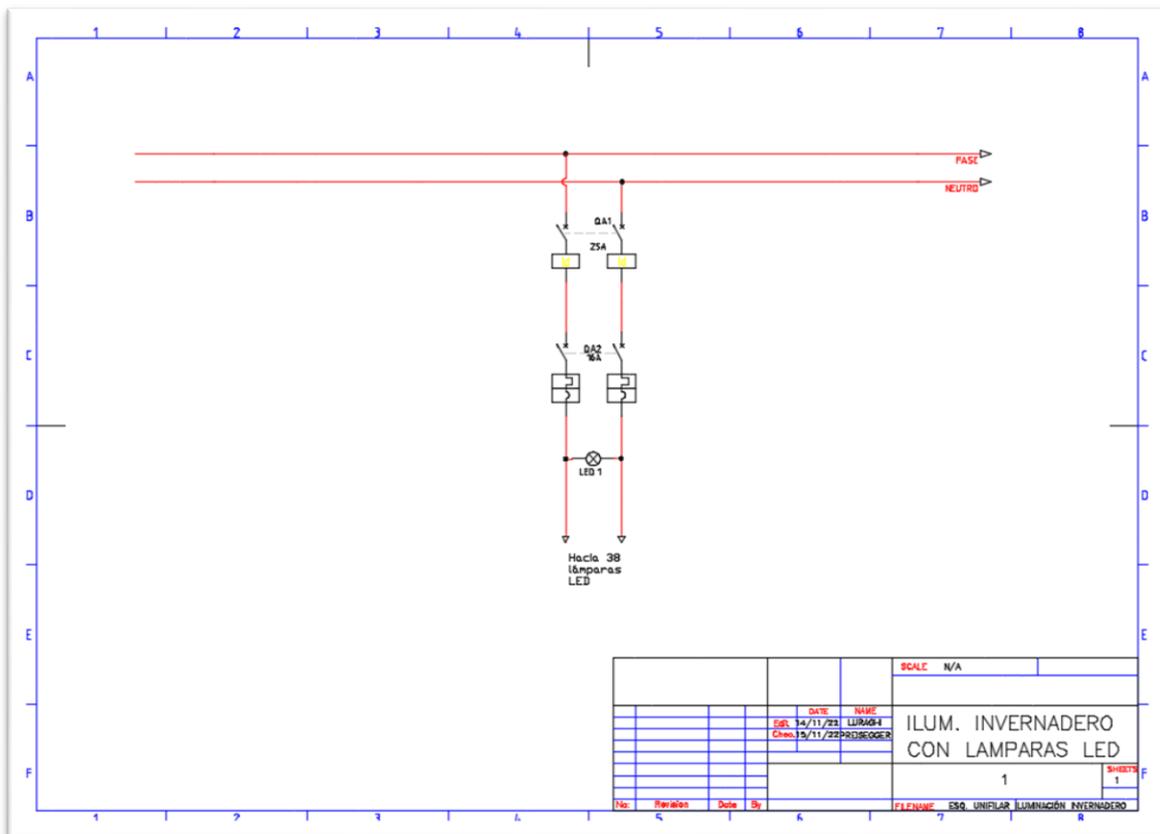
Considerando los tres meses a cubrir, se aproxima un consumo anual de 1125 Kw/h, al cual se agrega un consumo adicional de seguridad del 20% para cubrir días nublados en el resto de las estaciones, dando como resultado 1350 Kw/h/año.

Además, se deben contemplar 150 Kw/h (6 USD) de consumo mensual de los demás equipos instalados (bombas, motores eléctricos), resultando un consumo anual de 1650 Kw/h (72 USD).

Finalmente, el consumo anual estimado de energía eléctrica es 3000Kw/h, con un costo anual de 140 [USD].

7.2.10 Diagrama unifilar del sistema

Ilustración 13. Diagrama unifilar iluminación LED



7.3 Sistema de ventilación

Para el cálculo del caudal de ventilación es necesario conocer el número de renovaciones hora que se necesitan en un invernadero y el volumen total a renovar. No existe norma que contemple la cantidad de renovaciones, por lo tanto, siguiendo indicaciones de las grandes empresas de ventilación se toma el siguiente valor:

- Volumen invernadero: 756 m³
- Renovaciones: 30 ren/día

Por tanto, la necesidad de aire a ventilar se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal} = \text{Volumen del local} \times N^{\circ} \text{ Renovaciones}$$

Resulta una necesidad de 22.000 m³/día de renovación para una correcta ventilación del invernadero.

Según esta necesidad se dispone de un forzador de aire de las siguientes características:

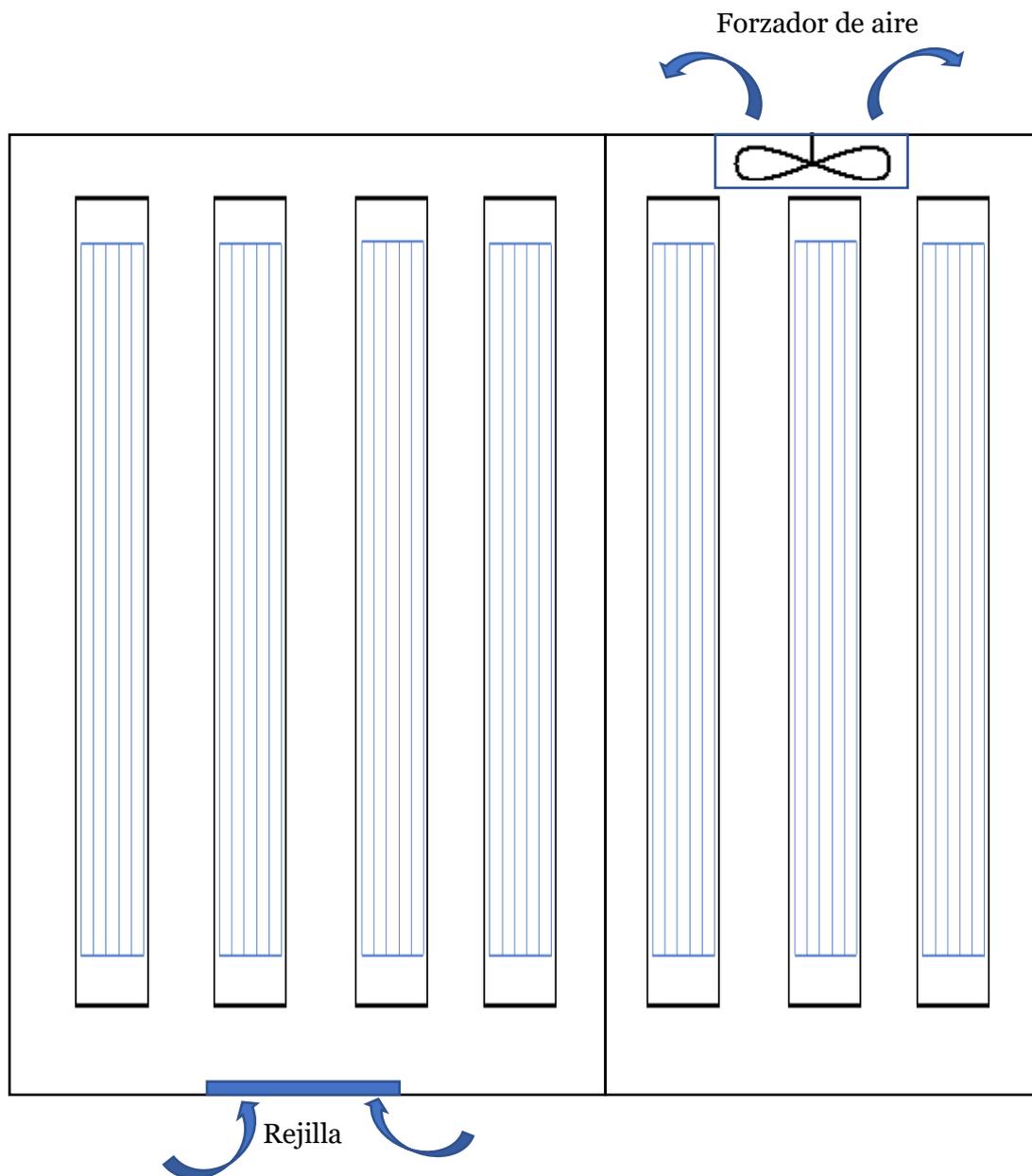
- Empresa: Gatti ventilación
- Descripción: K850/4-35 de 8 aspas
- Caudal Ventilador: 6 m³/s (21.600 m³/h)

Agregado a esto, se coloca una rejilla de apertura por aire para impedir que el calor del interior del invernadero se escape en los días de bajas temperaturas.

Para poder generar ingreso de aire, al momento de realizar la renovación, también se instala una rejilla en posición opuesta al forzador. La misma se abre con el propio vacío generado por el forzador.



Ilustración 14. Sistema de ventilación



Es importante mencionar que, a pesar de que las renovaciones de aire son requeridas para eliminar el O_2 liberado por las plantas, se genera un efecto negativo en la temperatura del ambiente.

8 Ingeniería de procesos

8.1 Elección de la técnica de cultivo

La hidroponía es una técnica de cultivo en la que no se utiliza suelo y los nutrientes que demanda el cultivo para su desarrollo son provistos a través del agua. Este sistema permite la optimización del espacio físico destinado a la producción y el aprovechamiento de lugares en donde los suelos no cumplen con los requerimientos para un correcto desarrollo de las plantas.

El sistema productivo consta de tubos o caños plásticos, de sección circular o rectangular, los cuales son perforados para la colocación de cada planta, por los que circula la solución nutritiva en su interior. Es importante aclarar que los caños no deben permitir el ingreso de luz solar para cuidar el desarrollo de las raíces.

A continuación, la tabla 40 enumera ventajas tanto técnicas como económicas de la hidroponía y desventajas:

Tabla 40. Ventajas y desventajas de la hidroponía

<i>Ventajas técnicas</i>	<i>Ventajas económicas</i>	<i>Desventajas</i>
<i>Balance ideal de agua, oxígeno y nutrientes.</i>	Mayor calidad en los productos cosechados.	Inversión inicial elevada.
<i>Control eficiente y fácil del pH y la salinidad.</i>	Mayor uniformidad en la cosecha.	Desconocimiento de la técnica.
<i>Ausencia de malezas.</i>	Ahorro en agua y fertilizantes por kilogramos producido.	Delicada (mucho cuidado con los detalles).
<i>Ausencia de plagas y enfermedades en la raíz, al menos inicialmente.</i>	Se puede usar agua dura o de cierta salinidad.	Falta de equipo e insumos nacionales.
<i>Eficiencia y facilidad de esterilización.</i>	Mayor limpieza e higiene en los productos obtenidos.	
	Posibilidad de varias cosechas al año.	
	Altos rendimientos por unidad de superficie. Estado del Arte	
	En poca superficie se puede lograr un alto rendimiento.	
	Sin la limitante del suelo, puede producirse en cualquier sitio incluyendo los ambientes urbanos.	

De las diferentes técnicas de producción hidropónica existentes (raíz flotante, NFT, goteo, sustrato) se selecciona para el desarrollo de este proyecto, el método NFT (Nutrient Film Technique) que abarca el proceso productivo desde el trasplante de plantines hasta la cosecha.

La selección del método se debe a su economía, eficiencia y a su mayor uso en invernaderos de características similares al de este proyecto. El sistema de película nutritiva (NFT) entrega versatilidad para la producción de cultivo de hoja y de fruto y su sistema de recirculación asegura un menor desperdicio de recursos en cuanto a solución nutritiva y agua.

8.2 Descripción del proceso productivo

A continuación, se describen brevemente las tareas que conformar el proceso productivo a llevar a cabo:

1. Recepción y almacenamiento de materia prima

Las actividades de recepción y almacenamiento se llevan a cabo en el sector de depósito. Éste tiene un área total de 36m² con capacidad para almacenar materia prima: semillas, sustratos, fertilizantes; equipos productivos: balanzas, instrumentos de medición, recipientes; e insumos generales de mantenimiento.

2. Germinación y producción de almácigos

En esta etapa se realiza la siembra de las semillas en plantinera, ocupando las celdas individuales en función del plan de producción.

Las bandejas se rellenan con el sustrato adecuado y luego se colocan las semillas. La profundidad de siembra depende del tamaño de la semilla, cuanto más pequeña sea ésta, más superficial será la siembra. Finalmente, deben cubrirse con el mismo sustrato.

El tiempo de esta etapa varía según la especie y las temperaturas, un plantín de lechuga estará listo para su trasplante en 20 días y uno de tomate o pimiento tardará 40 días aproximadamente.

3. Preparación de solución nutritiva y puesta en marcha del sistema NFT

La solución nutritiva contiene todos los nutrientes necesarios para que las plantas se desarrollen adecuadamente en el tiempo esperado.

En dos recipientes de 10 litros limpios y debidamente desinfectados se depositan las soluciones A y B, una en cada recipiente, resguardadas de la luz directa y a temperaturas frescas.

Vertidos 5 litros de agua deben adicionarse las sales en orden y a medida que la anterior esté disuelta. Finalmente, adicionar agua hasta completar el volumen de 10 litros y agitar durante 10 minutos.

Antes del trasplante de los plantines al sistema NFT para iniciar su desarrollo, debe llevarse a cabo el lavado exhaustivo de los tubos y tanque con agua y jabón, lo cual puede realizarse con una hidrolavadora o a presión.

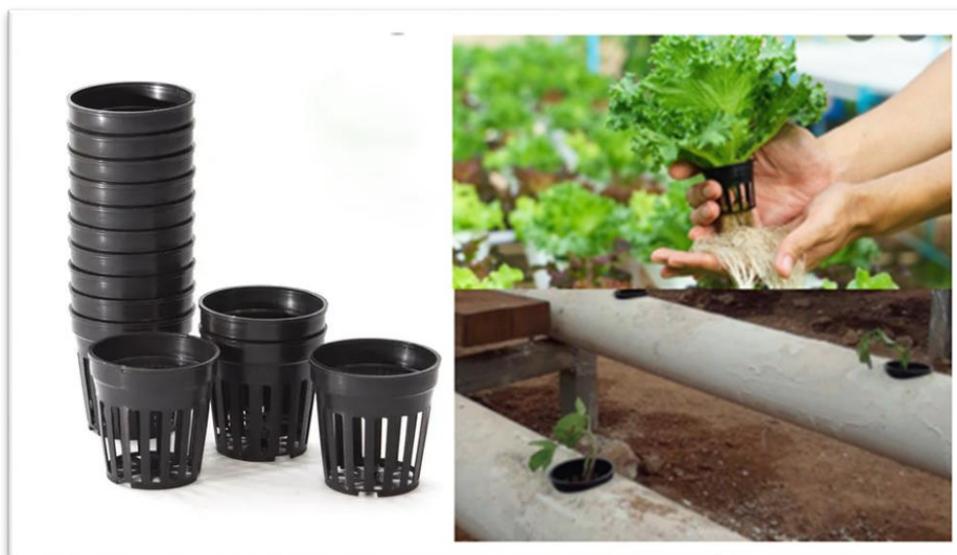
Posteriormente se realiza el llenado del tanque a la capacidad de siembra: 3,24 litros de solución y 324 litros de agua para los tanques de 500 litros; y 4,86 litros de solución con 486 litros de agua en el tanque de 750 litros.

4. Trasplante de plántulas a sistema productivo NFT

Inicialmente deben extraerse los plantines de las bandejas de la plantinera y lavarlos cuidadosamente para limpiar las raíces del sustrato.

Luego, se deben colocar los plantines en las canastas de soporte plásticas, las cuales cumplen la función de sostén para las plantas y permiten a las raíces la absorción de los nutrientes.

Ilustración 15. Modelo de canastas



Continúa el proceso colocando cada canasta dentro de los orificios disponibles en los tubos PVC en función del tipo de cultivo:

- Cultivo de fruto: dado que éstos demandan de un mayor espacio de desarrollo se deben colocar cada 40cm y en los tubos PVC anteriores a los extremos de cada batea productiva.

Dado que el tubo PVC dispone de orificios cada 20cm, la secuencia de trabajo es un orificio productivo y un orificio ocioso. De esta manera, se completa cada batea con un total de 672 plantines.

- Cultivo de hoja: se deben colocar cada 20cm completando el 100% de capacidad de cada batea productiva, la cual se completa en su totalidad con 3420 plantines.

5. Inicio ciclo productivo NFT

El sistema NFT tiene un ritmo de trabajo de 15 minutos (encendido) y de cese de la circulación de 45 minutos (apagado), por 24 horas, para todos los tipos de cultivo.

Al cumplirse las 24 horas de activación (a fin de evitar el estrés en el sistema radicular de los plantines), se deben incorporar las soluciones nutritivas correspondientes al cultivo que esté produciéndose. La adición de la solución nutritiva posee un esquema de concentración que depende de las etapas fenológicas de las plantas.

Posteriormente, según la temperatura ambiental y del sistema de circulación, puede reducirse el tiempo de circulación en encendido, lo cual ahorra energía eléctrica; sin embargo, si la temperatura se encuentra fuera del intervalo requerido, se sugiere aumentar los tiempos de circulación para mejorar la oxigenación de las raíces y favorecer la disipación de calor del medio.

6. Manejo de las condiciones del sistema productivo

Diariamente se realiza el monitoreo del sistema, revisando los valores registrados de humedad relativa (%), temperatura (°C), concentración de CO₂ (ppm) del entorno creado, los valores de conductividad (mS/cm³) y acidez (pH) de la solución nutritiva recirculante, procediendo a la corrección de éstos en caso de estar fuera de los parámetros establecidos.

La observación del sistema en general y del estado físico de las plantas se debe realizar a diario también, y en el caso de encontrarse alguna lesión aparente, se procede a retirar la planta del sistema.

Dentro de las tareas de labranza, en el caso de cultivos de fruto, debe realizarse como actividad adicional el tutorado, que consiste en tender y tensar hilos en forma vertical que servirán de guía y sostén de las plantas en su crecimiento.

7. Cosecha y control de calidad

Las tareas de cosecha inician finalizados los tiempos estimados de desarrollo tomando como indicador el tamaño y color, según los requisitos del mercado.

Las actividades de esta etapa incluyen:

- a. Retiro de plantas del sistema y colocación en cajones plásticos limpios.

Esta actividad implica la utilización de carros de trabajo de 0,6 x 1 x 1 metros.

- b. Traslado al área de producto terminado para retiro de las canastas plásticas, las cuales se limpian y desinfectan para su reutilización en otra siembra.
- c. Registro de datos productivos para el control del producto y los resultados del proceso de cultivo, que incluye aspectos como cantidad, peso, diámetro y presencia de plagas o enfermedades.

8. Packaging

Una vez que las frutas u hortalizas son cosechadas deben prepararse para su venta.

Para el empaque se utilizan materiales nuevos, limpios e inocuos para la salud del consumidor, por lo cual deben almacenarse en las ubicaciones destinadas para tal fin debidamente protegidos a fin de evitar contaminaciones cruzadas en el producto final.

En esta etapa será importante definir un esquema de trabajo que permita reducir las veces en que el producto es manipulado, a fin de reducir pérdidas de calidad y costos.

El empaque del producto debe cumplir con tres funciones básicas:

1. Contener al producto, facilitando el manipuleo y distribución.
2. Determinar el número de unidades o peso en su interior, estandarizando su comercialización.
3. Proteger al producto de daños durante el transporte y comercialización.

Las características del packaging del producto terminado son:

- Unidad de embalaje: cajón plástico de tipo canasto apilable y reforzado de dimensiones estándar 60x40x26 cm, como el que se observa en la ilustración 16. Este cajón es reutilizable y se estima una vida útil de 10 ciclos productivos, por lo cual, su costo se refleja amortizado dentro de los costos variables.

Ilustración 16. Modelo de cajón plástico



- Peso del cajón: de acuerdo con la Resolución 886/15 SRT el peso máximo establecido para transporte manual de cargas no podrá sobrepasar los VEINTICINCO KILOGRAMOS (25 kg).
- Cantidad de plantas por cajón:

- Cultivos de hoja:

Capacidad aproximada considerando sólo el peso:

$$\frac{Q_{\text{plantas}}}{\text{cajón}} = \frac{\text{carga máx establecida}}{\text{peso promedio planta}} = \frac{25\text{kg}}{0,27\text{Kg}} = 92 \text{ plantas}$$

Capacidad aproximada por medida estándar del cajón:

$$\frac{Q_{\text{plantas}}}{\text{cajón}} = \frac{\text{Capacidad cajón}}{\text{Tamaño promedio planta}} = \frac{2400\text{cm}^2}{100\text{cm}^2} = 24 \text{ plantas}$$

- Cultivos de fruto:

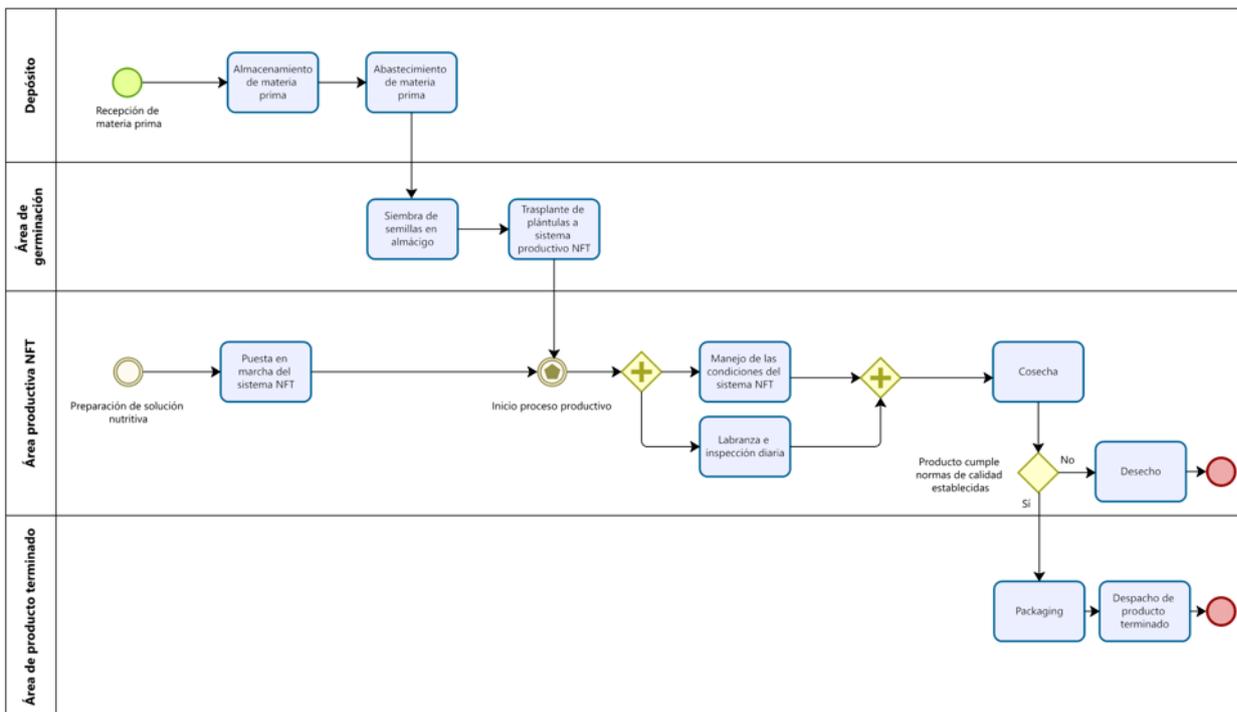
Se completan los cajones hasta su capacidad máxima, dado que, por el tamaño promedio de este cultivo, la capacidad máxima del cajón no excede el peso establecido de 25kg.

- Empaque individual:

- Cultivo de hoja: se empaquetarán en bolsa biodegradable de 15x20cm con agua en las raíces para mantener viva la planta. El costo unitario de cada bolsa se estima en USD 0,03.
- Cultivo de fruto: el tomate se entrega directamente en cajón. La frutilla se empaqueta en estuches perforados descartables de 500g. El costo unitario de este estuche se estima en USD 0,10.

8.3 Flujograma del proceso productivo

Ilustración 17. Diagrama de flujo proceso productivo



9 Innovación tecnológica: propuestas de automatización

Combinar la hidroponía como método de cultivo agrícola y el invernadero como sistema de protección con la automatización, genera una vinculación directa de la tecnología **con la sociedad** debido al incremento cuantitativo de alimentos de alta calidad y a la estabilización de ciclos productivos, a lo largo del año que favorece a productores, mercados y consumidores.

La automatización tiene como finalidad el control de las variables que proveen a los vegetales las condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo, logrando producir una mayor cantidad de alimento de calidad, en el menor tiempo posible y con la optimización del uso de energía.

El monitoreo diario durante el proceso productivo se realiza sobre dos variables principales:

1. Condiciones ambientales del invernadero
2. Solución nutritiva del sistema hidropónico

Dentro de las condiciones ambientales del invernadero, el manejo de la temperatura y la humedad relativa a partir de ventilación constituye un tema crítico, dado que temperaturas muy bajas disminuyen el metabolismo y el desarrollo de la planta atrasando la cosecha, y temperaturas muy altas con baja humedad relativa, aumentan las tasas de evapotranspiración y pueden causar deshidratación. Por otro lado, el control de la iluminación incide directamente en la tasa de fotosíntesis de las plantas.

Finalmente, el manejo de uno u otro factor, además de incidir sobre la fisiología de los cultivos, puede incidir en el crecimiento de microorganismos que podrían ser patógenos, como hongos y bacterias.

9.1 Invernaderos tecnológicos

El avance del uso de invernaderos favoreció a la obtención de alimentos no autóctonos y fuera de estación en casi cualquier condición exterior. La evolución en el uso de tecnologías generó múltiples herramientas para lograr las mejores condiciones edafoclimáticas.

La utilización de tecnología permite producir condiciones internas más versátiles o complejas que dan como resultado la posibilidad de producir una amplia variedad de vegetales.

Las tecnologías utilizadas para controlar las condiciones perfectas de los cultivos son equipos que producen: luz artificial, calefacción, ventilación, riego, como así también sensores para controlar humedad, PH de sustrato, temperaturas extremas, concentración de CO₂, entre otros.

De esta manera, en virtud de que se encuentra automatizado, existe la posibilidad de controlar variables al instante logrando:

1. Automatizar en gran medida la labranza diaria en la producción
2. Obtener resultados óptimos de producción, libres de enfermedades y plagas
3. Mayor cantidad de producciones por año
4. Capacidad de cambio por estacionalidad o demanda.

Con el objeto de reducir el tiempo requerido para el control del sistema y por consiguiente reducir la mano de obra requerida, los parámetros a controlar en forma automática, tanto de las condiciones ambientales como de la solución nutritiva, son los siguientes:

1. Electro conductividad de la solución nutritiva
2. Potencial de hidrógeno de la solución nutritiva (PH)
3. Temperatura y humedad del recinto
4. Luminosidad
5. Renovación de aire del recinto

Los parámetros técnicos recomendados para el proceso productivo se muestran en la tabla 41.

Tabla 41. Parámetros técnicos. Proceso productivo. Por cultivo

<i>Parámetros</i>	<i>Cultivo de hoja</i>	<i>Cultivo de fruto</i>
<i>Temperatura óptima</i>	15 – 20 °C durante el día y 10 – 15 °C durante la noche	23 – 28 °C durante el día y 15 – 18 °C durante la noche
<i>Temperatura crítica</i>	6 °C – 27 °C	10/12 °C - 30 °C
<i>Humedad relativa</i>	de 60 % a 80 %	de 60 % a 70 %
<i>Solución nutritiva</i>	Nitrato de calcio: 0,45 kg Nitrato de potasio: 0,45 kg Fosfato monoamónico: 0,1 kg Sulfato de magnesio: 0,15 kg en 1000 L	Entre 2,1 y 3,8 kg de Nitrógeno, 0,3 y 0,7 kg de fósforo, y 4,4 y 7,0 kg de potasio en 1000 L
<i>Concentración de la solución nutritiva</i>	1,2 a 1,8 μ S/cm	2,5 a 6 μ S/cm
<i>pH</i>	6.0 – 6.6	5,5 – 6.0
<i>Luminosidad</i>	12 horas luz	entre 8 y 16 horas luz al día

9.2 Parámetros de control y monitoreo

9.2.1 Electro-conductividad de la solución nutritiva

La electro-conductividad en hidroponía tiene su importancia en la asimilación de los nutrientes por parte de las plantas. Valores por encima de los intervalos óptimos representan toxicidad en la planta, y valores por debajo de éstos representan deficiencia de nutrientes, por lo cual, como se indica en la tabla 41, la concentración de la solución nutritiva para mantener la disponibilidad de nutrientes se recomienda en los rangos de 1.5 a 3 mS/cm o 750 a 1500 ppm.

Si la EC es menor de lo recomendado se sugiere agregar más solución nutritiva de manera gradual y permitir la homogenización de la solución para volver a monitorear. Si la conductividad está por encima del rango recomendado, se deberá agregar agua para disolverla.

La medición de este parámetro se realiza mediante un sensor del tipo TDS.

Ilustración 18. Sensor de electro-conductividad

Especificaciones

- Voltaje de entrada: 3.3 ~ 5.5V
- Voltaje de salida: 0 ~ 2.3V
- Corriente de trabajo: 3 ~ 6mA
- Rango de medición TDS: 0 ~ 1000ppm
- Precisión de medición TDS: $\pm 10\%$ FS (25 °C)
- Tamaño del módulo: 42 * 32 mm
- Interfaz del módulo: PH2.0-3P
- Interfaz de electrodo: XH2.54-2P



9.2.2 Potencial de hidrógeno de la solución nutritiva (PH)

El control y ajuste del pH de la solución nutritiva es de vital importancia en hidroponía porque afecta a la disponibilidad de los nutrientes y su absorción.

Aunque cada especie vegetal presenta un intervalo óptimo característico, la mayoría de las plantas crecen en condiciones óptimas entre 5.5 y 6.5, ya que prácticamente la totalidad de los nutrientes está en forma asimilable, por lo que en hidroponía se aconseja trabajar a un pH entre 5.8 y 6.2.

Para el control de pH se utiliza un sensor sumergido, que mide en forma constante este parámetro. Cuando sea necesario agregar solución nutritiva, se esperará un ciclo de recirculación para realizar la lectura del valor y se ajustará según corresponda.

El sensor seleccionado es PH-4502C Sensor de PH Liquido con electrodo E201-BNC.

Ilustración 19. Sensor de PH

Especificaciones y características

- Modulo: PH-4502C
- Voltaje de Alimentación: 5 V
- Corriente: 10mA
- Dimensiones: 42 X 32 X 20 mm



Electrodo E201-BNC

- Tipo de sonda: Grado de laboratorio.
- Tiempo de Respuesta: 5 seg
- Rango de detección: 0 ~ 14.(acido /base)
- Rango de temperatura: 0 – 80°C
- Temperatura de trabajo: 10~50°C
- Humedad de trabajo: 95 RH sin condensación

9.2.3 Temperatura y humedad del recinto

Para tal fin, se utiliza un sensor DHT-22.

Especificaciones y características

- Voltaje de Operación: 3V - 6V DC.
- Rango de medición de temperatura: -40°C a 80 °C.
- Precisión de medición de temperatura: $\lt; \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Resolución Temperatura: 0.1°C.
- Rango de medición de humedad: De 0 a 100% RH.

Ilustración 20. Sensor de temperatura y humedad



- Precisión de medición de humedad: 2% RH.
- Resolución Humedad: 0.1%RH.
- Tiempo de sensado: 2s.

9.2.4 Renovación de aire del recinto

El sistema de ventilación se activa de acuerdo con la cantidad de renovaciones calculadas como óptimas, a partir de parametrizar éstas en Arduino.

9.3 Sistema de control

Para el sistema de control se considera que la electrónica requerida debe ser de fácil disponibilidad en el mercado argentino, poseer un costo reducido, facilidad de programación y por sobre todas las cosas, debe ser estable en el tiempo para poder garantizar la fiabilidad del sistema. En función de esto se opta por utilizar un microcontrolador del tipo Atmel, montado en un módulo Arduino modelo Mega.

La decisión de elegir este modelo se basa en la mayor cantidad de entradas y salidas tanto analógicas como digitales que posee, permitiendo que, en caso de necesidad, el sistema de control pueda ser ampliado en el futuro.

Ilustración 21. Módulo arduino



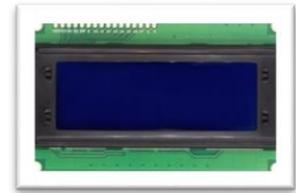
Especificaciones

- Velocidad en su reloj: 16 MHz
- Voltajes:
 - Tensión de trabajo: 5V
 - Entrada: 7 a 12 V
 - Máximo de entrada: 6 a 20 V
- Número de pines digitales: 54
- Numero de pines para PWM: Para pwm 16 entradas analógicas
- Pines analógicos: 16
- Corriente aceptada en cada pin: 20 mA
- Corriente en el pin 3.3V: 50 mA
- Flash Memory: 256 Kb, 8Kb usados en el bootloader
- EEPROM: 4 Kb
- Dimensiones: 10.15×5.33 cm (centímetros)

9.3.1 Interfase de usuario

Ilustración 22. Interface de usuario, display LCD

Para la visualización por parte del usuario, de los parámetros medidos, se utiliza un display LCD de 20 caracteres por 4 líneas. Aquí se puede ver en forma instantánea cada valor medido para poder realizar el control y/o ajuste requerido.

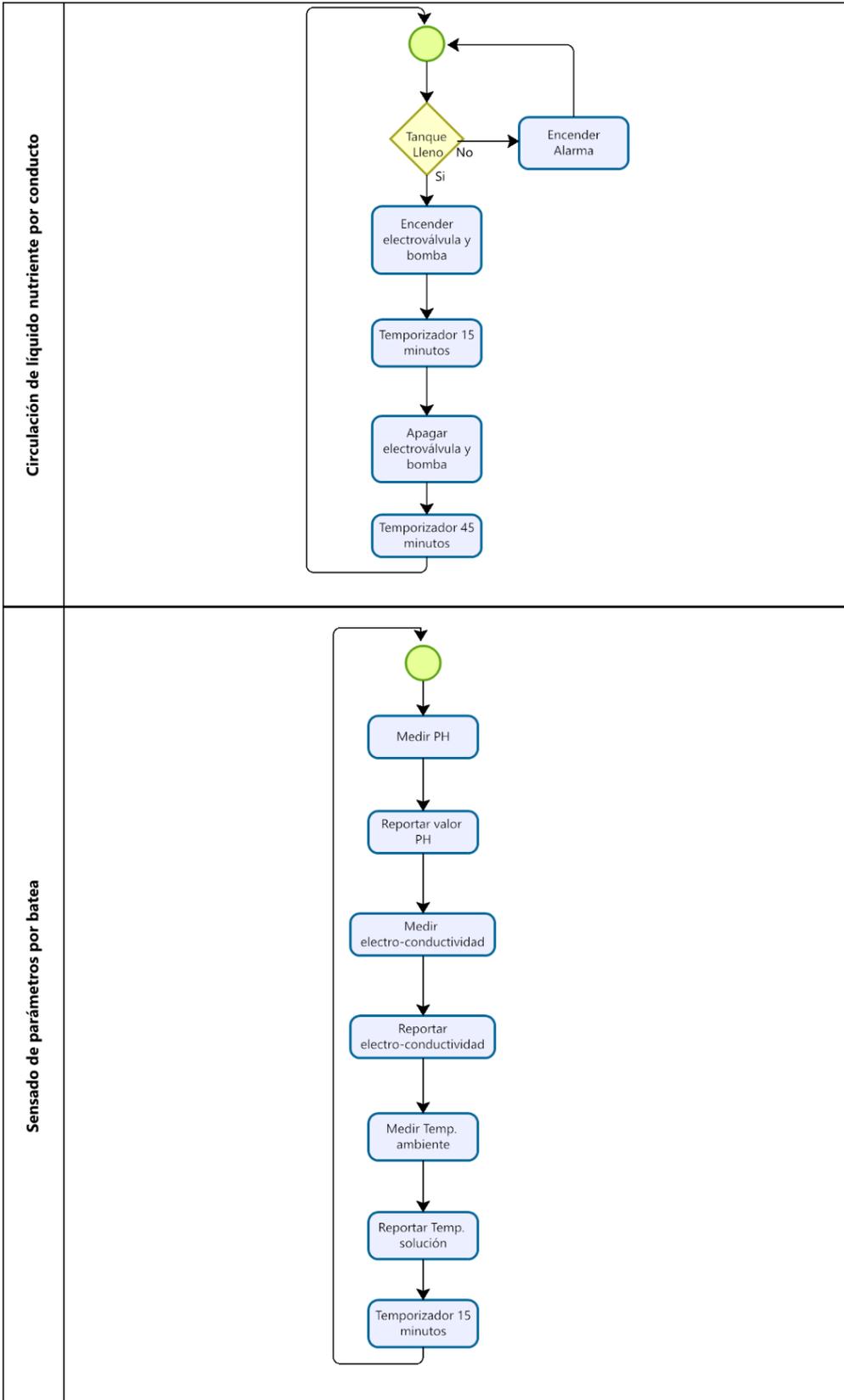


9.4 Lógica de control

La lógica de control de parámetros se ha diseñado para realizar el reporte de los parámetros de control, sin intervenir en forma automática en la corrección de éstos. Es por esto que, el operador del sistema debe monitorearlos y actuar en consecuencia, según se requiera.

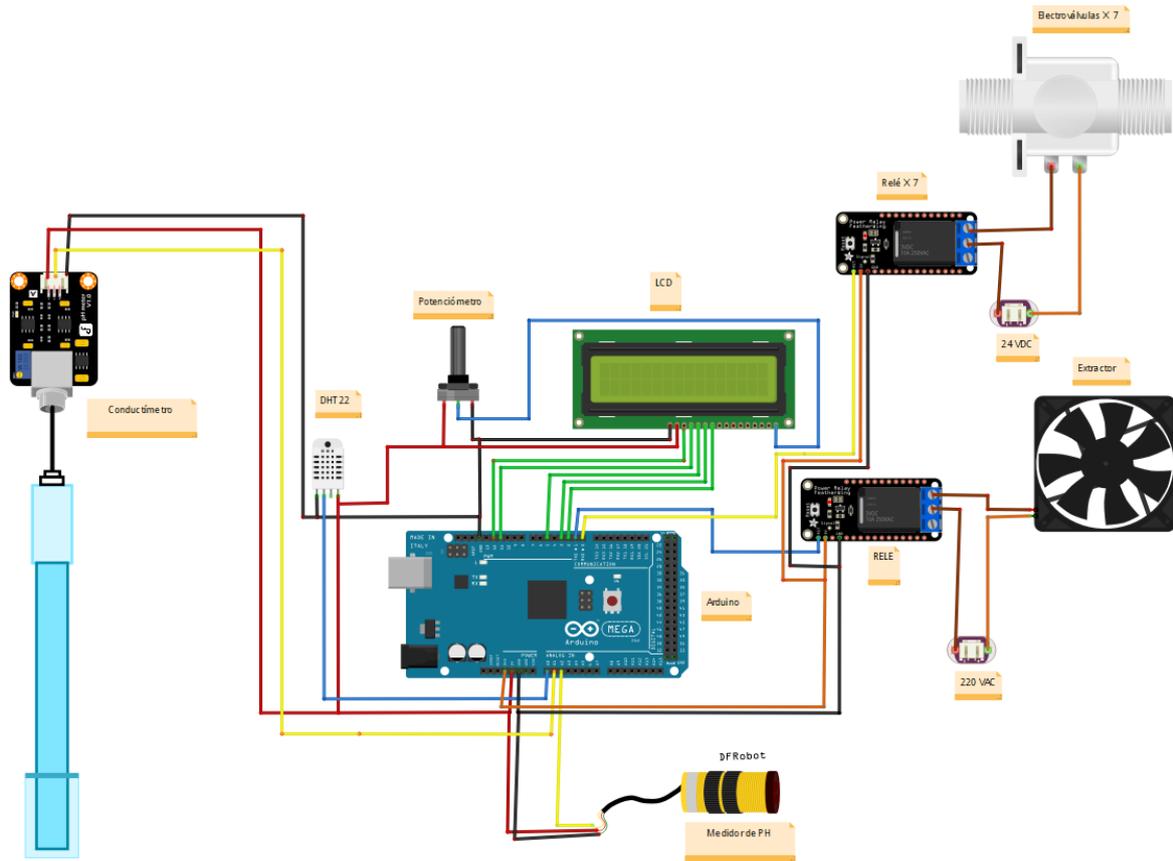
Se describe el diagrama de flujo de los procesos de control que se utilizan para los distintos parámetros.

Ilustración 23. Flujo de los procesos de control



9.5 Esquema del circuito de control

Ilustración 24. Esquema del circuito de control



10 Estudio económico financiero

Aclaratorias del capítulo:

1. Todos los valores detallados están expresados en moneda extranjera, dólar estadounidense.
2. Los subtotales y totales están redondeados al alza para simplificar su lectura.
3. Los costos variables se presentan aperturados por producto a fin de ampliar el presente análisis y ser de utilidad en caso de que el lector desee proyectar la evaluación económica en forma específica para cada uno.
4. La proyección del punto de equilibrio y la posterior evaluación económica se realiza para la producción de frutilla, de acuerdo con lo definido precedentemente en el capítulo 5, estudio de mercado.

10.1 Inversión (K)

La tabla 42 muestra el resumen de la inversión necesaria para que comience a funcionar el proyecto:

Tabla 42. Resumen de inversión

Rubro	Descripción de Rubros	Moneda	Subtotal
1	Obra civil	USD	67.013
2	Cubierta	USD	10.067
3	Instalaciones y equipamientos	USD	37.782
4	Automatizaciones	USD	1.979
5	Capital de trabajo	USD	5.186
SUBTOTAL		USD	122.027
6	Imprevistos 10%	USD	12.202
INVERSIÓN TOTAL		USD	134.229

10.1.1 Obra civil y cubierta

La inversión en estructura y cubierta se realiza debido:

1. Al objetivo de la puesta en marcha de un invernadero en el cual se logre la mayor eficiencia de microclima frente a condiciones climáticas extremas.
2. En la localización escogida para el presente proyecto no hay oferta para el alquiler de instalaciones industriales.

Se presentan los ítems que componen esta inversión, materiales y mano de obra.

Tabla 43. Composición rubros obra civil y cubierta

<i>Rubro</i>	<i>Descripción de Rubros</i>	<i>U.M.</i>	<i>Cant</i>	<i>Unitario [USD]</i>	<i>Subtotal [USD]</i>
1	Obra Civil				67.013
1.1	Compra de terreno	m2	1.000	16	16.234
1.2	Cerco olímpico c/acceso vehicular y personal	u	140	49	6.818
1.3	Preparación de suelo c/alquiler de maquinaria	m2	250	6	1.623
1.4	Pozos para fundaciones de columnas	gl	1	260	260
1.5	Hormigonado de fundaciones	m3	3	195	584
1.6	Armado y montaje de pórticos	gl	1	649	649
1.7	Montaje de materiales para cubierta	gl	1	974	974
1.8	Aprovisionamiento de estructura	gl	1	22.727	22.727
1.9	Oficina: Edificio 6x4 c/ baño y comedor	m2	24	227	5.455
1.10	Nave industrial 6x6. Depósito	m2	36	325	11.688
2	Cubierta				10.067
2.1	Aprovisionamiento de cubierta y elementos de fijación	m2	443	11	5.034
2.2	Montaje de cubierta de techo	m2	266	4	974
2.3	Montaje de cubierta lateral	m2	177	9	1.623
2.4	Aprovisionamiento de aberturas	gl	1	1.136	1.136
2.5	Montaje de aberturas	gl	1	325	325
2.6	Montaje de canaletas	ml	63	15	974

10.1.2 Instalaciones, equipamientos y automatizaciones

Incluye todos los materiales y equipamientos necesarios para el funcionamiento del proceso y de las actividades productivas.

Tabla 44. Composición rubros instalaciones, equipamientos y automatizaciones

<i>Rubro</i>	<i>Descripción de Rubros</i>	<i>U.M</i>	<i>Cant</i>	<i>Unitario [USD]</i>	<i>Subtotal [USD]</i>
3	Instalaciones y equipamientos				37.782
3.1	Armado de tablero eléctrico y cables	gl	1	357	357
3.2	Aprovisionamiento de bandejas portacables	u	34	3	111
3.3	Montaje de bandejas y cables	ml	114	2	185
3.4	Aprovisionamiento de luminaria LED y accesorios	u	39	566	22.075
3.5	Montaje de luminaria	u	39	10	390
3.6	Aprovisionamiento y montaje de equipo de calefacción 40.000 Kcal	gl	1	5.915	5.915
3.7	Aprovisionamiento y montaje de equipo de ventilación 756 m3	u	2	331	662
3.8	Aprovisionamiento de tanques de agua y sistema de bombas	gl	1	1.010	1.010
3.9	Aprovisionamiento y montaje de tubos de PVC	ml	798	5	3.757
3.10	Válvulas esféricas y electroválvulas	gl	9	16	146

3.11	Matafuegos	u	6	37	220
3.12	Cartelería interior	gl	1	81	81
3.13	Tutores cultivo fruto (Nylon)	gl	1	32	32
3.14	Canastas soporte	u	399 0	0,16	648
3.15	Equipo de computación	gl	1	649	649
3.16	Mobiliario	gl	1	244	244
3.17	Balanza	u	1	487	487
3.18	Estanterías	u	5	61	304
3.19	Mesas de trabajo	u	1	325	325
3.20	Dispositivo para cosecha	u	1,00	162	162
3.21	Equipo de desinfección	u	1,00	32	32
4	Automatizaciones				1.979
4.1	Conductímetro	u	3,00	81	244
4.2	Datalogger (Arduino Mega 2560)	u	1,00	49	49
4.3	Sensor de PH	u	3,00	88	263
4.4	Termómetro y sensor de humedad	u	4,00	10	39
4.5	Sensor de CO2	u	4,00	5	19
4.6	Desarrollo y programación arduino	u	1,00	325	325
4.7	Flotante de tanque	u	3,00	16	49
4.8	Conexión de sistema de control de líquido nutriente a tablero general	u	3,00	227	682
4.9	LCD 4 x 20	u	1,00	10	10
4.10	Tablero de automatización	u	1,00	32	32
4.11	Válvula esférica 1"	u	9,00	8	73
4.12	Electroválvulas	u	9,00	22	195

10.1.3 Capital de trabajo o circulante

La importancia de la inversión en capital inicial de trabajo se manifiesta en que, sin ser activo tangible ni nominal, es la que garantiza el financiamiento de los recursos durante un ciclo productivo. Es decir, es la cantidad de recursos necesarios para atender las necesidades del flujo de caja, para comprar la materia prima e insumos, para pagar las remuneraciones y efectuar todos los gastos necesarios para que el negocio funcione, hasta recibir los ingresos por la venta de productos terminados.

Se estima el capital de trabajo por el método de desfase del ciclo operativo, a través de la siguiente fórmula:

$$NWCR_t = CCC_t \cdot \frac{TCG}{365}$$

Diagrama de flujo de la fórmula:

- El texto "capital de trabajo neto operativo" tiene una línea que apunta hacia abajo a la izquierda del signo igual en la fórmula.
- El texto "costos y gastos totales" tiene una línea que apunta hacia abajo a la derecha del signo igual en la fórmula.
- El texto "ciclo de conversión del efectivo" tiene una línea que apunta hacia arriba a la izquierda del signo igual en la fórmula.

$$NWCR_t = 130 \cdot \frac{14560 \text{ USD}}{365} = 5186 \text{ USD}$$

El ciclo de conversión del efectivo se estima en $CCC_t = 130$ días, plazo que involucra la puesta en marcha del sistema productivo (10 días), los días de ciclo productivo del cultivo de fruto (60 días), 30 días de cuentas a pagar y 90 días de cuentas a cobrar (60 días).

10.1.4 Composición del capital

El capital se compone por:

1. Aporte de los socios: 27,5% de la inversión total = 36.826 USD.
2. Financiamiento no bancario: 72,5% de la inversión total = 97.403 USD.
3. El financiamiento se realiza mediante crédito no bancario otorgado por el Ministerio de Producción y Ambiente de la provincia de Tierra del Fuego, específicamente, Crédito CFI: Línea Reactivación Productiva (CFI), destinado a personas humanas o jurídicas que desarrollen una actividad productiva primaria o de transformación, el cual ofrece:
 - a. Financiación del 80% de la inversión total o tope equivalente a 97.403 USD.
 - b. Amortización con plazo máximo de 84 meses, con un máximo de 24 meses de gracia.
 - c. Tasa variable, equivalente al 50% de la Tasa Activa de Cartera General Nominal Anual en Pesos del Banco de la Nación Argentina para créditos diversos, más dos (2) puntos porcentuales. Al 21/12/2022 la tasa resulta del 30%. Con tope máximo de 30%.

Se utiliza el método francés para el cálculo de los intereses del préstamo. Para poder convertir los valores en pesos de las cuotas mensuales, se estima un tipo según el siguiente detalle:

- Año 2023 se utiliza la cotización del dólar ROFEX
- Año 2024 y 2025 se presupone que la inflación económica será trasladada en igual medida a la devaluación del peso argentino. Se toma de referencia el informe REM enero 2023 (Relevamiento de expectativas de mercado) emitido por el banco central de la república argentina. Año 2024 una inflación estimada de 79.6%. Para el año 2025 una inflación estimada del 49%.
- Año 2026 en adelante se presupone que la inflación continúa en mismos valores que en el año 2025 (49%).

En el anexo V se visualiza el detalle del préstamo.

10.2 Análisis de costos

10.2.1 Costos fijos

10.2.1.1 Depreciaciones y amortizaciones

Para efectos contables, los activos fijos están sujetos a depreciación, la cual afecta el flujo de caja indirectamente por la vía de una disminución en la ganancia imponible y, por tanto, de los impuestos pagaderos.

La amortización es el procedimiento contable mediante el cual se registra el desgaste de estos bienes.

En base al método de amortización lineal, se obtiene:

Bien	Vida útil [años]	Cálculo amortización anual	% de amortización anual	Valor bien [USD]	Valor anual amortizado [USD]
Inmuebles	50	100%/50	2%	53.443	1.069
Muebles y útiles	10	100%/10	10%	1.359	136
Instalaciones	10	100%/10	10%	27.126	2.713
Máquinas y equipos	10	100%/10	10%	3.151	315
Equipos de computación	5	100%/5	20%	649	130
TOTAL AMORTIZACIONES				85.728	4.362

Nota. En el anexo V se encuentra el detalle de lo que compone el valor considerado de cada bien.

10.2.1.2 Costos fijos operativos

Los costos fijos mensuales se listan a continuación:

Rubro	Concepto	U.M.	Cant	Unitario [USD]	Subtotal [USD]
Seguros operativos	Seguro incendio	u	1	25,97	26
Servicios públicos	Servicio de agua	u	1	9,74	10
Servicios logísticos	Servicio de residuos	u	1	20	20
Servicios generales	Servicio de telefonía e internet	u	1	16,23	16
Beneficios al personal	Beneficios al personal (ropa de trabajo, refrigerios)	u	1	81,17	81
Mantenimiento	Mantenimiento instalaciones	u	1	86	86
Mano de obra indirecta	Jefe de producción	u	1	382,8	383
Servicios públicos	Tasas municipales	gl	1	16,23	16
Servicios de asesoría	Ingeniero agrónomo	u	1	162,34	162

<i>Servicios de asesoría</i>	Contador	u	1	52	52
	<i>Servicios legales</i>	Control fitosanitario	gl	1	32,47
TOTAL COSTOS FIJOS [MENSUAL]					886

Para determinar el costo fijo unitario se divide el costo anual total en la cantidad de ciclos anuales de cada producto, por su rendimiento esperado en kilogramos, obteniéndose:

Tabla 45. Costos fijos por ciclo. Costos fijos unitarios por Kg.

<i>Cultivo</i>	<i>Fruto</i>	<i>Fruto</i>	<i>Hoja</i>
<i>Producto</i>	Frutilla	Tomate	Espinaca/Lechuga
CF total anual [USD]	10632	10632	10632
<i>Cant ciclos año</i>	5	5	10
<i>CF totales ciclo [USD]</i>	1.994	1.994	1.108
<i>PT ciclo [plantas]</i>	672	672	3990
<i>Rendimiento esperado [Kg]</i>	2,5	10	0,3
<i>PT ciclo [Kg]</i>	1680	6720	1197
<i>Desperdicio 3% PT [Kg]</i>	50	202	36
<i>PT total ciclo [Kg]</i>	1.630	6.518	1.161
CF unitario [USD/Kg]	1,22	0,31	0,95

10.2.2 Costos variables

Los costos variables del presente proyecto se estiman por ciclo productivo para los dos tipos de cultivo: fruto y hoja.

Para el cultivo de fruto, se aperturan los costos variables para la producción de tomate y frutilla debido a que varían en su packaging.

A partir de esta estimación, y en función de la cantidad de ciclos productivos que pueden llevarse a cabo durante el año de cada cultivo, se obtiene una estimación mensual de éstos.

Dentro de los costos variables se contempla:

1. Compra de materia prima.
2. Packaging de los productos.
3. Servicio logístico tercerizado para el retiro y distribución de los productos.
4. Mano de obra directa contratada. En el anexo V se describen los tipos de contratación a realizar y su marco de acuerdo con la Ley de Contrato de Trabajo N° 20.744 y el convenio colectivo de trabajo correspondiente.

El costo del jornal incluye la escala salarial vigente por convenio colectivo de trabajo, el 20% adicional región patagónica y el 25,5% de cargas sociales.

5. Además, se contemplan los gastos operativos de fuerza motriz dado que estos consumos de energía son asignables directamente a la producción.

A continuación, se presentan las estimaciones:

Tabla 46. Detalle de costos variables por ciclo. Por producto.

Cultivo	Producto	Rubro	Concepto	U. M.	Cant ciclo	Unitario [USD]	Subtotal ciclo [USD]
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Materia prima	Sustrato para germinación	gl	5	6	32
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Materia prima	Semillas	gl	1	16	16
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Materia prima	Fertilizantes para soluciones	gl	3	15	44
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Gastos operativos	Gas [m3]	m3	1.434	0,03	47
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Gastos operativos	Electricidad [KwH]	Kw-h	313	0,05	15
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Mano de obra directa	Personal siembra y cosecha	jornal	80	2	144
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Gastos de distribución	Packaging	u	3.990	0,02	80
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Gastos de distribución	Unidad de embalaje	u	166	0,32	53
Hoja	Espinaca/ Lechuga	Gastos de distribución	Servicio logístico tercerizado	gl	1	65	65
Fruto	Tomate	Materia prima	Sustrato para germinación	gl	10	7	65
Fruto	Tomate	Materia prima	Semillas	gl	1	16	16
Fruto	Tomate	Materia prima	Fertilizantes para soluciones	gl	2	25	58
Fruto	Tomate	Gastos operativos	Gas [m3]	m3	2.582	0,03	84
Fruto	Tomate	Gastos operativos	Electricidad [KwH]	Kw-h	563	0,05	26
Fruto	Tomate	Mano de obra directa	Personal siembra y cosecha	jornal	80	2	144
Fruto	Tomate	Gastos de distribución	Unidad de embalaje	u	270	0,30	81
Fruto	Tomate	Gastos de distribución	Servicio logístico tercerizado	gl	1	65	65
Fruto	Frutilla	Materia prima	Sustrato para germinación	gl	10	7	65
Fruto	Frutilla	Materia prima	Semillas	gl	1	16	16
Fruto	Frutilla	Materia prima	Fertilizantes para soluciones	gl	2	25	58

Fruto	Frutilla	Gastos operativos	Gas [m3]	m3	2.582	0,03	84
Fruto	Frutilla	Gastos operativos	Electricidad [KwH]	Kw-h	563	0,05	26
Fruto	Frutilla	Mano de obra directa	Personal siembra y cosecha	jornal	80	2	144
Fruto	Frutilla	Gastos de distribución	Packaging individual	u	2.688	0,10	269
Fruto	Frutilla	Gastos de distribución	Unidad de embalaje	u	30	0,30	9
Fruto	Frutilla	Gastos de distribución	Servicio logístico tercerizado	gl	1	65	65

De éstos, se obtienen los costos totales y unitarios variables.

Tabla 47. Costos variables totales por ciclo. Costos unitarios por Kg.

Cultivo	Fruto	Fruto	Hoja
Producto	Frutilla	Tomate	Espinaca/Lechuga
CV totales ciclo [USD]	737	540	496
PT ciclo [plantas]	672	672	3990
Rendimiento esperado [Kg]	2,5	10	0,3
PT ciclo [Kg]	1680	6720	1197
Desperdicio 3% PT [Kg]	50	202	36
PT total ciclo [Kg]	1630	6518	1161
CV unitario [USD/Kg]	0,45	0,08	0,43

10.2.3 Costos totales

Tabla 48. Costos totales anuales por producto.

Cultivo	Fruto	Fruto	Hoja
Producto	Frutilla	Tomate	Espinaca/Lechuga
CV total [USD/año]	3.928	2.879	4.760
CF total [USD/año]	10.632	10.632	10.632
Costo total [USD/año]	14.560	13.511	15.392

Tabla 49. Costos unitarios totales por Kg.

Cultivo	Fruto	Fruto	Hoja
Producto	Frutilla	Tomate	Espinaca/Lechuga
CV unitario [USD/Kg]	0,45	0,08	0,43
CF unitario [USD/Kg]	1,22	0,31	0,95
CT unitario [USD/Kg]	1,68	0,39	1,38

10.3 Ingresos por ventas

Los ingresos por ventas resultan de la cantidad vendida de producto terminado por el precio de venta de éste.

Tabla 50. Precio de venta por producto.

<i>Cultivo</i>	<i>Fruto</i>	<i>Fruto</i>	<i>Hoja</i>	<i>Hoja</i>
<i>Producto</i>	Frutilla	Tomate	Lechuga	Espinaca
<i>CT unitario [USD/Kg]</i>	1,68	0,39	1,38	1,38
<i>Margen [%]</i>	300	115	115	150
<i>Precio de venta [USD/Kg]</i>	6,75	0,84	2,97	3,45

Se proyecta la venta del total de la capacidad instalada dado que en todos los productos la demanda local es superior a ésta. Esto es demostrado en la tabla 52.

Tabla 51. Proyección de ventas

<i>Proyección ventas [Tn/año]</i>	<i>Tomate redondo</i>	<i>Lechuga</i>	<i>Frutillas frescas</i>	<i>Espinaca</i>
2023	35	11	9	11
2024	35	11	9	11
2025	35	11	9	11
2026	35	11	9	11
2027	35	11	9	11
2028	35	11	9	11
2029	35	11	9	11
2030	35	11	9	11
2031	35	11	9	11
2032	35	11	9	11

Tabla 52. Participación del mercado

<i>Participación de mercado</i>	<i>Tomate redondo</i>	<i>Lechuga</i>	<i>Frutillas frescas</i>	<i>Espinaca</i>
<i>Capacidad instalada/Demanda proyectada [%]</i>	9%	5%	26%	87%

En los apartados siguientes, se realizan los cálculos con el producto seleccionado como estrategia productiva más rentable definida anteriormente en el apartado 5.9 *Plan de producción*, siendo éste frutilla.

10.4 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio es un término utilizado en economía para definir el nivel de ventas en donde los costos fijos y los costos variables se cubren, esto es, el nivel mínimo para no incurrir en pérdidas ni obtener beneficios.

Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_e = \frac{C_f}{(P_{vu} - C_{vu})}$$

Donde:

Q_e = cantidad de equilibrio anual

C_f = costos fijos totales anuales

$(P_{vu} - C_{vu}) =$ margen de contribución

El punto de equilibrio para producción de frutilla es:

$$Qe = \frac{cf}{(P_{vu} - C_{vu})}$$

$$Qe = \frac{10.632}{(5,03 - 0,45)}$$

$$Qe = 2321 \text{ Kg/año} = 2,3 \text{ Tn/año}$$

12 Evaluación económica

12.1 Flujos de caja proyectados

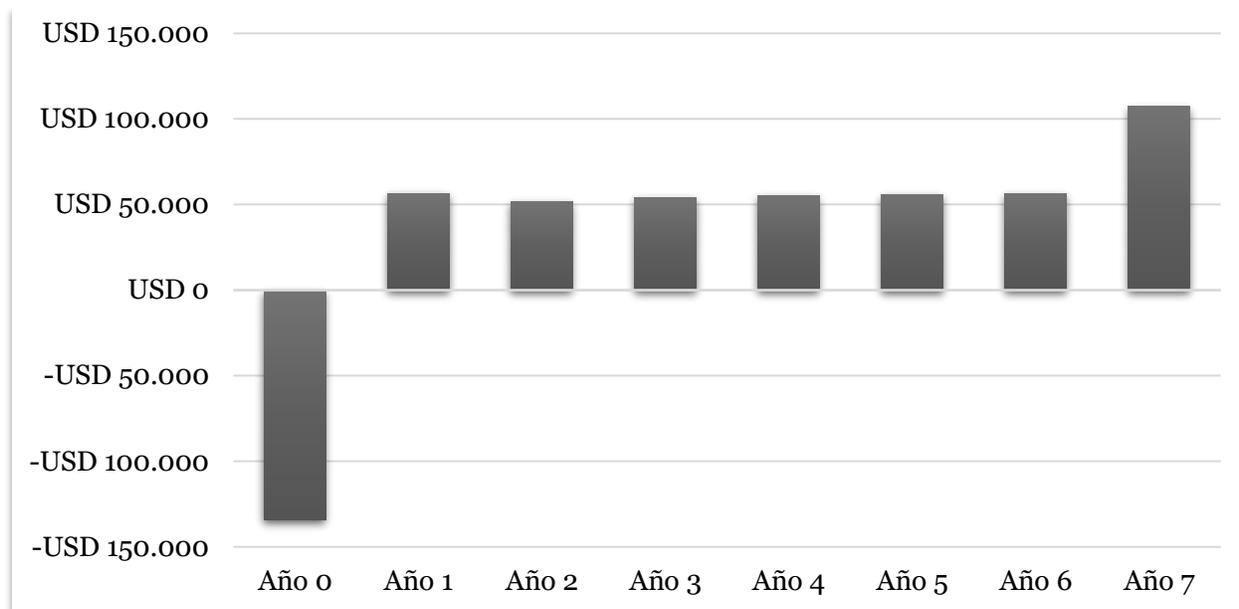
Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Ingresos		73.332	73.332	73.332	73.332	73.332	73.332	73.332
Impuesto a los ingresos brutos (0,75%)		- 550	- 550	- 550	- 550	- 550	- 550	- 550
Costos variables		- 3.928	- 3.928	- 3.928	- 3.928	- 3.928	- 3.928	- 3.928
Costos fijos		- 10.632	- 10.632	- 10.632	- 10.632	- 10.632	- 10.632	- 10.632
Depreciaciones y amortizaciones		- 4.362	- 4.362	- 4.362	- 4.362	- 4.362	- 4.362	- 4.362
Intereses préstamo			-6.601	- 4.084	- 2.526	- 1.563	- 967	-
Utilidad antes de impuestos		53.860	47.259	49.776	51.334	52.297	52.893	53.860
Impuesto a las ganancias (*)		0	0	0	0	0	0	0
Utilidad neta		53.860	47.259	49.776	51.334	52.297	52.893	53.860
Depreciaciones y amortizaciones		4362	4362	4362	4362	4362	4362	4362
Inversión inicial	-129.043							
Inversión en capital de trabajo	-5186							
Flujo de caja del proyecto	- 134.229	58.222	51.621	54.138	55.696	56.659	57.255	58.222
Flujo de caja descontado	- 134.229	- 76.007	- 24.386	29.752	85.447	142.107	199.362	257.584

Nota. El valor de alícuota de los ingresos brutos corresponde al rubro donde se encuentra enmarcado el proyecto, tomado de la LEY PROVINCIAL 1340 - ANEXO I - Nomenclador de actividades. Para el cálculo de las amortizaciones no se considera el cálculo del impuesto a las ganancias debido a que la provincia de Tierra del Fuego se encuentra exenta de este tributo, en función de la ley nacional N° 19.640 (Exención en el pago de impuestos nacionales IVA compras y ventas, Impuesto a las Ganancias, Impuestos Internos, etc.).

Se calcula el valor de salvamento o rescate de los bienes al cabo de los 7 años. Este dato es el valor fiscal residual de los activos al término de este período. El mismo se obtiene restando al valor de adquisición, la depreciación acumulada durante este intervalo. Éste es USD 50.874

Con estos datos se construye el diagrama de flujo para visualizar gráficamente los flujos de caja.

Gráfico 5. Flujos de caja



Con el objeto de determinar si el proyecto es económicamente rentable y atractivo para el inversionista, se realiza la evaluación económica del mismo. En este momento surge el cuestionamiento sobre el método de análisis que se emplea para comprobar la rentabilidad económica del proyecto. Se conoce que el dinero disminuye su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente igual al nivel de inflación vigente. Esto implica que el método de análisis a utilizar debe tomar en cuenta este cambio de valor.

En función de esto, se utiliza el método del valor actual neto (VAN). Está claro que para aceptar el proyecto las ganancias deben ser mayores que los desembolsos, lo cual dará por resultado que el VAN sea mayor que cero. Para calcular el VAN se utiliza el costo de capital.

Se considera para ello los siguientes valores:

- Interés esperado del capital propio: 54%
- Interés del capital financiado: 30%
- Costo del capital: 35.88%

En donde el interés esperado del capital se calcula contemplando el 49% de inflación anual desde el año 1 en adelante más un 5% de prima de riesgo. La prima de riesgo es una recompensa que se le concede al inversor por invertir en un activo con riesgo en vez de invertir en uno de menor riesgo (es decir, por arriesgarse más). Se asume una prima de riesgo del 5% en función de ser un proyecto en un mercado con demanda insatisfecha.

El interés del capital financiado viene dado por las condiciones del préstamo utilizado.

Finalmente, el costo del capital es la ponderación por la participación de cada una de las fuentes en la financiación de la inversión.

Con estos valores, se procede a calcular el VAN según la siguiente expresión

$$VAN = -P + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \frac{FNE3}{(1+i)^3} + \frac{FNE4}{(1+i)^4} \dots$$

Utilizando el costo de capital como i en la expresión, el fondo neto de efectivo como los distintos FNE para cada año y finalmente P como la inversión inicial, se obtiene el siguiente valor:

$$VAN = USD 2.617,81$$

Siendo este valor mayor que cero, se cumple la condición mencionada anteriormente para aceptarlo. Para poder concluir en la aceptación o rechazo del proyecto, se complementa el VAN con el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR).

La TIR es la rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Está relacionada con el VAN, ya que también se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero.

Para que el proyecto sea rentable, la TIR debe ser mayor al costo del capital utilizado para el cálculo del VAN, que en este proyecto es del 35,88%.

La forma de cálculo se realiza iterando la siguiente expresión hasta obtener un valor de TIR que dé como resultado un VAN igual a cero:

$$VAN = -P + \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+TIR)^t} = 0$$

Aplicando los valores, se obtiene:

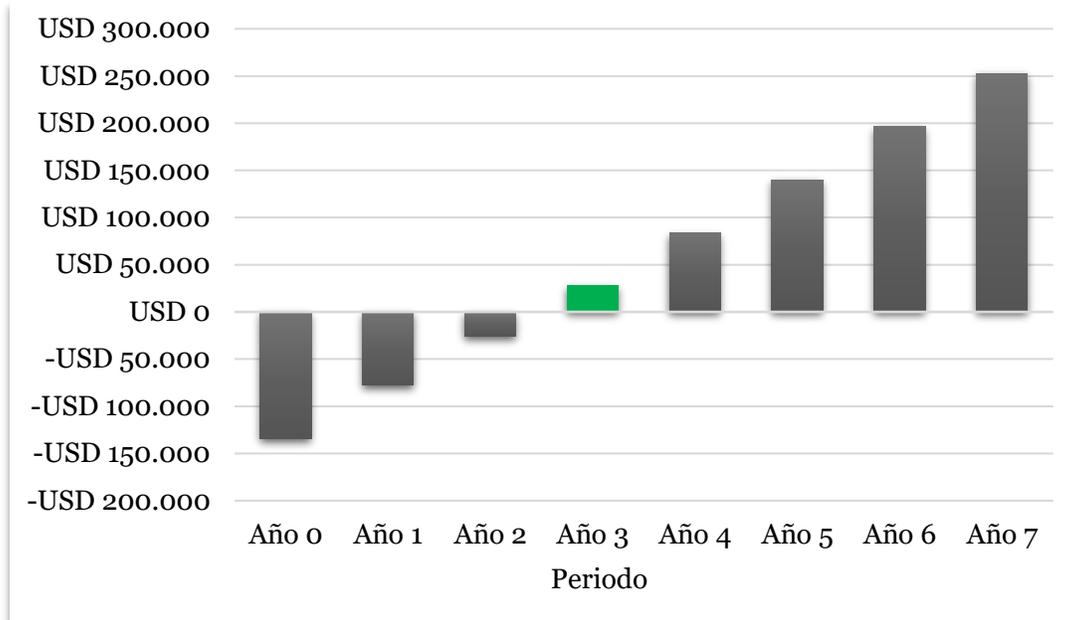
$$TIR = 36,81\%$$

Al ser la TIR mayor que el costo del capital, se puede afirmar que el proyecto es rentable.

12.2 Período de recupero

Graficando los flujos de fondo descontados del proyecto se observa que el período de recupero es de tres años.

Gráfico 6. Flujos de caja descontados. Período de recupero



13 Bibliografía

- [UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ]. Moreno Pablo Melgarejo, Quercop Antonio Navarro, Murcia Pilar Legua, Noguera Vicente Lidón. (2002). *LA ILUMINACIÓN EN LOS INVERNADEROS*.
- Plásticos para Invernadero*. (s. f.). Disponible en: <https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-y-estructuras/plasticos-invernaderos>
- Cabral, A. (2022) *Río Grande Camino a la soberanía alimentaria y un cambio en la matriz productiva., La Licuadora*. Disponible en: <https://www.lalicuadoratdf.com.ar/2022/08/rio-grande-camino-a-la-soberania-alimentaria-y-un-cambio-en-la-matriz-productiva/>
- Lazo, R.P. and Gonzabay, J.Q. (1970) *Análisis Económico de lechugas hidropónicas bajo Sistema Raíz flotante en Clima Semiárido, La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4760/476062548009/html/>
- Hormaechea, J.L. and Barbero, L.H. (2023) *Estación Astronómica río grande, ESTACION ASTRONOMICA RIO GRANDE (EARG)*. Disponible en: <http://earg.fcaglp.unlp.edu.ar/>
- Lenscak, M.P. and Iglesias, N. (2019) *Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino*. IPAF Región Pampeana: INTA Ediciones. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/invernaderos>
- Tarifas Vigentes (2022) Camuzzi Gas*. Disponible en: <https://www.camuzzigas.com.ar/tarifas-vigentes>
- Calefacción y agua caliente (sin fecha) Triangular Calefacción*. Disponible en: <https://triangularsa.com.ar/>
- Ciroc inicio (no date) Giroc*. Disponible en: <http://www.ciroc.com.ar/es/home>
- Ing. Agr, Castañares José Luis. *ABC DE LA HIDROPONIA*. Agencia de Extensión Luján – Luján, Buenos Aires, Argentina. INTA
- (2017). *Técnicas hidropónicas*. Hidroponía al cubo. Disponible en: <https://hidroponiaalcubo.wordpress.com/tecnicas/>
- Weatherspark.com (sin fecha) El clima en Río Grande, el tiempo por mes, temperatura promedio (Argentina) - Weather Spark*. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/27474/Clima-promedio-en-R%C3%ADo-Grande-Argentina-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Ramos Gonzalías, Y. and Ramírez Lasso, E. (2016) “*Desarrollo de un Sistema de Iluminación artificial led para cultivos en interiores - vertical farming (VF)*,” *Informador Técnico*, 80(2), p. 111. Disponible en: <https://doi.org/10.23850/22565035.480>.

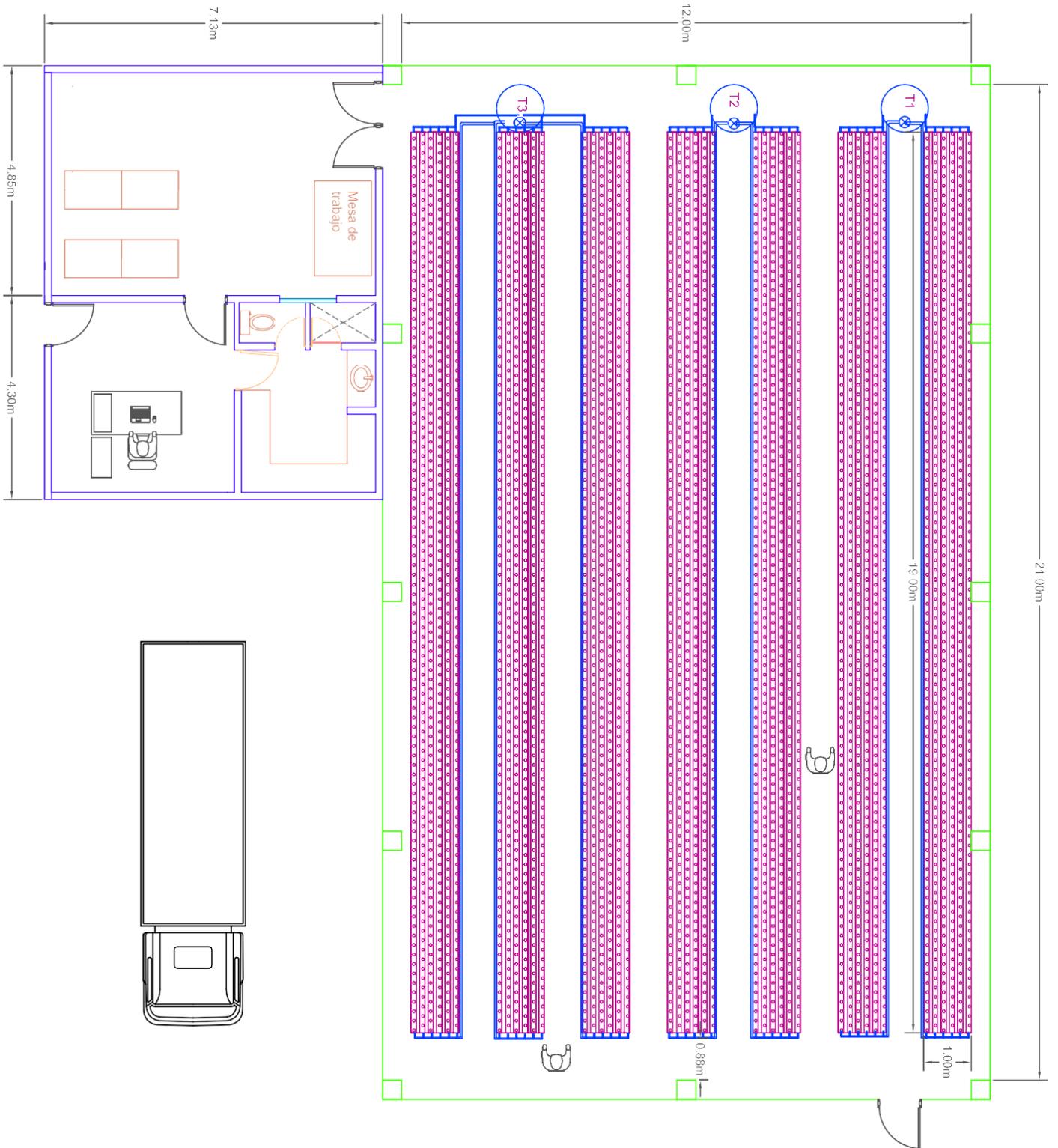
Código de edificación de la isla grande de la tierra del fuego e islas del atlántico sur. Disponible en: <http://arquiterradelfuego.com/wp-content/uploads/2018/02/codigo-edificacion-riogrande.pdf>

Nomenclador Actividades – Agencia de Recaudación Fuegoína. (s. f.). Disponible en: <https://www.aref.gob.ar/nomenclador-actividades/>

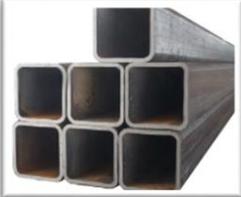
Anexo I
Evaluación de margen de contribución

<i>Cultivo</i>	<i>Concepto</i>	<i>Unidad</i>	<i>ene</i>	<i>feb</i>	<i>mar</i>	<i>abr</i>	<i>may</i>	<i>jun</i>	<i>jul</i>	<i>ago</i>	<i>sep</i>	<i>oct</i>	<i>nov</i>	<i>dic</i>
<i>Tomate redondo</i>	Capacidad instalada	Kg	2897,07	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1	2897,1
<i>Tomate redondo</i>	Mes escasa oferta	n/a				x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Tomate redondo</i>	Precio de venta	USD/Kg	0,84	0,84	0,84	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	0,84
<i>Tomate redondo</i>	Ingresos por ventas	USD	2433,54	2433,5	2433,5	3650,3	3650,3	3650,3	3650,3	3650,3	3650,3	3650,3	3650,3	2433,5
<i>Tomate redondo</i>	Costos variables	USD	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77	231,77
<i>Tomate redondo</i>	MC	USD	2.201,77	2201,8	2201,8	3418,5	3418,5	3418,5	3418,5	3418,5	3418,5	3418,5	3418,5	2201,8
<i>Lechuga</i>	Capacidad instalada	Kg	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65
<i>Lechuga</i>	Mes escasa oferta	n/a				x	x	x	x	x	x	x		
<i>Lechuga</i>	Precio de venta	USD/Kg	2,97	2,97	2,97	4,455	4,455	4,455	4,455	4,455	4,455	4,455	2,97	2,97
<i>Lechuga</i>	Ingresos por ventas	USD	2787,79	2787,8	2787,8	4181,7	4181,7	4181,7	4181,7	4181,7	4181,7	4181,7	2787,8	2787,8
<i>Lechuga</i>	Costos variables	USD	403,619	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62
<i>Lechuga</i>	MC	USD	2384,17	2384,2	2384,2	3778,1	3778,1	3778,1	3778,1	3778,1	3778,1	3778,1	2384,2	2384,2
<i>Espinaca</i>	Capacidad instalada	Kg	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65	938,65
<i>Espinaca</i>	Mes escasa oferta	n/a				x	x	x	x	x	x	x		
<i>Espinaca</i>	Precio de venta	USD/Kg	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45	3,45
<i>Espinaca</i>	Ingresos por ventas	USD	3238,34	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3	3238,3
<i>Espinaca</i>	Costos variables	USD	403,619	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62	403,62
<i>Espinaca</i>	MC	USD	2834,72	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7	2834,7
<i>Frutilla</i>	Capacidad instalada	Kg	724,267	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27	724,27
<i>Frutilla</i>	Mes escasa oferta	n/a					x	x	x	x	x	x		
<i>Frutilla</i>	Precio de venta	USD/Kg	6,75	6,75	6,75	6,75	10,125	10,125	10,125	10,125	10,125	10,125	6,75	6,75
<i>Frutilla</i>	Ingresos por ventas	USD	4888,8	4888,8	4888,8	4888,8	7333,2	7333,2	7333,2	7333,2	7333,2	7333,2	4888,8	4888,8
<i>Frutilla</i>	Costos variables	USD	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92	325,92
<i>Frutilla</i>	MC	USD	4562,88	4562,9	4562,9	4562,9	7007,3	7007,3	7007,3	7007,3	7007,3	7007,3	4562,9	4562,9

Anexo II Plano de distribución



Anexo III
Listado de materiales del sistema productivo

<i>Ítem</i>	<i>Material</i>	<i>Características</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Unidad</i>	<i>Imagen ilustrativa</i>
1	Tubo de PVC	Pluvial Dimensiones: 110 mm (4") por 4 metros Peso: 1,5 kg/m	200	c/u	
2	Tapa de PVC	Dimensiones: 110 mm (4")	42	c/u	
3	Cañería de PP	Caño de polipropileno. Dimensiones: 1" por 3 metros	27	c/u	
4	Canastas de soporte plásticas	6 x 6 x 6 cm (con ranuras)	4000	c/u	
5	Hilo de nylon (tanza)	Ø= 0,5 mm	1500	m	
6	Perfil estructural	Dimensiones: 30 x 30 x 1,6 mm			

7	Válvula esférica	Válvula llave esférica para agua de 1"	13	c/u	
8	Electroválvula	Tipo riego 24V 1"	42	c/u	
9	Tanque	Tricapa 500 litros Ø= 1050 mm Altura= 735 mm	3	c/u	
10	Bomba	Centrífuga 1/2 HP Monofásica	3	c/u	
11	Válvula de retención	1"	3	c/u	
12	Flotante para tanque	Con contacto eléctrico	3	c/u	
13	Conexión de salida de tanque	Conexión brida polipropileno Ø= 1"	12	c/u	

14	Codo PP	1"	15	c/u	
15	Curva PP	1"	7	c/u	

Anexo IV

Cálculo de los consumos y costos anuales de calefacción

Cultivo	Estación	Momento del día	Q [kcal/h]	Horas momento día	Alternativa	Consumo horario gas [m3/h]	Potencia calórica [Kcal/h]	Consumo mensual [m3]	Costo consumo mensual [USD/m3]
Fruto	Invierno	Día	23823	7	Caldera	3,4	28800	591	17,72
	Invierno	Noche	19630	17	Caldera	3,4	28800	1182	35,46
	Otoño	Día	17724	12	Caldera	3,4	28800	753	22,60
	Otoño	Noche	15818	12	Caldera	3,4	28800	672	20,17
	Primavera	Día	16581	12	Caldera	3,4	28800	705	21,14
	Primavera	Noche	16581	12	Caldera	3,4	28800	705	21,14
	Verano	Día	12388	17	Caldera	3,4	28800	746	22,38
	Verano	Noche	12769	7	Caldera	3,4	28800	317	9,50
Hoja	Invierno	Día	14675	7	Caldera	3,4	28800	364	10,91
	Invierno	Noche	15056	17	Caldera	3,4	28800	907	27,20
	Otoño	Día	8576	12	Caldera	3,4	28800	364	10,93
	Otoño	Noche	11244	12	Caldera	3,4	28800	478	14,34
	Primavera	Día	7433	12	Caldera	3,4	28800	316	9,48
	Primavera	Noche	12007	12	Caldera	3,4	28800	510	15,31
	Verano	Día	3240	17	Caldera	3,4	28800	195	5,85
	Verano	Noche	8195	7	Caldera	3,4	28800	203	6,10
Fruto	Invierno	Día	23823	7	Tubo radiante	2,68	25000	536	16,09
	Invierno	Noche	19630	17	Tubo radiante	2,68	25000	1073	32,20
	Otoño	Día	17724	12	Tubo radiante	2,68	25000	684	20,52
	Otoño	Noche	15818	12	Tubo radiante	2,68	25000	610	18,31
	Primavera	Día	16581	12	Tubo radiante	2,68	25000	640	19,20
	Primavera	Noche	16581	12	Tubo radiante	2,68	25000	640	19,20
	Verano	Día	12388	17	Tubo radiante	2,68	25000	677	20,32
	Verano	Noche	12769	7	Tubo radiante	2,68	25000	287	8,62
Hoja	Invierno	Día	14675	7	Tubo radiante	2,68	25000	330	9,91
	Invierno	Noche	15056	17	Tubo radiante	2,68	25000	823	24,69

<i>Fruto</i>	Otoño	Día	8576	12	Tubo radiante	2,68	25000	331	9,93
	Otoño	Noche	11244	12	Tubo radiante	2,68	25000	434	13,02
	Primavera	Día	7433	12	Tubo radiante	2,68	25000	287	8,61
	Primavera	Noche	12007	12	Tubo radiante	2,68	25000	463	13,90
	Verano	Día	3240	17	Tubo radiante	2,68	25000	177	5,31
	Verano	Noche	8195	7	Tubo radiante	2,68	25000	184	5,53
	Invierno	Día	23823	7	Por aire caliente	4,3	45000	478	14,34
	Invierno	Noche	19630	17	Por aire caliente	4,3	45000	957	28,70
	Otoño	Día	17724	12	Por aire caliente	4,3	45000	610	18,29
	Otoño	Noche	15818	12	Por aire caliente	4,3	45000	544	16,32
	Primavera	Día	16581	12	Por aire caliente	4,3	45000	570	17,11
	Primavera	Noche	16581	12	Por aire caliente	4,3	45000	570	17,11
	Verano	Día	12388	17	Por aire caliente	4,3	45000	604	18,11
	Verano	Noche	12769	7	Por aire caliente	4,3	45000	256	7,69
	Invierno	Día	14675	7	Por aire caliente	4,3	45000	294	8,83
	Invierno	Noche	15056	17	Por aire caliente	4,3	45000	734	22,01
<i>Hoja</i>	Otoño	Día	8576	12	Por aire caliente	4,3	45000	295	8,85
	Otoño	Noche	11244	12	Por aire caliente	4,3	45000	387	11,60
	Primavera	Día	7433	12	Por aire caliente	4,3	45000	256	7,67
	Primavera	Noche	12007	12	Por aire caliente	4,3	45000	413	12,39
	Verano	Día	3240	17	Por aire caliente	4,3	45000	158	4,74
	Verano	Noche	8195	7	Por aire caliente	4,3	45000	164	4,93

Anexo V Detalle de préstamo

<i>Período</i>	<i>Fecha</i>	<i>Cuota</i>	<i>TC</i>	<i>Cuota USD</i>	<i>Interés</i>	<i>Amort. K ARS</i>	<i>Amort.USD</i>	<i>K remanente</i>	<i>K amortizado</i>	<i>Incremento USD</i>
1	feb-23	-	197,17	-	-	-	-	-	-	-
2	mar-23	-	210,10	-	-	-	-	-	-	-
3	abr-23	-	222,95	-	-	-	-	-	-	-
4	may-23	-	238,00	-	-	-	-	-	-	-
5	jun-23	-	253,40	-	-	-	-	-	-	-
6	jul-23	-	272,10	-	-	-	-	-	-	-
7	ago-23	-	293,75	-	-	-	-	-	-	-
8	sep-23	-	312,00	-	-	-	-	-	-	-
9	oct-23	-	340,00	-	-	-	-	-	-	-
10	nov-23	-	359,00	-	-	-	-	-	-	-
11	dic-23	-	393,50	-	-	-	-	-	-	-
12	ene-24	-	419,60	-	-	-	-	-	-	1,066
13	feb-24	-	447,44	-	-	-	-	-	-	-
14	mar-24	-	477,12	-	-	-	-	-	-	-
15	abr-24	-	508,76	-	-	-	-	-	-	-
16	may-24	-	542,51	-	-	-	-	-	-	-
17	jun-24	-	578,50	-	-	-	-	-	-	-
18	jul-24	-	616,87	-	-	-	-	-	-	-
19	ago-24	-	657,79	-	-	-	-	-	-	-
20	sep-24	-	701,43	-	-	-	-	-	-	-
21	oct-24	-	747,95	-	-	-	-	-	-	-
22	nov-24	-	797,57	-	-	-	-	-	-	-
23	dic-24	-	850,47	-	-	-	-	19.870.212	-	-
24	ene-25	601.119	885,20	679	439.220	161.899	183	19.708.313	161.899	1,041
25	feb-25	601.119	921,35	652	435.641	165.477	180	19.542.836	327.376	-
26	mar-25	601.119	958,97	627	431.984	169.135	176	19.373.700	496.512	-
27	abr-25	601.119	998,13	602	428.245	172.874	173	19.200.827	669.385	-
28	may-25	601.119	1.038,88	579	424.424	176.695	170	19.024.131	846.081	-
29	jun-25	601.119	1.081,30	556	420.518	180.601	167	18.843.530	1.026.682	-
30	jul-25	601.119	1.125,46	534	416.526	184.593	164	18.658.937	1.211.275	-
31	ago-25	601.119	1.171,41	513	412.446	188.673	161	18.470.264	1.399.948	-
32	sep-25	601.119	1.219,25	493	408.275	192.844	158	18.277.420	1.592.792	-
33	oct-25	601.119	1.269,03	474	404.012	197.107	155	18.080.313	1.789.899	-
34	nov-25	601.119	1.320,85	455	399.655	201.464	153	17.878.850	1.991.362	-
35	dic-25	601.119	1.374,79	437	395.202	205.917	150	17.672.933	2.197.279	-
36	ene-26	601.119	1.430,92	420	390.650	210.468	147	17.462.465	2.407.747	1,041
37	feb-26	601.119	1.489,35	404	385.998	215.121	144	17.247.344	2.622.868	-

38	mar-26	601.119	1.550,17	388	381.243	219.876	142	17.027.468	2.842.744
39	abr-26	601.119	1.613,47	373	376.383	224.736	139	16.802.732	3.067.480
40	may-26	601.119	1.679,35	358	371.415	229.704	137	16.573.028	3.297.184
41	jun-26	601.119	1.747,92	344	366.338	234.781	134	16.338.247	3.531.965
42	jul-26	601.119	1.819,30	330	361.148	239.971	132	16.098.276	3.771.936
43	ago-26	601.119	1.893,58	317	355.844	245.275	130	15.853.001	4.017.211
44	sep-26	601.119	1.970,90	305	350.422	250.697	127	15.602.304	4.267.908
45	oct-26	601.119	2.051,38	293	344.880	256.239	125	15.346.065	4.524.147
46	nov-26	601.119	2.135,15	282	339.216	261.903	123	15.084.163	4.786.049
47	dic-26	601.119	2.222,33	270	333.427	267.692	120	14.816.471	5.053.741
48	ene-27	601.119	2.313,08	260	327.510	273.609	118	14.542.862	5.327.350
49	feb-27	601.119	2.407,53	250	321.462	279.657	116	14.263.205	5.607.007
50	mar-27	601.119	2.505,84	240	315.280	285.839	114	13.977.366	5.892.846
51	abr-27	601.119	2.608,16	230	308.962	292.157	112	13.685.209	6.185.003
52	may-27	601.119	2.714,66	221	302.504	298.615	110	13.386.594	6.483.618
53	jun-27	601.119	2.825,51	213	295.903	305.216	108	13.081.379	6.788.833
54	jul-27	601.119	2.940,88	204	289.157	311.962	106	12.769.417	7.100.795
55	ago-27	601.119	3.060,97	196	282.261	318.858	104	12.450.559	7.419.653
56	sep-27	601.119	3.185,96	189	275.213	325.906	102	12.124.652	7.745.560
57	oct-27	601.119	3.316,05	181	268.009	333.110	100	11.791.542	8.078.670
58	nov-27	601.119	3.451,46	174	260.646	340.473	99	11.451.069	8.419.143
59	dic-27	601.119	3.592,39	167	253.120	347.999	97	11.103.070	8.767.142
60	ene-28	601.119	3.739,08	161	245.427	355.692	95	10.747.378	9.122.834
61	feb-28	601.119	3.891,76	154	237.565	363.554	93	10.383.824	9.486.388
62	mar-28	601.119	4.050,67	148	229.529	371.590	92	10.012.234	9.857.978
63	abr-28	601.119	4.216,07	143	221.315	379.804	90	9.632.430	10.237.782
64	may-28	601.119	4.388,23	137	212.920	388.199	88	9.244.230	10.625.982
65	jun-28	601.119	4.567,42	132	204.339	396.780	87	8.847.450	11.022.762
66	jul-28	601.119	4.753,92	126	195.568	405.551	85	8.441.899	11.428.313
67	ago-28	601.119	4.948,04	121	186.604	414.515	84	8.027.384	11.842.828
68	sep-28	601.119	5.150,08	117	177.441	423.678	82	7.603.706	12.266.506
69	oct-28	601.119	5.360,38	112	168.076	433.043	81	7.170.663	12.699.549
70	nov-28	601.119	5.579,26	108	158.504	442.615	79	6.728.047	13.142.165
71	dic-28	601.119	5.807,08	104	148.720	452.399	78	6.275.648	13.594.564
72	ene-29	601.119	6.044,20	99	138.720	462.399	77	5.813.249	14.056.963
73	feb-29	601.119	6.291,01	96	128.499	472.620	75	5.340.629	14.529.583
74	mar-29	601.119	6.547,89	92	118.052	483.067	74	4.857.561	15.012.651
75	abr-29	601.119	6.815,26	88	107.374	493.745	72	4.363.816	15.506.396
76	may-29	601.119	7.093,55	85	96.460	504.659	71	3.859.157	16.011.055
77	jun-29	601.119	7.383,21	81	85.305	515.814	70	3.343.343	16.526.869
78	jul-29	601.119	7.684,69	78	73.903	527.216	69	2.816.126	17.054.086
79	ago-29	601.119	7.998,48	75	62.249	538.870	67	2.277.256	17.592.956

80	sep-29	601.119	8.325,08	72	50.338	550.781	66	1.726.475	18.143.737
81	oct-29	601.119	8.665,02	69	38.163	562.956	65	1.163.519	18.706.693
82	nov-29	601.119	9.018,84	67	25.719	575.400	64	588.119	19.282.093
83	dic-29	601.119	9.387,11	64	13.000	588.119	63	0	19.870.212

Bienes depreciables

Rubro	Ítems	Total [USD]
Inmuebles		53.443
<i>Inmuebles</i>	Cerco olímpico c/acceso vehicular y personal	6.818
<i>Inmuebles</i>	Hormigonado de fundaciones	584
<i>Inmuebles</i>	Aprovisionamiento de estructura	22.727
<i>Inmuebles</i>	Oficina: Edificio 6x4 c/ baño y comedor	5.455
<i>Inmuebles</i>	Nave industrial 6x6. Depósito	11.688
<i>Inmuebles</i>	Aprovisionamiento de cubierta y elementos de fijación	5.034
<i>Inmuebles</i>	Aprovisionamiento de aberturas	1.136
Muebles y útiles		1.359
<i>Muebles y útiles</i>	Mobiliario	244
<i>Muebles y útiles</i>	Balanza	487
<i>Muebles y útiles</i>	Estanterías	304
<i>Muebles y útiles</i>	Mesas de trabajo	325
Instalaciones		27.126
<i>Instalaciones</i>	Armado de tablero eléctrico y cables	357
<i>Instalaciones</i>	Aprovisionamiento de bandejas portacables	111
<i>Instalaciones</i>	Aprovisionamiento de luminaria LED y accesorios	22.075
<i>Instalaciones</i>	Aprovisionamiento y montaje de tubos de PVC	3.757
<i>Instalaciones</i>	Válvulas esféricas y electroválvulas	146
<i>Instalaciones</i>	Tutores cultivo fruto (Nylon)	32
<i>Instalaciones</i>	Canastas soporte	648
Máquinas y equipos		3.151
<i>Máquinas y equipos</i>	Aprovisionamiento de tanques de agua y sistema de bombas	1.010
<i>Máquinas y equipos</i>	Dispositivo para cosecha	162
<i>Máquinas y equipos</i>	Conductímetro	244
<i>Máquinas y equipos</i>	Datalogger (Arduino Mega 2560)	49
<i>Máquinas y equipos</i>	Sensor de PH	263
<i>Máquinas y equipos</i>	Termómetro y sensor de humedad	39
<i>Máquinas y equipos</i>	Sensor de CO2	19
<i>Máquinas y equipos</i>	Desarrollo y programación arduino	325
<i>Máquinas y equipos</i>	Flotante de tanque	49
<i>Máquinas y equipos</i>	Conexionado de sistema de control de líquido nutriente a tablero general	682
<i>Máquinas y equipos</i>	LCD 4 x 20	10
<i>Máquinas y equipos</i>	Tablero de automatización	32
<i>Máquinas y equipos</i>	Válvula esférica 1"	73
<i>Máquinas y equipos</i>	Electroválvulas	195
Equipos de computación		649
<i>Equipos de computación</i>	Equipo de computación	649

Contrato de trabajo eventual

Las labores de siembra y cosecha demandan un aumento de los recursos de mano de obra en momentos específicos y por una duración limitada, es por esto, que se utiliza la contratación bajo la modalidad de contrato de trabajo eventual para cubrir los recursos necesarios en estas etapas.

Se prevé la contratación de dos personas de categoría “trabajador no especializado” demarcadas en el convenio colectivo de trabajo 380/2004 de la Asociación Argentina de Floricultores y Viveristas.

Ilustración 25. Modelo de contrato eventual

CONTRATO DE TRABAJO EVENTUAL

En la Ciudad, a los ... días del mes de del año entre **(Empresa)**, representada en este acto por el Sr. (Gerente/ Apoderado), DNI N°, según poder vigente y que lo acredita para este efecto, de aquí en más la "Empresa", con domicilio en calle, de la Ciudad, y el Sr. (Empleado) DNI N° de estado civil, con domicilio en Calle de la ciudad de, provincia de, de aquí en más el "Empleado", acuerdan celebrar el presente **Contrato de Trabajo Eventual** de acuerdo a lo previsto en los artículos 99, 100 y concordantes de la Ley de Contrato de Trabajo N° 20.744, en los siguientes términos:

PRIMERA: El Empleador contrata al Trabajador y éste acepta desempeñarse a sus órdenes durante la vigencia del presente contrato. -

SEGUNDA: La causa que motiva la contratación del Sr. (Empleado) sé obedece a una exigencia extraordinaria de la Empleadora, a efectos de realizar las tareas **(Motivo por el cual ingresa)**.

Por tanto, el presente contrato de trabajo eventual se extenderá desde el/...../..... y hasta la finalización de la causa para la cual el Trabajador fue contratado. Por ende, una vez finalizada **(Motivo de su contratación)**, finalizará el presente contrato de trabajo eventual, sin necesidad de preavisar dicha situación. -

TERCERA: El Empleado desempeñará su tarea con diligencia, colaboración y fidelidad y percibirá durante el tiempo de prestación de sus servicios una remuneración según CCT. -

CUARTA: El horario a cumplir será en diagrama:

QUINTA: En el caso que el Empleado no cumpliera fielmente sus obligaciones o incurriera en faltas, actitudes o conductas perjudiciales a la empresa, está podrá declarar rescindido el presente contrato antes de la fecha estipulada sin ninguna obligación indemnizatoria. -

SEXTA: Las partes constituyen domicilios especiales en los enunciados por las mismas en el encabezamiento, donde se tendrán por válidas todas las citaciones, comunicaciones y notificaciones que allí se cursaren. -

En prueba de conformidad a las cláusulas anteriores se firman dos ejemplares del mismo tenor y a un solo efecto, en el lugar y fecha indicados en el encabezamiento. -

Firma del empleado:

Aclaración: