

SISTEMA DE CULTIVO HORTOFRUTÍCOLA AUTÓNOMO ESPECIALIZADO EN
TÉCNICAS HIDROPÓNICAS PARA EL DESARROLLO DE PEQUEÑOS
PRODUCTORES EN EL VALLE DEL CAUCA

CRISTHIAN CAMILO CASIERRA RODRIGUEZ
JOSE LUIS CESPEDES GUEVARA

Universidad Icesi
Facultad de Ingeniería
Programa de Diseño Industrial
Santiago de Cali
2014

SISTEMA DE CULTIVO HORTOFRUTÍCOLA AUTÓNOMO ESPECIALIZADO EN
TÉCNICAS HIDROPÓNICAS PARA EL DESARROLLO DE PEQUEÑOS
PRODUCTORES EN EL VALLE DEL CAUCA

CRISTHIAN CAMILO CASIERRA RODRIGUEZ
JOSE LUIS CESPEDES GUEVARA

Proyecto de grado

Andrés Naranjo. Diseñador Industrial
Carlos Antonio Arce. Ingeniero de Sistemas

Universidad Icesi
Facultad de Ingeniería
Programa de Diseño Industrial
Santiago de Cali
2014

Índice

ÍNDICE	3
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE ILUSTRACIONES	7
GLOSARIO Y ABREVIACIONES	10
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
FICHA TÉCNICA	3
PROBLEMA	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
<i>ENUNCIADO DEL PROBLEMA</i>	5
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	5
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	6
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
VIABILIDAD	7
VIABILIDAD	7
METODOLOGÍA	8
MARCO TEÓRICO	9
FRUTAS Y HORTALIZAS EN EL VALLE DEL CAUCA COMO FUENTE DE DESARROLLO	9
LA AGRICULTURA TRADICIONAL EN PEQUEÑA ESCALA	9
FRUTAS Y HORTALIZAS	10
CULTIVOS HORTOFRUTÍCOLAS COMO FACTOR DE SEGURIDAD ALIMENTARIA.....	11
POTENCIAL HORTOFRUTÍCOLA SUBUTILIZADO	11
DESARROLLO ECONÓMICO DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES.....	12
TECNOLOGÍA COMO FACTOR DE DESARROLLO	13
TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL PRODUCTOR HORTOFRUTÍCOLA	14
HIDROPONÍA	14
¿CÓMO SE HACE LA HIDROPONÍA?	15
¿POR QUÉ HIDROPONÍA?	15
¿QUÉ SE PUEDE HACER CON LA HIDROPONÍA?	17
SISTEMAS HIDROPÓNICOS	17
<i>SUSTRATOS</i>	20
¿QUÉ CULTIVOS PUEDEN IMPLEMENTAR ESTE SISTEMA?	23
APLICACIÓN SOLUCIÓN NUTRITIVA	24
CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE	24

¿CUÁLES SON LAS NECESIDADES DE CONTROL?	24
ESTADO DE ARTE	26
GROBOT EVOLUTION	26
HYDRA	29
FREEPOT	29
SMART URBAN FARMS	30
INTA: COSTA RICA	31
<u>RESULTADOS</u>	<u>32</u>
METODOLOGÍA APLICADA	32
TRABAJO DE CAMPO	33
AGRICULTURA HORTÍCOLA	35
<u>DISCUSIÓN Y MARCO CONCEPTUAL.....</u>	<u>37</u>
HIPÓTESIS DE DISEÑO	37
PROMESA DE VALOR	38
DETERMINANTES	38
REQUERIMIENTOS Y PRINCIPIOS	38
PRINCIPIOS DE DISEÑO.....	38
REQUERIMIENTOS DE USO.....	38
REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN	39
REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	39
REQUERIMIENTOS TÉCNICO-PRODUCTIVOS	39
REQUERIMIENTOS ECONÓMICOS O DE MERCADO	40
REQUERIMIENTOS FORMALES	40
REQUERIMIENTOS DE IDENTIFICACIÓN	41
REQUERIMIENTOS LEGALES	41
CONCEPTO	41
PROCESO DE PROPUESTA.....	41
.....	41
PROPUESTA.....	42
UNIDAD CONTROLADORA	43
MÓDULO DE PLANTACIÓN.....	44
.....	44
DISTRIBUIDOR.....	45
SISTEMA EN CONJUNTO	46
ASPECTOS PRODUCTIVOS Y DE IMPACTO AMBIENTAL	47
IMPACTO AMBIENTAL.....	68
ASPECTOS DE COSTOS.....	72
ASPECTOS DE MERCADO Y MODELO DE NEGOCIO	73
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>79</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>80</u>
<u>ANEXOS/APÉNDICES.....</u>	<u>84</u>
ANEXO A. TABLA DE BRECHA TECNOLÓGICA VALLE DEL CAUCA (2006)	84

.....	84
ANEXO B. TABLA DE PARTICIPACIÓN VALLE EN LA PRODUCCIÓN ANUAL. 2004.....	85
ANEXO C. MATRIZ DE COMPARACIÓN SISTEMAS HIDROPÓNICOS.....	86
.....	86
ANEXO D. CRONOGRAMA.....	87
ANEXO E. FOTOGRAFÍAS DEL PROBLEMA.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Carta de Materiales TERU. Elaboración Propia (2014)	52
Tabla 2. Tabla proveedores. Fuente: Elaboración propia (2014).....	54
Tabla 3. Balanceo de línea. Elaboración propia (2014).....	67
Tabla 4. Contexto de Uso. Elaboración propia (2014).....	68
Tabla 5. Perfil Ambiental del Producto. Elaboración propia (2014)	70
Tabla 6. Matriz MET Teru. Elaboración Propia (2014)	71
Tabla 7. Impacto Ambiental Teru. Elaboración propia (2014)	71
Tabla 8. Matriz General de Costos TERU. Elaboración propia (2014)	72
Tabla 9. Matriz de Cobro TERU. Elaboración propia (2014)	73
Tabla 10. Tabla de brecha tecnológica valle del cauca	84
Tabla 11. Tabla de participación valle en la producción anual. 2004	85
Tabla 12. Matriz de comparación sistemas hidropónicos	86
Tabla 13. Cronograma	87

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Producto Grobot, controlador de nutrientes. Fuente: PurGro Electronics. (2014).....	27
Ilustración 2. Interfaz móvil, vista. Fuente: PurGro Electronics. (2014)	27
Ilustración 3. Vista del sistema notificando en el exterior. Fuente: PurGro Electronics. (2014).....	28
Ilustración 4. Vista del sistema. Fuente: PurGro Electronics. (2014).....	28
Ilustración 5. Sistema de Cultivo Hidropónico HYDRA. Fuente: Magazine Electrónicos Online (2013).....	29
Ilustración 6. Sistema de cultivo orgánico de hortalizas. Fuente: AgroFree (2013)	30
Ilustración 7. Cultivo hidropónico urbano. Fuente: Smart Urban Farms Inc. (2013)	30
Ilustración 8. Integración comunitaria para la transferencia de tecnología. Fuente: INTA Costa Rica (2013).....	31
Ilustración 9. Fórmula para el cálculo del AMFR. Fuente: Plan Frutícola Nacional (2006).....	34
Ilustración 10. Huerto hortícola, surco de cilantro. Obando, Valle. Fuente: Trabajo de Campo (2014).....	35
Ilustración 11. Capacitación para la implementación de cultivos hortícolas. Obando, Valle. Fuente: Trabajo de Campo (2014).	37
Ilustración 12. Desarrollo de la propuesta. Elaboración propia (2014)	41
Ilustración 13. Proceso de la Propuesta. Elaboración Propia (2014).....	42
Ilustración 14. Unidad Controladora.....	43
Ilustración 15. Módulo de Plantación.	44
Ilustración 16. Mecanismo de Rodamientos	44
Ilustración 17. Detalle Modulo de Plantación	44
Ilustración 18. Módulo de Distribución	45
Ilustración 19. Detalle Modulo de Distribución	45
Ilustración 20. Vista del Sistema en Conjunto	46
Ilustración 21. Conjunto en Vista Cenital	46
Ilustración 22. Componentes del sistema. Elaboración propia (2014).	48
Ilustración 23. Módulo de plantación (MPL). Armado. Elaboración propia (2014). ..	55
Ilustración 24. Módulo de plantación (MPL). Desarmado. Elaboración propia (2014).	55
Ilustración 25. Soporte tubos-Base. Desarmado. Elaboración propia (2014).	56
Ilustración 26. Soporte tubos Armado. Elaboración propia (2014)	56
Ilustración 27. Soporte tubos- Soporte tubos. Desarmado. Elaboración propia (2014).	57
Ilustración 28. Soporte tubos- Soporte Balinera. Desarmado. Elaboración propia (2014).	57

Ilustración 29. Unidad controladora (UNC). Desarmado. Elaboración propia (2014).	58
Ilustración 30. Unidad controladora (UNC). Armado. Elaboración propia (2014)...	58
Ilustración 31. Distribuidor. Armado. Elaboración propia (2014).....	59
Ilustración 32. Distribuidor. Desarmado. Elaboración propia (2014).....	59
Ilustración 33. Módulo de plantación (MPL). Elaboración propia (2014).....	60
Ilustración 34. Soporte tubos. Elaboración propia (2014).....	60
Ilustración 35. Unidad controladora (UNC). Elaboración propia (2014)	61
Ilustración 36. Distribuidor. Elaboración propia (2014)	61
Ilustración 37. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014).....	62
Ilustración 38. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014).....	63
Ilustración 39. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014).....	64
Ilustración 40. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014).....	65
Ilustración 41. Distribución de Planta. Elaboración propia (2014)	66
Ilustración 42. Visión general del Producto. Elaboración propia (2014)	69
Ilustración 43. Modelo Canvas Teru. Fuente: Elaboración propia (2014).	75
Ilustración 44. Huerto hortícola, surco de cilantro. Obando, Valle. Fuente: Trabajo de Campo (2014).....	88
Ilustración 45. Planta de fresa. Fuente: Splendor.es (2012).....	88
Ilustración 46. Planta de melón. Fuente: flordeplanta.com.ar (2010).	88
Ilustración 47. Capacitación en huertos hortícolas. Fuente: Trabajo de Campo (2014).	88
Ilustración 48. Implementación de Sistema hidropónico Estático (SAT). Fuente: growlandia.com (2014).	88

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. TABLA DE BRECHA TECNOLÓGICA VALLE DEL CAUCA (2006) ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO B. TABLA DE PARTICIPACIÓN VALLE EN LA PRODUCCIÓN ANUAL. 2004..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO C. MATRIZ DE COMPARACIÓN SISTEMAS HIDROPÓNICOS. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO D. CRONOGRAMA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ANEXO E. FOTOGRAFÍAS DEL PROBLEMA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

GLOSARIO Y ABREVIACIONES

Bio-combustibles: son combustibles de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Estos restos orgánicos proceden habitualmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas.

PFN: Plan Frutícola Nacional

Inocuidad: La Inocuidad es un concepto que se refiere a la existencia y control de peligros asociados a los productos destinados para el consumo humano a través de la ingestión como pueden ser alimentos y medicinas a fin de que no provoquen daños a la salud del consumidor

PFHN: Plan de Fomento Hortofrutícola Nacional

Sustrato: medio en el que crecen las plantas, hierbas y verduras en una maceta o recipiente duradero.

MPL: Explicación sigla 3

MAB: Modulo de análisis ambiental

CPS: Contrato por Suscripción

DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística

UNC: Unidad Controladora

RESUMEN

Propósito – Crear un sistema de cultivo inteligente para pequeños productores, que cumpla el ciclo completo de siembra y cosecha, el cual utilizando la hidroponía y sistemas de monitoreo autónomos, logre un mejor aprovechamiento de los recursos, buscado aumentar los rendimientos, adaptándose a las diferentes variedades geográficas y climáticas del Valle del Cauca.

Metodología - Para la realización del trabajo se implementó un proceso de recolección de datos de carácter cualitativo, con la finalidad de determinar las condiciones en las que los pequeños agricultores llevan a cabo sus cultivos, conociendo los procesos realizados, sus costos, beneficios y las limitaciones de los mismos. Junto al análisis mencionado previamente se realizaron entrevistas a expertos en agricultura de la Universidad Nacional, quienes otorgaron importante información sobre el desarrollo realizado por ellos dentro y fuera de las instalaciones de la universidad en cultivos tradicionales e hidropónicos.

Resultados - Se ofrece a los agricultores una estandarización en la producción de frutas y hortalizas disminuyendo la mano de obra con respecto a los procesos de cultivo tradicionales, a la vez que se garantiza una mejor calidad de los frutos en cuanto a tamaño, gusto y pureza. Se permite además, una producción constante debido al control de las variables naturales y la implementación de sistemas hidropónicos, generando independencia de los limitantes de suelo, espacio y clima.

Implicaciones prácticas - La hidroponía como sistema de cultivo avanzado para la actividad agrícola, no ha llegado a los pequeños agricultores debido a los conocimientos técnicos especializados que son necesarios para lograr una correcta implementación. Este proyecto busca derribar esa barrera, facilitándole la entrada al pequeño agricultor y proveyéndole mayores ingresos en el mismo espacio productivo

Originalidad y valor de la investigación – Los pequeños agricultores en la mayoría de los casos tiene limitaciones para lograr una correcta productividad y a si mismo ganancias, ya sea por la falta de capacidad, conocimientos o por entornos adversos. A través de este proyecto se busca un desarrollo social y económico de esta población, buscando la optimización del espacio con el que cuenta para maximizar el aprovechamiento de sus recursos y finalmente obtener unos ingresos que garanticen una vida digna para los habitantes del campo.

Palabras claves – Sistema Inteligente, Hidroponía, Diseño Industrial

INTRODUCCIÓN

En un momento donde el Agro en Colombia se perfila para ser uno de los sectores más importantes en una eventual era post-conflicto, se tienen grandes desafíos para impulsar este sector. Este presenta una constante desaceleración debido a diversos factores como la apertura bilateral del comercio con países donde la agricultura es fuertemente subsidiada, la implementación de semillas genéticamente modificadas que restringen la comercialización de semilla local y el desplazamiento de la población rural hacia las ciudades. Los cultivos hortofrutícolas sobresalen por su capacidad para generar empleos y mayores ingresos, teniendo el potencial para ofrecer hasta 5 veces los empleos que generan cultivos tradicionales como la caña y el maíz (Tafur et al., 2006), a la vez que se generan nuevas oportunidades de mercado para los agricultores.

Se mostrará en este trabajo, una radiografía del estado actual del sector hortofrutícola, dejando de manifiesto las potencialidades del sector para su implementación productiva en el Valle del Cauca. Se articulara una solución que desde el Diseño Industrial y el Diseño de Medios Interactivos, integre factores tecnológicos, sociales y culturales, generando así las herramientas para que los pequeños agricultores sean los protagonistas en el aprovechamiento de los recursos que disponen y de las ventajas que trae la producción de cultivos hortofrutícolas en nuestra región.

FICHA TÉCNICA

Problema

Planteamiento del problema

Antecedentes

En la actualidad la fruticultura es en gran medida, un oficio aún artesanal, pues según el Plan Frutícola Nacional (PFN) el 94% de los agricultores aún no han implementado tecnología o sistemas de producción en serie, de hecho asegura que los pequeños agricultores, que son la mayoría de estos productores frutícolas, aún cultivan de forma inadecuada en espacios reducidos como patios caseros o pequeños cultivos con árboles mal distribuidos que desperdician el espacio. Esta cifra, que data de un estudio realizado en 1984, aún están vigente.

En general este 94% de agricultores no cuenta con sistemas de riego o con procesos tecnificados en sus cultivos, lo que viene provocando irregularidad en la calidad de los productos, en cuanto a tamaño y calidad de los frutos, por otra parte debido a la ausencia de estos sistemas la cosecha, se ve limitada o truncada, pues sólo en ciertas épocas del año se generan frutos en mayor cantidad, pues existen periodos en los que no se cuentan con las óptimas condiciones climáticas para el cultivo, aspecto perjudicial para los fruticultores, pues al no suplir el mercado de forma constante, sus ingresos bajan, y otras regiones substituyen su producción en estas temporadas. La incapacidad de producción constante provoca a la final una ausencia en la especialización de estos cultivos y un mercado desordenado, lo cual desemboca en diferentes costos logísticos y por lo tanto un aumento en el costo del producto para el agricultor.

Hoy en día tan sólo el 5.3% de fruticultores cuenta con algo de tecnología en sus huertas y de estos tan solo el 2.3% cuenta con siembras tecnificadas, pues el costo de esta implementación tecnológica es muy elevado.

En algunos casos la ausencia de estas tecnologías o incluso la capacitación en procesos tecnificados, lleva a que los agricultores inexpertos comentan muchos errores, renunciando a la oportunidad de generar mayores ingresos anuales. Por ejemplo, en la mayoría de casos las plantaciones se hacen con una semilla sexual que para algunos frutos demora hasta 6 años en dar fruto, pero si estos implementaran tecnologías especializadas, como las semillas creadas con procesos de multiplicación vegetativa, creación in vitro, entre otras alternativas

podrían producir frutos, en periodos cercanos al año o año y medio, dependiendo del fruto.

Por estas razones se está ejecutando el Plan Frutícola Nacional desde el 2006, que busca mejorar las condiciones tecnológicas del cultivo de fruta y las hortalizas y su implementación en cultivos que aún no lo hacen, pues en promedio un cultivo de estos produce 2.94 empleos por hectárea, 0.64 directos por el hecho de cultivar y 2.3 indirectos por su comercialización, mientras los cultivos tradicionales de caña de azúcar tan solo generan 0.19 empleos en total, lo cual se solventa solo con la tercera parte de la cantidad de empleos generados por el cultivo de frutas y hortalizas directamente relacionados con el cultivo. Este plan espera que en 20 años de ejecución se establezcan 176.750 hectáreas en todo el país, de las cuales 26.000 estarán ubicadas solamente en el Valle del Cauca, pues el departamento cuenta con las condiciones climáticas aptas para el cultivo de la mayoría de frutos y hortalizas. Lamentablemente hoy, ocho años después de la formulación del PFN por parte del gobierno, no se han cumplido estos objetivos.

Delimitación

Como alternativa para hacer frente a esta situación y debido a la ambiciosa meta para el Valle del Cauca por parte del Plan Frutícola Nacional de Colombia se ha creado a su vez el Plan Frutícola del Valle del Cauca que busca la creación de proyectos de costos más bajos para la modificación de la estructura actual del mercado, por otra parte se busca implementar el uso de nuevos insumos o procesos tecnológicos que deben tener en cuenta las condiciones actuales de espacio, tanto en los cultivos vigentes de menos de 1 hectárea como en los de 5 hectáreas, que son los pequeños productores. También se busca tenga gran aceptación y sea implementado por parte de los agricultores, para eso se debe tener en cuenta su grado de escolaridad y su relación con las tecnologías de la información y comunicación, que se han desarrollado por parte del gobierno.

Consecuencias

El año pasado diez mil millones de pesos se pusieron a disposición de la Fundación del Valle, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y la Universidad Nacional de Colombia en Palmira, esto con el fin de mejorar la productividad y competitividad incluso con potencial de exportación en ítems como su capacidad logística y en su organización regional, teniendo en cuenta su impacto y sostenibilidad ambiental y por supuesto económica.

Actualmente se encuentran en desarrollo 18 proyectos para el PFN por parte de la Fundación Universidad del Valle, que buscan tanto desarrollar nuevas tecnologías, como la implementación de tecnologías existentes, las cuales requieren de asistencia educativa y atención técnica para su correcta adaptación, pero aún no se logran los objetivos enmarcados en estos proyectos. Por otra parte, en la

Universidad Nacional se desarrolla un programa de control fitosanitario para “frutales con potencial productivo y exportador en el Valle del Cauca” afirma la Red de Comunicaciones del Ministerio de Cultura (2013).

El no cumplimiento de los objetivos enmarcados dentro del PFN, genera un rezago de la región en uno de los sectores que tiene mayor dinamismo a nivel local como mundial, desaprovechando una oportunidad de constituirse en un despensa hortofrutícola, tanto para suplir el mercado interno del departamento, más 4 millones de habitantes según el DANE, como para suplir a diferentes regiones del País.

Enunciado del problema

¿Cómo maximizar el aprovechamiento de los cultivos Hortofrutícolas, beneficiando a los pequeños productores del Valle del Cauca, mediante la articulación un de sistema inteligente basado en la hidroponía?

Preguntas de investigación

¿Por qué se deben generar nuevos cultivos Hortofrutícolas para pequeños productores, que reemplacen los cultivos tradicionales?

¿Qué falencias tienen los cultivos tradicionales, para los pequeños productores?

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para el cambio de procesos del productor?

¿Qué procesos se pueden mantener de los cultivos tradicionales?

¿A qué sistema están habituados los agricultores actualmente?

¿Qué factores son mejorables en un proceso de cultivo?

¿Cómo el proceso de cultivo de plantas hortofrutícolas puede mejorar?

¿Cómo controlar las variables naturales de un cultivo?

¿Cómo puedo medir las variables de humedad, luz, nutrientes, en un cultivo?

¿Qué aspectos se deben tener en cuenta para la lectura de las variables naturales?

¿Qué medidas se deben tomar ante la lectura anormal de una variable?

¿Cómo se implementa la Hidroponía en un cultivo?

¿Cuáles son los cuidados para este tipo de plantación?

¿Cómo se pueden simplificar y agrupar estos cuidados para el agricultor?

¿Qué aspectos se debe tener en cuenta para implementar la hidroponía en un sistema de cultivo?

¿Qué procesos se deben seguir para el correcto funcionamiento de un sistema de cultivo basado en la hidroponía?

¿Cómo se puede aprovechar la geografía del Contexto (Valle del Cauca) a través de la hidroponía?

¿Funciona esta para cualquier tipo de plantación?

Hipótesis de la investigación

Un sistema de cultivo basado en la hidroponía, incrementa el rendimiento de los cultivos hortofrutícolas, debido al aumento en la densidad de plantas/hectárea y el incremento que se produce en la calidad de la plantas. Además mediante la implementación de sistemas de monitoreo autónomos, se vigilarán las variables naturales que tienen que ver con la cantidad de nutrientes que la planta necesita, la cantidad de luz/día, el control de plagas y los procesos de podas para mejorar el crecimiento de la planta, garantizando el control sobre el proceso y la corrección en los niveles de cada una de las variables.

Justificación

Se debe comenzar resaltando que según El Plan Frutícola Nacional (2006) la población rural presenta un decrecimiento de 0.25% al año, esto debido a diversos factores como la falta de oportunidades en el campo y la escasez de recursos. Es por ello que desde el gobierno, a través del ministerio de Agricultura, se crean planes para la reactivación económica de la agricultura en el País, respaldando proyectos productivos que exploren y exploten nuevos mercados y resulten en mayores beneficios a la población más vulnerable del campo, los pequeños productores, que según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012), representan el 68,8% del total de agricultores. Con esta investigación y el resultado de ella, se dará a esta población una herramienta tecnológica, de bajo costo, con la que podrán generar para él agricultor y su familia, en general su comunidad, una mayor calidad de vida, produciendo más frutos, de mayor calidad y mejor precio, aumentando la producción por metro cuadrado que generan en la actualidad, para lograr este objetivo, se cuenta con el conocimiento de dos líneas de pensamiento, el diseño Industrial y el diseño de medios interactivos, las cuales reúnen una plataforma de conocimientos y tecnologías ideales para este contexto específico.

Objetivos

Objetivo general

Crear un sistema de cultivo inteligente para pequeños productores, que cumpla el ciclo completo de siembra y cosecha, el cual utilizando la hidroponía y sistemas de monitoreo autónomos, logre un mejor aprovechamiento de los recursos, buscado aumentar los rendimientos, adaptándose a las diferentes variedades geográficas y climáticas del Valle del Cauca.

Objetivos específicos

- Proporcionar un sistema hidropónico escalable de siembra, crecimiento, y cosecha que permita la ejecución de procesos tecnificados en cultivos de 0 a 0,6 hectáreas.
- Implementar un control de las variables naturales (nutrientes, luz solar, clima etapas de crecimiento), que mida y notifique al usuario, acerca de las condiciones de las mismas para establecer su óptima condición.
- Establecer un proceso estandarizado de los procedimientos dentro de los cultivos, para garantizar una calidad uniforme de los frutos.
- Implementación de un lenguaje intuitivo, adaptado al usuario (Pequeños agricultores del Valle del Cauca)

Viabilidad

Viabilidad

El proyecto tiene un alto grado de viabilidad debido a que se ajusta a los objetivos del estado en el desarrollo del sector hortofrutícola con la búsqueda de crear 176.750 nuevas hectáreas frutales a nivel nacional a un plazo de 20 años según El Plan Frutícola Nacional (2006), al ser un objetivo del gobierno la reactivación de la agricultura, este plantea diferentes programas de apoyo desde el Ministerio de agricultura, en el Valle del Cauca múltiples instituciones y universidades especializadas en tecnologías agrícolas hay un mayor desarrollo de nuevas aplicaciones, lo cual amplía el marco teórico al cual se tiene acceso para el desarrollo de este proyecto, además se cuenta con el acceso a centros bibliotecarios de la región lo cual representa una colección enriquecida en la temática comparado con otras regiones, además a través de las guías técnicas y asesores profesionales de las Instituciones gubernamentales y mixtas (CorpoICA, CIAT) y aparte la ubicación de fuentes de información profesional en el mismo contexto de trabajo se generan facilidades en el proceso de investigación en cuanto a traslados y recopilación en salidas de campo para el análisis de la información pertinente al proyecto.

Por otra parte la posibilidad de contactar a la Fundación del Valle, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y la Universidad Nacional de Colombia en Palmira facilita incrementa la posibilidad de obtener una financiación para el proyecto pues ellos manejan el presupuesto dispuesto de diez mil millones de pesos por el plan Fruticultor del Valle del Cauca y están ubicados en la zona

Metodología

Se debe abordar el proyecto desde una investigación descriptiva que contemple estudios de tipo exploratorios, descriptivos y correlacionales, esto para construir una interpretación correcta de las variables desde las fuentes de información.

Estudios exploratorios de carácter cualitativo, en esta etapa nos familiarizamos con el objeto de estudio, conociendo las variables que componen el problema, y las variables que se aportarán para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Se recopilará la información a través de revisión de literatura pertinente al problema, visitas al campo y entrevistas con expertos, teniendo una imagen clara de las variables.

Estudios descriptivos de carácter cuantitativo, interpretarán las variables que componen el problema y se determinarán de qué manera influye la modificación de estas en el contexto propuesto. Se pretende establecer, a través de la caracterización y medición de las variables, las propiedades a modificar mediante el análisis de la información recopilada, y con esto determinar apoyar o rebatir la hipótesis formulada.

Estudios correlacionales descriptivos exploratorios, se pretende establecer cómo influencia la entrada de nuevas variables aplicadas al mismo contexto, tratando de establecer y medir los cambios que sufra con respecto a su etapa inicial, estableciendo una relación de cambio generada por las alternativas propuestas, y así de esta manera sustentar las alternativas presentadas en los objetivos del proyecto.

MARCO TEÓRICO

Frutas y hortalizas en el Valle del Cauca como fuente de desarrollo

La Agricultura Tradicional en Pequeña Escala

La agricultura Colombiana se ha sufrido una dramática desaceleración como plantea Ocampo (2001), provocada por diferentes factores como, acuerdos comerciales con diferentes países que permiten la entrada de productos agrícolas subsidiados, el conflicto armado y el desplazamiento forzado que este genera, el desconocimiento o mal uso de tecnología agrícola y la ausencia de políticas agrícolas claras y estables.

Los pequeños productores, que representan el 68% de la productores agrícolas según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012), son la población que más sufre estos efectos negativos, pues como plantea Lacki (2006), al estar en el último eslabón de un larga cadena de intermediarios, se encuentran con los mayores precios para los insumos que necesitan y el menor precio para su cosecha, que en algunos casos hacen inviable el balance de Costos/Ingresos.

Los cultivos tradicionales son el principal foco del problema, productos como el maíz, soya y trigo se importan a menores precios que la producción nacional como lo muestra Salgar (2005), los grandes productores cuentan con maquinaria y procesos de cultivo tecnificados que les aseguran los mejores rendimientos, aparte, el pequeño productor tiene que utilizar semillas que requieren de fertilizantes e insumos específicos aumentando el costo de producción y en muchos casos, por desconocimiento se subutilizan las ventajas de la semilla tecnificada debido a la incorrecta adopción de procedimientos productivos, restando así, capacidad de competir contra los granos importados y los grandes productores.

Al no poder competir en el mercado y al estar en la última parte de una larga cadena de intermediarios queda supeditado a precios que en ocasiones no cubren sus costos de producción, incurriendo en deudas impagables, que finalmente llevarían al productor a la quiebra. Los monocultivos, las semillas transgénicas y su necesidad de insumos industrializados y procedimientos altamente tecnificados, aparte de los altos costos ligados a ellos, genera finalmente que este no sea un mercado viable para pequeños productores.

Por esta razón desde el gobierno y diferentes entidades no gubernamentales como las Naciones Unidas surgen programas como el Plan Frutícola Nacional y el Fondo de Fomento Hortofrutícola, proyectos que buscan

la consolidación de alternativas de cultivos no tradicionales como los frutales y las hortalizas para el desarrollo de los pequeños agricultores.

Frutas y hortalizas

En la década del 2000, teniendo en cuenta la discusión y futura entrada en vigor de uno de los acuerdos comerciales que mayor impacto podría generar en la economía agrícola colombiana, el tratado de libre comercio con Estados Unidos, que se convierte en problema y oportunidad a la vez, ya que le da vía libre a granos subsidiados, con los que los pequeños productores colombianos no tienen opción de competir. Pero a la vez abre nuevos mercados para productos como frutales y hortalizas que en Colombia, país de clima tropical, se pueden cosechar todo el año. Por ello, desde el Ministerio de Agricultura y diferentes entidades gubernamentales, se promueven proyectos de adopción de alternativas de cultivos para pequeños productores, como “*El Plan Frutícola Nacional (PFN)*” y el “*Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola (PNFH)*”, planes adecuados a la necesidad de los agricultores de generar mejores fuentes de ingreso, con respecto a los cultivos tradicionales y que le permitan mayor independencia de las cadenas productivas tradicionales.

El PFN es un documento base, elaborado por el Ministerio de Agricultura en conjunto con entidades de investigación agrícola del gobierno, para brindar a los pequeños productores una guía, de acuerdo a su región, para el cultivo de frutas como alternativa a cultivos tradicionales que son cada vez menos rentables en pequeña escala. Esta guía, cuenta con un documento general y uno específico para cada departamento, donde muestra su potencial frutícola y selecciona las especies que mejor se adaptan y mayores rendimientos obtienen en esa región. El objetivo general de este plan es *"Desarrollar la fruticultura comercial, tecnificada y en volumen suficiente mediante un proceso de planificación que permita la especialización productiva y competitiva para cada especie, de acuerdo con las potencialidades agroecológicas y de infraestructura de la región."* (Tafur, 2006) enfocándose primordialmente en que los pequeños productores lideren esa especialización productiva en cada región.

El PNFH, a diferencia del PFN no busca cumplir con un objetivo de hectáreas, sus principales objetivos están enfocados en la capacitación tecnificada transferencia de tecnologías, investigación y facilitación de recursos para la especialización de los productores agrícolas en cultivos de frutas y hortalizas, aprovechando las ventajas comparativas de cada región y la cercanía a sus mercados locales, generando economías de escala y disminución de costos, según Palacio (2012).

Estos planes (PFN y PNFH), se estructuran con el objetivo de aumentar las hectáreas de cultivos hortofrutícolas, brindando las bases para la correcta selección de especies para cada región del país, estableciendo procedimientos adecuados para

lograr mejores rendimientos de acuerdo a las investigaciones de instituciones como CorpolCA, y desarrollando zonas productivas que funcionen como clústeres competitivos, bajo esquemas asociativos y empresariales con el fin de optimizar los recursos y garantizar para la salida de los frutos producidos por los agricultores.

Cultivos Hortofrutícolas Como Factor de Seguridad Alimentaria

El Carácter comunitario que se imprime en los proyectos hortofrutícolas, mediante la asociatividad para la transferencia de tecnología y la agrupación para generar economías de escala, sumado a los valores nutricional y alimentarios de la variedad de especies hortofrutícolas que se pueden y planean implementar, permiten generar dentro de las zonas de impacto de los proyectos de desarrollo, una facilidad en la disponibilidad de alimentos y el acceso a estos. Se marca una diferenciación entonces con las grandes productores de maíz y caña, donde parte de sus cosechas van a la producción de Bio-combustibles, donde no se generan productos para el consumo humano.

La capacidad de producir alimentos y proveer el acceso oportuno y permanente de los mismos en cantidad, calidad e inocuidad, y la contribución que esto genera a la disponibilidad suficiente y estable de los alimentos, tal como lo plantea la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2008), le genera valor al proyecto, ya que plantea un desarrollo integral de la comunidad, tanto desde la perspectiva económica como social.

Para poder determinar la capacidad de un cultivo de garantizar la seguridad alimentaria se utiliza un coeficiente de medición llamado Área Frutícola Mínima Rentable (AFMR), donde se estima el área requerida para generar dos salarios mínimos legales vigentes (Tafur et al., 2006). Para las 33 frutas que plantea el PFN implementar en el Valle del Cauca, la medición del AFMR oscila entre 0.4 y 3.8 hectáreas, garantizando así que los cultivos frutales generarán seguridad alimentaria en las familias y comunidades que se implementen proyectos de tipo hortofrutícola.

Potencial Hortofrutícola Subutilizado

El PFN, plan de desarrollo establecido en 2006, tiene por objetivo sembrar más de 170.000 hectáreas nuevas de frutales a lo largo del País con un horizonte a 20 años, estando 26.000 de estas, en el Valle del Cauca, que deben producir unas 882.200 toneladas anuales, representando un incremento en la producción del 167.6% en veinte años (Tafur et al, 2006). El departamento, al contar con una posición geográfica privilegiada, con suelos fértiles y aptos para la agricultura a lo largo del departamento, abundante recursos hidrográficos desde la cordillera hasta la planicie, un valle plano regado por el río Cauca y condiciones climatológicas apropiadas durante la mayor parte del año, con gran cantidad de horas luz/día, con un promedio de 6 horas luz/día en el valle geográfico del Río

Cauca, además de tener presencia, en su territorio, de todos los pisos térmicos (Tafur et al., 2006), tiene la posibilidad de producir gran variedad de especies de frutas y hortalizas de alta calidad.

El Departamento cuenta además con aproximadamente 333.118 hectáreas aptas para el cultivo de frutales (Tafur et al., 2006) y el potencial bioclimático para producir más de 33 especies de frutas diferentes y 16 especies con calidad de exportación según la Cámara de Comercio de Cali (2012), pero hasta la fecha no se ha logrado una correcta implementación de este plan parcial, pues en 2004 el número de hectáreas sembradas con frutales era de 28.192 y a 2012 solo había aumentado hasta los 30.823 hectáreas, según la Agencia de Noticias de la Universidad Nacional (2014).

A pesar de la ventaja competitiva que existe en el departamento para los cultivos hortofrutícolas, que además de generar valor al agricultor, permitiéndole ofrecer un mejor producto, abrirse a nuevos mercados, garantizar su seguridad alimentaria, también genera nuevas fuentes de empleo a su comunidad, pues los cultivos de frutales generan en promedio 0,64 empleos directos por hectárea y 2,3 indirectos para obtener un total de 2.94 empleos/hectárea en contraste con 0,19 de la caña de azúcar que incluyen, industria y demás procesos (Tafur et al., 2006). Los pequeños productores no sustituyen sus cultivos tradicionales por cultivos hortofrutícolas, ya sea por falta de voluntad política para la implementación del plan, desconocimiento por parte de la población de las ventajas que traen los cultivos hortofrutícolas y bajos rendimientos, con respecto a cultivos tecnificados o fallidos intentos de producción (Ver Anexo A), o por falta de conocimiento de las técnicas adecuadas de siembra de frutales y hortalizas.

Desarrollo Económico de los Pequeños Productores

Para la correcta implementación de un plan que aporte al desarrollo económico de los pequeños productores se deben tener en cuenta los factores sociales que envuelven el entorno del agricultor, sin una correcta capacitación y proceso de aprendizaje de un nuevo cultivo, adaptado a las capacidades y necesidades específicas de la persona, sin los recursos adecuados a su capacidad financiera, el acompañamiento en el proceso de implementación de un nuevo modelo de producción para el agricultor, este no va tomar la decisión de hacer el cambio. Por ello se deben analizar, no solo los factores productivos y tecnológicos de acuerdo al contexto, sino también, los factores sociales que pueden influenciar en los productores.

Los pequeños productores, están caracterizados como aquellos agricultores que poseen de 0 a 5 hectáreas de terreno, teniendo un acceso a la tierra limitado, generando así una necesidad de *optimización máxima de sus recursos*; su mano de obra es generalmente *familiar* o *asociativa*, y en algunos casos

asalariada, generando el empleo de su entorno familiar y comunitario; tienen una fuerte dependencia de las cadenas productivas (Terratenientes, Agroindustria, Estado), donde se encuentra la *agricultura de contrato*, donde se garantiza la compra de la producción al agricultor, pero dado el caso se *sacrifican porcentajes de ganancias*; El destino de su producción es principalmente hacia el mercado local y regional, donde sus principales *clientes son intermediarios*; Su acceso al capital de trabajo es bajo, pues en muchos casos para el desarrollo de sus cultivos, tienen que adquirir préstamos, que retornan con la producción de la cosecha. Esta caracterización se realiza a través de un perfil socio-cultural al productor que plantea Lesmes (2009).

Tecnología como Factor de Desarrollo

Al repasar el estado actual del subsector hortofrutícola, se evidencia una ventaja actual del Valle del Cauca respecto a otros departamentos, pues el departamento es líder en producción de frutales como las uvas, banano (para consumo nacional), pitaya y borojó (Ver Anexo B), participando en un 12.7% de la producción total de frutales en el País (Tafur et al, 2006). Esto se debe principalmente a la inversión en investigación, desarrollo y aplicación de tecnología agrícola, a través de los diferentes centros de investigación ubicados en el departamento, ya sean facultades de ciencias agropecuarias de universidades ubicadas en la región, organizaciones gubernamentales como CorpolCA u organizaciones internacionales como el CIAT.

Pero estas ventajas competitivas con respecto a los avances tecnológicos, no se ven reflejados en los cultivos de los pequeños productores hortofrutícolas pues como se registra en el *Anexo B*, existe una gran brecha entre los rendimientos de los cultivos tecnológicos con respecto al promedio que se registra en el departamento. Las razones para la existencia de esta brecha se basan en la alta sensibilidad a los cambios climáticos que tienen los cultivos de baja escala, los escasos rendimientos que se presentan en cultivos no tecnificados y la baja calidad debido a la no utilización de procesos estandarizados, que disminuye la competitividad del productor y limita su participación en el mercado. Se devela entonces el factor tecnológico como una base, para lograr los objetivos de creación de nuevos cultivos hortofrutícolas proyectados en el Valle del Cauca, pues utilizando tecnología agrícola se lograra mejorar los procesos de cultivo, pudiendo ejercer una medición y control de los factores ambientales que impactan en el cultivo, aumentando así la densidad de plantas por hectárea, rendimientos de cultivos, garantizando la calidad de los frutos, para así finalmente aumentar la productividad del agricultor, utilizando los mismos recursos, que cuenta hoy en día.

Para lograr una implementación efectiva de los cultivos hortofrutícolas, que iguallen sus rendimientos con los cultivos de tipo investigativo que vemos en la Anexo A, debemos tener en cuenta 3 grandes aspectos desde la perspectiva tecnológica: 1.

Proceso tecnificado de cultivo, existen diversas guías de cultivo tecnificadas, desarrolladas por entidades investigativas, que describen los procedimientos adecuados para el tratamiento del cultivo, desde su siembra, pasando por el crecimiento hasta su cosecha, logrando una estandarización de procesos; 2. Sistemas de Cultivos avanzados, se refiere a nuevos métodos de generar los cultivos, cambiando la interacción suelo/planta, por diferentes formas de aplicación de nutrientes, mediante vías más directas, generando procesos más rápidos y con mayor control por parte del agricultor; 3. Al tener un mayor grado de intervención sobre el sustrato sobre el cual crece la planta, se pueden controlar las variables ambientales, reduciendo el impacto de las condiciones desfavorables para el desarrollo de la planta y de sus frutos. De esta forma se pueden recrear las condiciones apropiadas, para aprovechar al máximo los recursos disponibles.

Tecnología para el desarrollo del productor Hortofrutícola

Para generar una verdadera especialización productiva en el sector hortofrutícola, se hace necesario implementar un sistema que permita al pequeño agricultor controlar y potenciar los recursos con los que cuenta, aumentando su productividad, garantizando la calidad para competir tanto en el mercado local como en el mercado internacional, a la vez que genera bienestar y progreso dentro de su comunidad creando empleo y garantizando la seguridad alimentaria para él y su entorno.

Hidroponía

La palabra viene del griego Hydro que significa agua y Poux que significa Trabajo, y aunque existen registros de su uso en culturas como la griega sólo hasta hace menos de un siglo se empezó a reconocer como una herramienta realmente útil para la producción de cultivos a nivel mundial, esto después del trabajo realizado por el profesor Wilham Genke de la Universidad de California en 1929, pues en su investigación logró avances en el en la forma de plantación que significaban grandes ahorros de dinero, en este trabajo por primera vez se logró establecer un cultivo sin tierra expuesto al aire libre (Guzmán, Guillermo A., 2004); este avance fue tan relevante como técnica especializada y revolucionaria que se implementó hasta en la segunda guerra mundial y aún hoy en día es utilizada en la NASA (Guzman, 2004).

En el documento “Motivos para cultivar rosas en sustrato hidropónico, El cultivo hidropónico” Fainstein (1996) considera que un cultivo hidropónico es un sistema de fácil manejo que permite a los agricultores estandarizar los procesos de fertilización y producción, en pequeña o gran escala, simplificando sus procesos, provocando una disminución de costos en suministro de agua e implementación

de espermicidas, pero afirma que esto se vería reflejado incluso en la mano de obra.

Este tipo de huertas se hacen riegos con agua enriquecida con nutrientes minerales que alimentan a las plantas, pero se utiliza en menores cantidades que las usadas en un riego para un cultivo tradicional, pues el agua es reutilizada, pero “por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos” (Guzmán, 2004), lo cual implica un producto de mayor calidad para su consumo y a su vez todo lo anterior permite que se puedan plantar con una mayor proximidad entre si las plantas, lo cual optimiza el espacio consumido por las plantas.

¿Cómo se hace la hidroponía?

La hidroponía es un tipo de cultivo que descarta el uso del suelo en tierra para el crecimiento de las plantas, en su remplazo utiliza otro tipo de sustratos o materiales diferentes a la tierra, que van desde la cascarilla **de arroz hasta piedra volcánica**.

Estos se clasifican en sustratos orgánicos e inorgánicos y son responsables de darle soporte al crecimiento de las plantas cuando se encuentran en contenedores (Burés, Silvia, 1997), soporte para que las plantas extiendan sus raíces y puedan alimentarse; pero a diferencia de un cultivo tradicional, con sustrato de tierra natural, los nutrientes no son suministrados a la planta por el sustrato en sí, para este tipo de cultivos se utilizan riegos de agua con nutrientes minerales especializados que remplazan los nutrientes que ciertamente recibirían de la tierra.

En otras palabras como principal característica de los cultivos hidropónicos se tiene que las plantas no reciben los nutrientes del suelo, sino de una mezcla líquida cargada de nutrientes minerales que es suministrada en el sustrato y absorbida por sus raíces, pues estas están inmersas en él, eso descartando el hecho de que el sustrato sea orgánico u inorgánico.

¿Por qué Hidroponía?

Según Marulanda (2003) dentro de las ventajas que encontramos los cultivos hidropónicos presentan una cantidad de diferencias relevantes que pueden sugerir una mejora con respecto al cultivo tradicional.

Una de las ventajas se ve reflejada en el número de horas a trabajar y la cantidad de trabajo a realizar, pues estas son menos que en un cultivo tradicional, en el

documento “La huerta popular hidropónica” (2003) se expone que el número de tareas es menor pues el ambiente y condiciones están mejor controladas por lo tanto no se requieren tareas como aplicación de aditamentos o espermicidas en iguales proporciones, ni la creación de surcos o realización de siembras al nivel del suelo lo cual es perjudicial y agotador para el agricultor, y a su vez estos sistemas son aptos para la automatización lo cual provoca una disminución en la mano de obra, es que en general las tareas son más livianas.

En estos tipos de siembras no existe la rotación de cultivos pues no hay que preservar los nutrientes del suelo en el que están plantadas las cosechas, ni tampoco existe la absorción de nutrientes por parte de microorganismos ajenos que impidan la posibilidad de sembrar de nuevo la misma cosecha en el mismo espacio.

No existen problemas como la anaerobiosis, que según el diccionario de la Real Academia Española (2003) hace referencia a la existencia de vida en ausencia de oxígeno, problemas como este son frecuentes en los cultivos tradicionales, lo cual impide el crecimiento de las raíces, pero en los cultivos hidropónicos no existe esta problemática, al contrario las raíces crecen con mayor facilidad pues no tienen obstáculos físicos debido a la naturaleza física de los sustratos utilizados, incluso en sistemas de agua sin sustratos adicionales.

La pérdida de agua en estos sistemas es mínima pues esta se vierte solo en cantidades especializadas, y en algunos sistemas como el de flujo de nutrientes (NFT, Nutrientes Flow Technique), esta se reutiliza pues después de cada riego la misma es recolectada, además las pérdidas por filtración y evaporación son mínimas.

Debido a la naturaleza de los sustratos utilizados en estos sistemas la existencia de maleza es mínima pues la mayoría de sustratos son esterilizados y la creación o formación de algas es fácilmente controlada.

Por otra parte debido a que el sistema es esterilizado, el mismo no tiende a crear microorganismos que le provocan enfermedades a las plantas, a diferencia de la tierra, lo cual provoca una reducción drástica en la implementación de agroquímicos aunque no en su totalidad pues algunos microorganismos se alojan en medios líquidos, pero mientras se implementen sistemas de control higiénico periódico la utilización de este tipo de químicos es innecesario lo cual se evidencia en la calidad del producto final.

Debido a que el sistema no depende de la tierra el sistema se adapta a espacios inutilizados tradicionalmente, como tejados de edificios o incluso en sus interiores, lo cual implica un aumento en la producción sin límites pues ya no se depende del campo para cultivar.

¿Qué se puede hacer con la hidroponía?

La hidroponía se divide en cinco tipos de sistemas diferentes, aunque mantienen sus principios en la aplicación de nutrientes externos al suelo y el remplazo del mismo para plantar las cosechas, se realizan variaciones que se adaptan mejor dependiendo de las condiciones fisiológicas de las plantas.

Aunque hay constantes que siempre deben mantenerse, como es que el sistema reciba mínimo 6 horas de alimentación de luz ya sea solar o artificial, si en el lugar establecido las lluvias son muy frecuentes el sistema debe techarse o cubrirse de alguna manera, no debe exponerse a fuertes vientos.

Sistemas hidropónicos

Dentro de los sistemas hidropónicos que se encontraron están:

Sistema de Sustrato Solido

Este sistema es uno de los más populares, según Marulanda (2003) en el documento la “La Huerta Hidropónica Popular”, debido a su fácil mantenimiento comparado con las otras técnicas y debido a que en él se pueden cultivar treinta tipos de hortalizas diferentes o más y plantas de mediano tamaño pero de rápido crecimiento.

Este sistema se adapta tanto para sembrar directamente en el suelo o para trasplantar plántulas que ya hayan brotado lo cual no lo permiten los otros sistemas o técnicas a menos que se adapten para utilizar algún sustrato sólido, lo cual sería un poco engorroso a excepción del sistema de temperatura del aire estática.

Este sistema cuenta con un contenedor inclinado, pendiente dada por la disminución de la altura equivalente al 5% de la longitud total del contenedor, este debe forrarse en algún plástico que lo impermeabilice, plástico que a su vez tenga una boquilla para su desagüe, este debe llenarse con algún sustrato sólido ya sea orgánico o inorgánico, que previamente haya sido esterilizado, para evitar la creación de plagas, después de esto se hace el trasplante. Aunque este es un sistema muy sencillo y similar al de la huerta tradicional, su mantenimiento es mucho más fácil, pues solo se debe remover un poco el sustrato para que el oxígeno corra bien en él y las raíces puedan absorberlo, por otra parte el riego debe hacerse dos veces al día ya sea manualmente o por algún sistema de riego por aspersión.

Sistema de raíz flotante

Este sistema es ideal para el cultivo de lechuga, espinaca y plantas aromáticas como la albahaca y apio, las cuales en casos como el de la producción de orégano en Argentina han sido exitosas para su comercialización (Berzins, María Laura & Romagnoli, Sergio, s. f.).

Este sistema, de acuerdo a la exploración e investigación realizada previamente, incurre en menores costos pues requiere menos procesos, y el uso de energía externa para su correcto funcionamiento. Su principal característica es la implementación de un contenedor con agua enriquecida con nutrientes, que es oxigenada mediante una manguera que bombea aire en su interior, al igual que en una pecera, se puede oxigenar el agua por agitación de la misma, sobre esta reposa una lámina de poliuretano o de poliestireno expandido (conocido como icopor) con perforaciones alineadas con una distancia de separación regular, la cual depende del tipo de cultivo a realizar, y en las cuales se posicionan cada una de las plantas.

Para la correcta alimentación de las plantas el compuesto líquido debe ser cambiado semanalmente aunque no es necesario que sea cambiado en su totalidad. Este es uno de los sistemas propensos a la creación de algas, debido a la filtración de la luz solar entre las láminas que sostienen las plantas, por eso las láminas que soportan a las plantas también deben ser limpiadas cuando se cambie el agua del sistema, lo cual es un punto negativo para este tipo de cultivo, al igual que la cantidad de agua consumida por el sistema.

Entre sus ventajas está que el sistema solo necesita mantenimiento una vez semanalmente.

Técnica de película de nutrientes o NFT (Nutrient Film Technique)

Según Marulanda (2003) en su curso audiovisual “La Huerta Hidropónica Popular” respaldado por la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) en este tipo de sistema se mantiene permanentemente la planta en contacto con la solución de nutrientes en un fluido constante que viaja al interior de una tubería sobre la cual reposan las plantas, a una altura de 3 a 5 milímetros, esta solución es bombeada lo cual implica un consumo de energía eléctrica, pero la cantidad de solución que corre constantemente no es muy alta. Para que lo anterior funcione este sistema requiere la aplicación unos contenedores y un sistema de tuberías cerrado.

Una desventaja de este sistema es que se debe cuidar la temperatura del mismo, para que esta no sea elevada, pues esto modificaría los niveles de oxígeno de la solución nutritiva. Regularmente se contrarresta este efecto invernadero pintando

la tubería con colores claros, aparte también se requiere especial cuidado con la salinidad y el pH de la solución, pues de no tener un pH neutro o en caso de no tener la cantidad de nutrientes suficientes para las plantas estas dejarían de alimentarse, ocasionando la pérdida del cultivo.

Este sistema es ideal para cultivos que tengan un ciclo de crecimiento prolongado y requieren de constante consumo de nutrientes como lo son el tomate, el melón o la sandía, debido a que constantemente los frutos están en constante contacto con la solución nutritiva el ciclo de producción se reduce provocando un mayor número de cosechas al año. (Instituto De Nutrición De Centro América Y Panamá (Incap) Centro Regional De La Organización Panamericana De La Salud (Ops/Oms) Centro De Aprendizaje E Intercambio Del Saber En Seguridad Alimentaria Y Nutricional Del Incap (Cais/Incap), 2006).

Técnica de flujo profundo o DFT (Deep Flow Technique)

Este tipo de sistemas es una mezcla de las dos técnicas anteriores, pues se crea una cosecha de iguales condiciones a la de la raíz flotante, pero se utiliza la técnica de película de nutrientes en el hecho de bombear solución de nutrientes al recipiente, lo cual hace que ya no se requiera oxigenar el agua, pues en el proceso este fenómeno se da, y tampoco requiere cambiar el agua semanalmente, pero si requiere tener los mismo cuidados preventivos para la formación de algas por la luz solar que se filtra.

Esto infiere una mejora en la automatización de los procesos de control, pero aunque implica un poco menos de cuidados aumenta sus costos por la implementación de la bomba de agua para el sistema.

Sistema estático (Static Aerated Technique (sat))

Este sistema es especial para cultivos de ciclo corto, pues la aplicación de la solución nutritiva solamente se hace al inicio del cultivo y debe durar hasta que el fruto esté listo para su cosecha, pues se calcula que la cantidad de solución suministrada es la equivalente para su consumo durante el crecimiento de la planta, teniendo en cuenta que el líquido también será absorbido por la planta cuando la temperatura interna del recipiente genere que se convierta en vapor provocando una cámara de aire (Medina, 2011), esto le otorga al sistema su mayor beneficio pues el agricultor no debe preocuparse de nuevo por el sistema hasta el periodo de recolección.

El otro aspecto que el sistema toma en cuenta es el no requerimiento de energía, al eliminar el bombeo y obviar la aireación ya sea mecánica o por agregado de oxígeno externo. La aireación del sistema está basada en el ancho del contenedor y de la cámara de aire que va quedando al consumirse la solución nutritiva.

El problema de la aparición de algas en este sistema queda obviado, ya que la plancha de poliuretano donde se soportan las plantas queda montada en los bordes del contenedor, evitando la entrada de luz y la consiguiente formación de algas. En su forma original toma del sistema DFT, la alternativa de ser realizado directamente sobre suelo.

Aeroponía (Root Mist Technique)

Este tipo de cultivo hidropónico utiliza un aspersor que humedece constantemente las raíces de las plantas con un riego muy fino mientras las plantas se encuentran suspendidas en la superficie superior de un recipiente y las raíces están en el interior, esta técnica es utilizada para extraer fotoquímicos de las raíces pero su uso no es comercial es más bien utilizada para fines científicos.

De acuerdo con lo visto anteriormente se realizó una tabla comparativa (Ver Anexo C)

Basado en la información recopilada se concluyó que para el pequeño agricultor en el Valle del Cauca los sistemas de raíz flotante, película de nutrientes NFT y de flujo profundo DFT no son los más adecuados para el desarrollo de sus cosechas, pues implican costos más elevados, implementación de herramientas de bombeo o aireación y son poco versátiles para desarrollar cualquier tipo de cultivo, a diferencia del cultivo de sustrato sólido que es mucho más versátil pero que presenta un número de procedimientos más elaborados que el sistema estático SAT.

Por lo tanto se pretende instalar el sistema estático SAT buscando su implementación en todos los cultivos que en otros sistemas se puede desarrollar, debido a que este posee unas bases de sustrato sólido para que las raíces tengan un soporte, pero también cuenta con un abastecimiento constante de solución salina que evita procedimientos de llenado, debido a que este se consume a lo largo de toda la cosecha y por la ausencia de contacto de la luz solar con el agua se evita la generación de organismos en el sustrato.

Sustratos

El sustrato es cualquier material que permita el fluido de la solución de nutrientes y el óptimo agarre y respiración de las raíces para su crecimiento, teniendo en cuenta que este no se dilate o expanda debido al calor al punto de poder romperlas o que no desprendan ningún residuo que pueda hacer daño a la planta, al pH de la solución o a la conductividad eléctrica de la misma, aunque no existe ningún sustrato que sea totalmente estéril debe tenerse en cuenta que este no albergue

previamente o tienda a producir con facilidad microorganismos que puedan causar enfermedades, maleza, hongos, entre otros a las plantas; por otra parte su tiempo de descomposición debe ser lo más largo posible para evitar elevar los costos de mantenimiento.

Un punto importante para la selección del sustrato es que este debe ser químicamente inerte pues ante la exposición de la solución nutritiva pueden producirse compuestos denominados insolubles (que no se disuelven) que pueden obstaculizar el fluido de la raíz, los nutrientes o el mismo oxígeno. El mejor sustrato, es el que se adapte de mejor manera a las condiciones del cultivo, dependiendo de su reacción a factores externos como la humedad que retenga, o la facilidad que presente para el tipo de riego que se le va a realizar.

El uso de un sustrato sólido o de un medio líquido está relacionado principalmente por el agarre que necesita el cultivo para su crecimiento, en casos donde la planta alcanza una altura superior a los 30 centímetros es necesario otorgarle al tallo un medio en el cual se aferren sus raíces como acontece en el sistema de sustrato sólido y el sistema estático.

Dentro de las recomendaciones que se deben tener en cuenta para el uso de un sustrato, es que este permita que la planta se oxigene, por eso en medios acuáticos esta debe ser oxigenada constantemente, y en sustratos sólidos debe procurar que las partículas que componen el sustrato no tengan un tamaño inferior a los 0,5 milímetros ni superior a los 7 milímetros para que el oxígeno llegue hasta la planta y la solución de nutrientes siga su recorrido con facilidad sin estancarse, en la mayoría de escritos se entiende que cuando se implementen cultivos orgánicos estos deben ser totalmente inertes y haber sido desinfectado previamente hasta quedar estéril pues de no ser así microorganismos se crearían en él y la germinación de plagas tendría que ser contrarrestada con el uso de espermicidas y otros agroquímicos.

Para este proyecto se entiende que el uso del sustrato sólido cumple un papel relevante pero será utilizado en pequeñas proporciones pues su transporte debe tener en cuenta su peso por metros cuadrados a cultivar, que en el caso de que ocupe las 5 hectáreas, sus pesos serían elevados, por otra parte se buscará implementar un sustrato de bajo costo y que no dependa ningún componente que pueda modificar la pureza del producto final.

Entre los sustratos sólidos más usados encontramos la cascarilla de arroz y el aserrín o viruta desmenuzada de maderas amarillas, los cuales deben mezclarse con sustratos de mayor tamaño para evitar el bajo flujo de la solución en el sustrato y la falta de oxigenación de la raíz. Entre los compuestos más comunes con los que se mezclan los componentes del sustrato, encontramos la arena de río, el carbón vegetal, fibra de coco o la cubierta de nuez de macadamia.

Aunque estos sustratos pueden tener una buena duración y su mantenimiento y su limpieza solo se hacen una vez al año, no son los más recomendados para la producción a gran escala pues la durabilidad de los sustratos inorgánicos es mucho mayor, y su tendencia a albergar microorganismos es mucho menor, por ejemplo en casos como el de la fibra de coco la conductividad eléctrica se ve afectada si no se limpia y esteriliza bien pues este tiene sales que se desprenden durante el proceso, y eso afecta la asimilación de nutrientes por parte de la planta.

Dentro de los sustratos inorgánicos que se pueden implementar y que para el proyecto se consideran viables debido a su fácil obtención en el Valle están arenas de ríos, revisando que su grado de salinidad sea bajo, también grava fina, piedra “quintilla”, arenón, poliestireno expandido (icopor) estos debido a su bajo costo en la zona, su fácil obtención y en las proporciones que se pretenden implementar representan un peso liviano para su transporte hasta los cultivos, también se contempló la posibilidad de usar piedra pómez pero este fue descartado debido a que la desinfección de este sustrato no es posible con cloro pues es muy poroso y conserva residuos.

Mezclas de sustratos

Cada uno de los sustratos mencionados pueden utilizarse por sí solos, pero al realizar mezclas con otros componentes se pueden mejorar sus propiedades físicas, aliviando a la vez el impacto químico y biológico que en determinadas cantidades, producen. En el documento “*La huerta hidropónica popular*” (2003) se encontró que ya se han realizado pruebas con éxito en más de 30 especies de plantas con las siguientes proporciones:

- 50% de cáscara de arroz con 50% de escoria de carbón
- 80% de cáscara de arroz con 20% de aserrín
- 60% de cáscara de arroz con 40% de arena de río
- 60% de cáscara de arroz con 40% de escoria volcánica.

Para el desarrollo de este proyecto se realizarán pruebas para implementar la mezcla de cáscara de arroz con escoria de carbón manteniendo su proporción pero remplazando la escoria de carbón por piedra “quintilla” y arenón revisando las condiciones del pH que recauden, la cantidad de sustrato que se estanca y el grado de salinidad que se provoca en un número determinado de riegos.

Desinfección del sustrato

El sustrato puede tener microorganismos que resultarían dañinos para el cultivo, debido a esto se requiere limpiar y desinfectar el material donde serán ubicadas

las semillas o se realizará el trasplante de las plántulas a los contenedores. Al lavar se eliminan contaminantes que podrían llegar a ensuciar el medio de cultivo como tierra u otros elementos que impidan la correcta circulación de la solución para que la raíz se alimente y también respire.

Dado el alto costo de este proceso, solamente se realiza cada cuatro ciclos de cultivo o cada año, sin embargo lo ideal es hacerlo antes de iniciar una nueva siembra pero no se requiere la remoción del sustrato, se puede realizar dentro de los mismos contenedores. La desinfección del sustrato se puede realizar por medio de procesos físicos o químicos, por ejemplo exponerlo a elevadas temperaturas por encima de los 80 grados Celsius, pero para el proyecto se utilizará una limpieza química que consta en la aplicación de cloro para uso doméstico en el sustrato durante 30 minutos, después de esto se vierten varias cargas de agua para limpiar el cloro, después se deja al aire libre durante 2 días para realizar una nueva siembra.

¿Qué cultivos pueden implementar este sistema?

Existen varias especies que pueden ser cultivadas con esta técnica; Se deben considerar factores como: adaptación de la planta a las condiciones ambientales dadas, cultivos de ciclo corto o anual y que sean muy utilizadas a diario. Si el cultivo se realiza con fines lucrativos, se debe tomar en cuenta también aquellas especies que brindan mayores ingresos económicos.

Entre las hortalizas que son fácilmente aprovechables mediante la hidroponía y se pueden cultivar en el Valle del Cauca, están las siguientes: tomate, chile, berenjena, papa, cebolla, ajo, cebollín, puerro, nabo, repollo, coliflor, brócoli, berro, pepino, ayote, melón, sandía, culantro, apio, perejil y zanahoria y lechuga.

Otra clasificación que se incluirá como marco de referencia es la temperatura promedio que está ligada a la altura sobre el nivel del mar, clima cálido es considerado en alturas inferiores a los 1.000 msnm (Metros Sobre el Nivel del Mar) y su temperatura es superior a los 24 °C. El clima templado o intermedio está entre los 1.000 y 2.000 msnm con temperaturas desde los 17 °C. Hasta los 24 g°C., y el clima frío que está sobre los 2.000 msnm y en Colombia en promedio llega a los 3.000 msnm temperaturas que van de los 12 °C.

Para los cuales la distribución se encuentra de esta manera:

En climas fríos se pueden realizar cosechas de repollo, arveja, cebolla, frutilla o fresa, y plantas aromáticas y ornamentales; en climas intermedios se puede cultivar habichuela, poroto verde, acelga, tomate, cilantro, pepino, remolacha entre otras; y en climas o temperaturas cálidas ají, albahaca, ahuyamas o zapallos, melones, pepinos, pimentones, sandías, tomates principalmente, todo esto según La Huerta Hidropónica Popular, (Marulanda & Izquierdo, 2003).

Aplicación solución Nutritiva

Aunque esto varía según el sistema implementado para los sistemas de sustrato sólido y de aeroponía la solución nutritiva debe ser aplicada dos veces al día, una en la mañana justo antes de amanecer y la otra al medio día. Esta aplicación se realiza directamente sobre la raíz pues en otros lugares como hojas o tallo, no es absorbida de igual forma por la planta y la cantidad a verter esta alrededor de 2 y 5 litros de solución nutritiva por metro cuadrado diarios (Marulanda & Izquierdo, 2003).

Esto puede cambiar de acuerdo a la temperatura o estación climática por la cual se esté atravesando pues en épocas de sequía o calor debe realizarse un riego de agua sin nutrientes por una o dos veces por semana con el fin de humedecer el sustrato y limpiar un poco la salinidad acumulada en el mismo, pero cuando las temperaturas son bajas la cantidad de riego debe disminuir pues la humedad relativa es mayor.

Control del Medio Ambiente

¿Cuáles son las necesidades de control?

En los sistemas de cultivo tradicionales, el medio ambiente proporciona, en mayor o menor medida, todos los elementos para el crecimiento de las plantas, pero al ser procesos naturales, intervienen factores que pueden impedir el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles en el medio, queda esto en evidencia al observar la "tabla 2", donde vemos una brecha entre los promedios departamental de rendimientos para frutales y los promedios de cultivos de centros de investigación, donde se controlan las variables naturales que puedan afectar en el desarrollo de la planta.

Partiendo del uso de un sistema de cultivo avanzado como la Hidroponía, ya sean en sustrato sólido o estático, donde se están controlando el medio (sustrato) donde crece la planta, para garantizar que esta reciba solo los elementos que realmente necesita, se debe crear también, el entorno ideal, con unas condiciones controladas para el desarrollo específico de la planta y así, esta pueda aprovechar al máximo los recursos que se dispondrán en el medio, garantizando entonces, una óptima calidad en su proceso de crecimiento y al fin, lograr los máximos rendimientos.

Para esto se deben tener en cuenta cinco variables naturales, cada una de ellas, medibles y controlables, bajo un sistema que apoyado por la hidroponía que creará un microclima óptimo para el desarrollo de la planta, estas variables son:

Temperatura

Se requiere una temperatura estable en el sustrato para el correcto desarrollo de los procesos naturales como la fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividades enzimáticas, pues según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (2002), es un factor que afecta directamente estos procesos. Se hace necesario entonces el establecimiento de un nivel óptimo de temperatura, que está dictaminado por el tipo de cultivo desarrollado y sus condiciones de crecimiento (altura sobre el nivel del mar).

Salinidad

La salinidad es un fenómeno que se presenta en un suelo o sustrato, cuando se efectúan riegos con alta carga de sales minerales y estas, se evaporan de manera parcial, quedando parte de las sales en el sustrato. Al repetirse este proceso varias veces, genera una descompensación en la carga de sales, generando una obstaculización en el correcto proceso de crecimiento de las plantas que se encuentra allí alojadas, dependiendo de su alta o baja tolerancia a medios salínicos.

La Salinidad de un sustrato se puede medir a través del pH en conjunto con la medida de conductividad expresada en dS/m, donde un valor de pH menor a 8.5 sumado a un valor mayor a 2 dS/m, determinara la salinidad de un medio.

Para realizar un control sobre la salinidad de un sustrato se requiere de un riego diario de agua sin nutrientes para que el proceso natural de evaporación elimine los residuos de sales minerales.

Humedad

En los sistemas de cultivo hidropónico el agua es el principal medio de transporte para la llegada de los nutrientes a la planta y ahí radica la importancia de la humedad en el sustrato sólido, pues se debe garantizar un medio húmedo para el tránsito de los elementos hacia las plantas, por eso el control de humedad entre los intervalos de los riegos nutritivos, aplicando riegos de agua para suministrar la humedad que se pierde por los procesos de evaporación.

Medio Nutritivo

En un sustrato controlado, ya sea inerte u orgánico, como se utiliza en la hidroponía se requiere de proveer a la planta de los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo, donde los principales elementos presentes y que consumen

diariamente las plantas son el nitrógeno, potasio y fósforo, seguidos de elementos como calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, manganeso, entre otros.

Al preparar las soluciones nutritivas para el riego del sustrato, se hace el control del medio nutritivo, pues, a través de un análisis de agua se deben evaluar parámetros como: la CE (Conductividad Eléctrica), el pH, los niveles del calcio, magnesio

Periodo de Crecimiento

Para obtener la mayor calidad en cuanto a la planta, se debe tener en cuenta durante el proceso de crecimiento de la misma, las podas de formación, proceso que permite la estructuración de un ramaje sólido que sostenga los frutos cuando estos crezcan, además de distribuir, por medio de la ubicación de las ramas, la cantidad de luz y aire que le entra a la planta.

Este proceso se realiza en varias etapas dependiendo del tipo de planta y de la tiempo de desarrollo que la misma requiera. Por ello, el control en las etapas de crecimiento permite el mejoramiento de la formación de la planta, aportando a la selección y crecimiento de los mejores frutos, permitiendo una repartición efectiva de los nutrientes dentro de la planta que permitirán el óptimo desarrollo de los frutos.

Mediante el control del tiempo desde la germinación hasta su cosecha, y con la información específica de cada especie en sus guías tecnificadas de cultivo, es posible el control de las etapas de crecimiento, aportando a la distribución efectiva de los nutrientes.

Estado de Arte

GROBOT Evolution

El GROBOT Evolution es un producto diseñado para monitorear un cuarto de cultivo, este controla la película de nutrientes revisando su estado y adicionando los nutrientes necesarios para su óptimo desempeño. El EVO cuenta con sensores incorporados, bombas de inyección e interruptores para conectar y controlar todos los elementos del espacio de cultivo, por ejemplo las luces de CO₂ inalámbricas. Se puede establecer el calendario de cultivo y revisar su estado a través de un dispositivo móvil.



Ilustración 1. Producto Grobot, controlador de nutrientes. Fuente: PurGro Electronics. (2014)

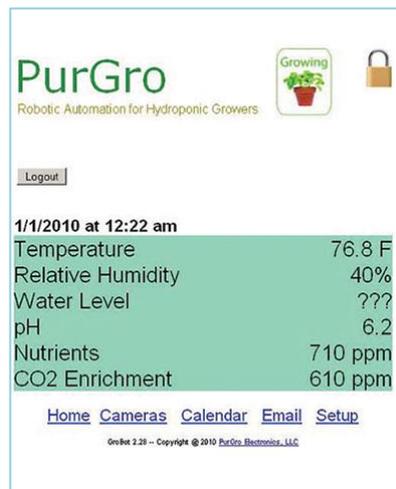


Ilustración 2. Interfaz móvil, vista. Fuente: PurGro Electronics. (2014)

El GROBOT, mezcla e inyecta los nutrientes necesarios a la solución, tiene su propio servidor Web interno y WiFi hotspot para una fácil configuración, cuenta con contenedores de dosificación litro removibles y utiliza una interfaz WiFi para conectarse con el celular, además cuenta con cámaras web para su monitoreo y ocho alarmas, y en el momento de una eventualidad te envía un mensaje notificándote del problema.

Su costo en el mercado es de \$2.990 US y posee sensores de temperatura del aire, humedad relativa, concentración de CO₂, sensor de pH, Revisión de sólidos disueltos totales (PPM), y niveles de agua; Además cuenta con una batería de respaldo en caso de una interrupción eléctrica.

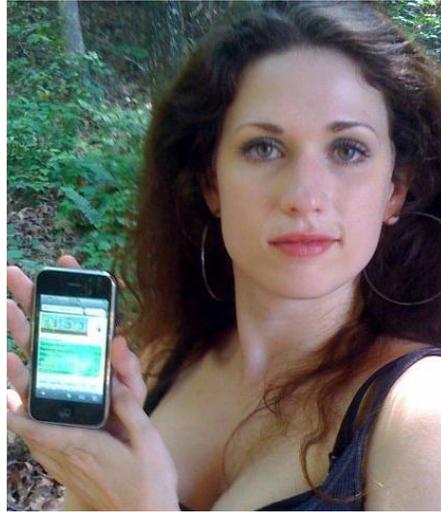


Ilustración 3. Vista del sistema notificando en el exterior. Fuente: PurGro Electronics. (2014)



Ilustración 4. Vista del sistema. Fuente: PurGro Electronics. (2014)

Se aprecia como positivo de este proyecto la conectividad que ofrece con los Smartphone, y la posibilidad que tiene el GROBOT de tomar decisiones por sí solo. Y como parte negativa, se encuentra que el GROBOT no desarrolla a profundidad el sistema en el que reposan las plantas por lo tanto el sistema no es compacto y depende de elementos ajenos a él, lo que hace que la implementación de este sistema pueda ser engorrosa.

HYDRA

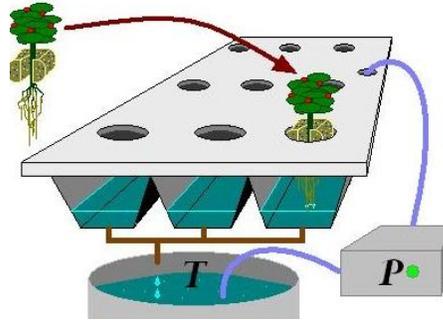


Ilustración 5. Sistema de Cultivo Hidropónico HYDRA. Fuente: Magazine Electrónicos Online (2013)

Hydra es un proyecto que utiliza la hidroponía dentro de un sistema automatizado, para cultivar plantas en soluciones minerales en vez del suelo convencional, el sistema incorpora diferentes sensores para la medición de factores que intervienen en el desarrollo de las plantas como pH, temperatura, crecimiento del cultivo interviniendo, en caso de ser necesario para evitar que se obstaculice su crecimiento.

Según el Magazine Electrónicos Online (2013), este proyecto (prototipo) pretende ser comercializado como mecanismo de cultivo casero, busca ser económico para los hogares e incentivar la siembra de algunos alimentos desde el hogar y ha sido apoyado por el gobierno Mexicano.

Freepot

Freepot es un producto desarrollado por la empresa AgroFree que integra una solución para el cultivo orgánico de hierbas y especies, el producto incluye semillas, nutrientes y recarga de revitalizador.

El producto es pequeño y posee sensores los cuales avisan en qué momento la planta necesita de más luz, agua o de nutrientes, es un producto estético e ideal para la cocina.



Ilustración 6. Sistema de cultivo orgánico de hortalizas. Fuente: AgroFree (2013)

SMART URBAN FARMS

Es una marca que permite crear espacios urbanos inteligentes dirigidos a la producción de alimentos en las ciudades, aprovechando los espacios de la mejor manera para la producción de alimentos en invernaderos. Estos espacios pueden ser muy diversos en su forma y tamaño.

Están diseñados con un mismo propósito: garantizar la productividad, el buen uso de los recursos naturales, aprovechamiento del espacio por medio de las columnas verticales, reduce la contaminación ambiental creando hábitos saludables.



Ilustración 7. Cultivo hidropónico urbano. Fuente: Smart Urban Farms Inc. (2013)

INTA: Costa Rica



Ilustración 8. Integración comunitaria para la transferencia de tecnología. Fuente: INTA Costa Rica (2013)

El proyecto busca contribuir al crecimiento económico y seguridad alimentaria de la población, mediante la transferencia de tecnología comunitaria, promoviendo nuevas tecnologías amigables con el ambiente e integrando a los agricultores como agentes de cambio.

Algunos resultados:

- Doblar la productividad de la agricultura orgánica tradicional, ayudando con el empleo del país.
- Al ser los ciclos cortos, no da tiempo a la formación de plagas y enfermedades, tanto como en las plantas de ciclos más largos, reduciendo a la vez el uso de insecticidas.

RESULTADOS

Metodología Aplicada

Para la realización del trabajo de campo se implementó un proceso de recolección de datos de carácter cualitativo, con la finalidad de determinar las condiciones en las que los pequeños agricultores llevan a cabo sus cultivos, conociendo los procesos realizados, sus costos, beneficios y las limitaciones de los mismos. De igual forma se obtuvo una muestra fotográfica del estilo de cultivo actualmente implementado por los pequeños agricultores donde se realizó un análisis por medio de un proceso de observación, para determinar fisonomías del sistema y el desgaste potencial para los cultivadores.

Junto al análisis mencionado previamente se realizaron entrevistas a expertos en agricultura de la Universidad Nacional, quienes otorgaron importante información sobre el desarrollo realizado por ellos dentro y fuera de las instalaciones de la universidad en cultivos tradicionales, hidropónicos y en la exploración de los nutrientes que asimilan y necesitan las plantas, entre otros aspectos relevantes para el correcto análisis de la temática.

Se realizaron entrevistas a los agricultores de tipo cualitativo, donde se formularon preguntas que resolvieran las inquietudes acerca de las condiciones en que se realiza un cultivo de frutas y hortalizas, de manera tradicional. Teniendo en cuenta costos y cantidad de procesos realizados, para tener un referente de las necesidades y dificultades que presenta el proceso actualmente. Además se recopilaron fotografías de cultivos actuales, para analizar la distribución del espacio y cómo estos afectan las actividades desarrolladas.

Con los expertos de la Universidad Nacional se exploraron las alternativas que el Plan Nacional Frutícola y el Plan Nacional de Fomento Hortofrutícola (PFN y PNFH, 2006) determinan para potencializar el mercado. Al entrevistar a diferentes profesores e investigadores, se entendieron sus puntos de vista frente a la relación de los frutos y hortalizas promovidos por el gobierno y las posibilidades que les brindan a los pequeños agricultores, desde su necesidad de obtener mejores cultivos que le brinden mayores rendimientos y mayor competitividad en el mercado. También se les interrogó acerca del impacto de cultivos hidropónicos en las cadenas hortofrutícolas y como este sistema de cultivo refuerza esta iniciativa teniendo en cuenta la pureza orgánica de lo producido y otros factores que pueden hacer más competitivo al pequeño agricultor en el mercado.

Por otra parte se entrevistaron trabajadores de los cultivos en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), siendo este un centro de investigación colaborativa para mejorar la productividad agrícola y recursos naturales en países tropicales en vía de desarrollo como Kenia, Vietnam y Nicaragua entre otros,

ayuda a la implementación de procesos para producción a gran escala en sus cultivos, lo cual se considera pertinente para el entendimiento de estos procesos, manejo de fechas, terrenos, tecnologías implementadas y agroquímicos utilizados. Aunque esta organización se encarga de producir a nivel industrial cultivos de yuca, frijoles y arroz se realizó una salida de campo para explorar los procesos realizados en el campo de arroz, que tiene una etapa importante en su proceso donde solo se utiliza agua para el crecimiento de sus semillas.

Trabajo de Campo

Dentro del contexto departamental, la hidroponía no ha tenido un papel relevante dentro de la agricultura, pues su aprovechamiento se ha visto limitado a ciertas especies de hortalizas de bajo tamaño, como los distintos tipos de lechugas dejando de lado la versatilidad de implementación a diferentes tipos de cultivo.

De acuerdo al Vicerrector de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Palmira, Eider Gómez, el desconocimiento sobre los procesos en cultivos hidropónicos, la falta de capacitación a los agricultores sobre estos procedimientos, incorrectas implementaciones que producen bajos rendimientos y pérdidas de cosechas sumado a la disponibilidad de tierra fértil y aprovechable en el Valle del Cauca, ha llevado hacia el desinterés en este sistema de cultivo. Se Genera entonces, un desaprovechamiento de un sistema de cultivo, que gracias a sus características potenciaría el espacio con que cuentan los agricultores, buscando el aprovechamiento máximo de los recursos disponibles.

Para el Vicerrector, es importante garantizar al agricultor el conocimiento para el correcto cuidado en un cultivo hidropónico, pues es vital en su implementación, el aseguramiento de los procesos para garantizar el desarrollo de las plantas y así mismo sus frutos. Así como también resalta la necesidad de darle al agricultor las herramientas necesarias para el desarrollo de los nuevos procesos que tendrá que realizar, al implementar un sistema de cultivo diferente al que la persona está acostumbrada a realizar.

Es por esto, que al permitir que el sistema pueda garantizar la medición y el control inteligente de las variables naturales que afectan al cultivo hidropónico, se puede reducir y facilitar, el tiempo de aprendizaje y el entendimiento de los nuevos procedimientos que debe seguir el agricultor en un nuevo sistema. De esta forma se puede evitar que por falta de conocimiento el agricultor deje de percibir las mejoras que se ofrecen al cambiar el sistema de cultivo tradicional hacia uno nuevo donde se intervienen las condiciones de siembra naturales.

El Vicerrector también recalca la importancia de los cultivos hortofrutícolas en los programas de seguridad alimentaria para pequeños agricultores, donde el aporte de alimentos de alto valor nutricional, que a la vez brindan ingresos se convierte en la base para el mejoramiento de la calidad de vida de los mismos. Por ello desde el sistema se debe garantizar la calidad del fruto cosechado, y al ser este

para el consumo del mismo productor, se genera en él, la necesidad de cumplimiento de los procesos que garanticen la calidad de la cosecha.

Al ser parte del Plan Frutícola Nacional, el Vicerrector, aclara que de las 13 especies de plantas agendadas para su cultivo en el Valle del Cauca, dos cumplen con los requerimientos fisiológicos y morfológicos que se requieren en un sistema hidropónico, pues el resto de frutales son arbóreas de gran tamaño. Las plantas de fresa y melón, al ser arbusto de bajo tamaño, tallos flexibles y poco peso, facilitan su implementación en cultivos hidropónicos, aumentando de esta forma su calidad y rendimiento con respecto a su forma de cultivo actual. Se genera además, una facilidad para la implementación de procesos orgánicos que aseguren productos totalmente naturales. Finalmente al estar enmarcados estos cultivos (fresa y melón), dentro del Plan Frutícola Nacional para el Valle del Cauca, se garantizará entonces que cumplirán su función alimentaria para la población rural, aparte de brindarle ganancias a sus productores.

También especifica que se debe tener en cuenta la cantidad de espacio para la implementación del cultivo, pues explica que la definición de la cantidad de terreno que posee un pequeño agricultor por parte de las Naciones Unidas, que es de 0 a 5 hectáreas (PNUD, 2012), llega a ser en efecto, muy amplia para fines prácticos. Ya que el promedio de terreno que poseen los pequeños productores en el Valle del Cauca es de 0,6 hectáreas y al tratar de abarcar la totalidad de este espacio, explica el Vicerrector Gómez, se puede llegar a soluciones industrializadas que dejen por fuera de sus posibilidades económicas a los productores que estén muy por debajo del límite máximo de 5 hectáreas.

Para definir entonces el espacio máximo que se deberá abarcar con el sistema se deberá utilizar la medida de Área Mínima Frutícola Rentable (AMFR), donde se determina la capacidad de un terreno sembrado con determinada fruta u hortaliza, de generar dos salarios mínimos legales vigentes, cubriendo entonces las necesidades de alimentación básicas dentro de la población rural y además, generando ganancias económicas, en un mercado menos saturado y más directo que el de los cultivos tradicionales. Para la fresa y el melón el AMFR, oscila entre 0,4 y 0,5 hectáreas (Tafur, 2006).

$$\frac{IT - CT}{cm} = I/ha$$

IT: Ingresos Totales.

CT: Costos Totales.

cm: Ciclo mensual del cultivo.

I/ha: Ingreso Mensual por Hectárea.

Ilustración 9. Fórmula para el cálculo del AMFR. Fuente: Plan Frutícola Nacional (2006).

Agricultura Hortícola

Dentro de las visitas a agricultores se encuentra un proceso de cultivo orgánico y enfocado a la producción para el autoconsumo y la distribución comunitaria. Las principales hortalizas utilizadas son zanahorias, pimentón, ají, frijoles, habichuelas y plantas como cilantro y cimarrón.

Los agricultores cada vez tienen más acceso a la información técnica sobre cultivos gracias a los programas de enseñanza para el mejoramiento del agro, los cuales son ofrecidos por el SENA en conjunto con entidades patrocinadoras. Se realizan las capacitaciones y el montaje necesario para la producción hortofrutícola en cada unidad productiva, en donde todos los materiales son donados y al final de cada programa se realizan mercados comunitarios, donde los agricultores tienen la oportunidad de ofrecer sus productos, de calidad orgánica, directamente a la comunidad.



Ilustración 10. Huerto hortícola, surco de cilantro. Obando, Valle. Fuente: Trabajo de Campo (2014).

Para la descripción del proceso para la implementación de un huerto hortícola, se divide en cuatro etapas según la agricultora Alicia Santibáñez, capacitada en cultivos hortícolas por el SENA. Estas etapas son preparación, siembra, crecimiento y cosecha.

Durante la preparación se organizan los encierros del huertos, aislándolo de animales de granja y de las condiciones climáticas mediante poli sombra, así se ejerce una barrera para que estas variables no afecten directamente a las plantas de la huerta, aparte se requiere de una preparación del suelo, nutriéndolo con fertilizantes naturales y realizando procesos de arado, donde se extraen piedras y se dejan las partículas finas de la tierra para una mejor absorción de los nutrientes del suelo por parte de las raíces. El procedimiento final es la aplicación al cultivo de un caldo sulfático, un desinfectante natural del suelo, que ayudará a evitar la formación de plagas en la huerta.

Para la siembra se debe tener en cuenta las profundidades de siembra de las semillas, estas no deben superar los 5 centímetros, para facilitar la germinación de las plántulas, también se debe tener en cuenta la distancia entre semillas de acuerdo a la plantas sembradas en el huerto, los surcos siempre deben ir ubicados a 30 centímetros de distancia entre ellos. Según la experiencia de la agricultora Santibáñez, el proceso de preparación reduce los tiempos de germinación y permite un mejor crecimiento de la planta, al facilitarle los procesos de nutrición a la hortaliza.

Durante el crecimiento el principal factor para el desarrollo de la planta serán los riegos, la calidad del agua será de vital importancia para el aprovechamiento de los nutrientes por parte de la planta, por ello se deben evitar las agua lluvias y aguas tratadas y optar por agua de las vertientes pues es menos propensa a la formación de microorganismos malignos para el cultivo y tampoco contiene químicos que puedan afectar el desarrollo del mismo.

Por último, para la cosecha los procedimientos se reducen pues al ser cultivos orgánicos solo se requiere de la limpieza de los productos para su puesta en venta o su preparación, obteniendo frutos de calidad, con un alto valor nutricional y con fácil salida al mercado ya sea, local o nacional.

En las entrevistas realizadas a la agricultora Alicia Santibáñez, que cuenta con una finca de 3 hectáreas donde se han destinado, aproximadamente 60 metros cuadrados para la producción hortofrutícola, se pudo determinar que los agricultores son conscientes de cómo el control de variables naturales pueden beneficiar considerablemente sus cultivos, pues al aprender a hacer productos orgánicos en pequeñas huertas hortícolas, controlando las plagas mediante desinfectantes naturales, aislando las plantas de agua lluvias mediante el uso de poli sombra, utilizando agua de vertientes naturales, y nutriendo el suelo utilizado con cuidados especiales, observan una mejora productiva y productos de mayor calidad, con un alto valor nutricional.



Ilustración 11. Capacitación para la implementación de cultivos hortícolas. Obando, Valle. Fuente: Trabajo de Campo (2014).

Es importante resaltar entonces cómo los agricultores tienen cierto grado de conocimiento de la medición de las variables que afectan a los cultivos, y al darle las herramientas para poder controlar de mejor manera dichas variables, podrán acceder a mejorar la productividad y calidad de sus cultivos, obteniendo la competitividad para mejorar sus ingresos, mediante su experiencia en los mercados comunitarios. Pues de esta forma, como pequeños agricultores, pueden vender directamente sus productos a los consumidores, obteniendo un mayor rentabilidad en comparación a procesos de venta a través de intermediarios.

DISCUSIÓN Y MARCO CONCEPTUAL

Hipótesis de diseño

Un sistema de cultivo basado en la hidroponía, incrementa el rendimiento de los cultivos hortofrutícolas, debido al aumento en la densidad de plantas/hectárea y el incremento que se produce en la calidad de la plantas. Además mediante la implementación de sistemas de monitoreo autónomos, se vigilarán las variables naturales que tienen que ver con la cantidad de nutrientes que la planta necesita, la cantidad de luz/día, el control de plagas y los procesos de podas para mejorar el crecimiento de la planta, garantizando el control sobre el proceso y la corrección en los niveles de cada una de las variables.

Promesa de Valor

Se ofrece a los agricultores una estandarización en la producción de frutas y hortalizas disminuyendo la mano de obra con respecto a los procesos de cultivo tradicionales, a la vez que se garantiza una mejor calidad de los frutos en cuanto a tamaño, gusto y pureza. Se permite además, una producción constante debido al control de las variables naturales y la implementación de sistemas hidropónicos, generando independencia de los limitantes de suelo, espacio y clima.

Determinantes

- Tipos de frutos que están dentro del plan hortofrutícola que pueden ser implementados en un sistema hidropónico.
- La inversión realizada por el agricultor en un cultivo pequeño tradicional para su creación y mantenimiento.
- La tecnología a la que los agricultores tienen acceso.
- Diferentes características geográficas del Valle del Cauca.

Requerimientos y Principios

Principios de diseño

- Facilitar el proceso de cultivo (siembra, crecimiento, cosecha) a través de la Hidroponía
- Permitir la medición y el control de las variables naturales.
- Permitir la siembra de cultivos hortofrutícolas descritos en el PFN (De acuerdo a sus características)
- Facilitar la recolección y presentación de la información del cultivo.
- Permitir la adaptación a la diversidad climática del Valle del Cauca.

Requerimientos de uso

- Considerar el grado de analfabetismo que algunos usuarios pueden tener e implementar una explicación gráfica detallada.
- Se debe tener en cuenta el componente eléctrico para su limpieza.

- Debe contar con las herramientas para la correcta aplicación de los insumos requeridos en la actividad agrícola (Fertilizantes, podas de crecimiento, plaguicida naturales y nutrientes).
- Debe disponer de displays de gran tamaño para ser identificados con facilidad.
- La visualización de la información de retorno debe notificar a reacción a realizar por parte del agricultor en cada uno de los casos.
- Debe contar con varios sistemas de notificaciones para el usuario, visuales y auditivas.

Requerimientos de función

- Debe permitir la implementación del sistema hidropónico estático (SAT).
- Debe permitir el control de temperatura, humedad, cantidad de nutrientes absorbidos, crecimiento de la planta
- Permitir la siembra de dos tipos de frutas: Fresa y melón.
- Permitir la siembra de cinco tipos de hortalizas: Pimentón, Cebolla, Habichuelas y frijoles.

Requerimientos estructurales

- Los materiales del sistema deben tener buena resistencia a la exposición en exteriores.
- Sus componentes deben ser inocuos.
- Sus uniones o ensambles deben evitar ser removibles para realizar reparaciones y limpiar sus componentes anualmente.
- Debe conservar de las lluvias los circuitos, cableado y circuitos de manera integrada.

Requerimientos técnico-productivos

- El sistema debe adaptarse a extensiones de terreno con diferentes pendientes.

- El sistema debe adaptarse a uno de sus sistemas tecnológicos actuales para su correcto monitoreo.
- Debe tener un control de chequeo de plagas para verificar la calidad de los alimentos para su comercialización, cumpliendo con la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 22000.
- El sistema debe cubrir por completo las etapas de siembra, trasplante y cosecha estableciendo procesos estandarizados para el agricultor, evitando una pérdida en la cantidad producida.
- Deben ser claras y precisas las cantidades de nutrientes y formas de aplicación para el agricultor.

Requerimientos económicos o de mercado

- Los frutos seleccionados para la producción deben limitarse a los que el Plan frutícola del Valle del Cauca promueve.
- El sistema debe permitir la adaptación a por lo menos tres variedades de cultivos regidos por el Plan frutícola del Valle del Cauca.
- Debe generar una utilidad igual o mayor a la que actualmente los agricultores de cultivos no tradicionales tienen acceso actualmente.
- Debe tener un ciclo de vida largo debido a lo prolongado que son los periodos de cosecha.
- Debe tener un instructivo que promocióne sus beneficios y facilidades para difundirlo en la comunidad.

Requerimientos Formales

- Se debe mantener una relación con la distribución física actual del espacio y la forma de ejecución física de las tareas para que la adaptación al sistema sea mejor.
- Debe tener la capacidad de funcionar sin generar desperdicio en caso de no querer llenar u contenedor determinado por completo.

Requerimientos de identificación

- El desarrollo del manual de instrucciones y displays en el sistema debe contar con alto contenido icónico debido a la inclusión de personas que no sepan leer.
- Se debe guardar una relación con lo actualmente existente para que sea accedido de forma intuitiva.

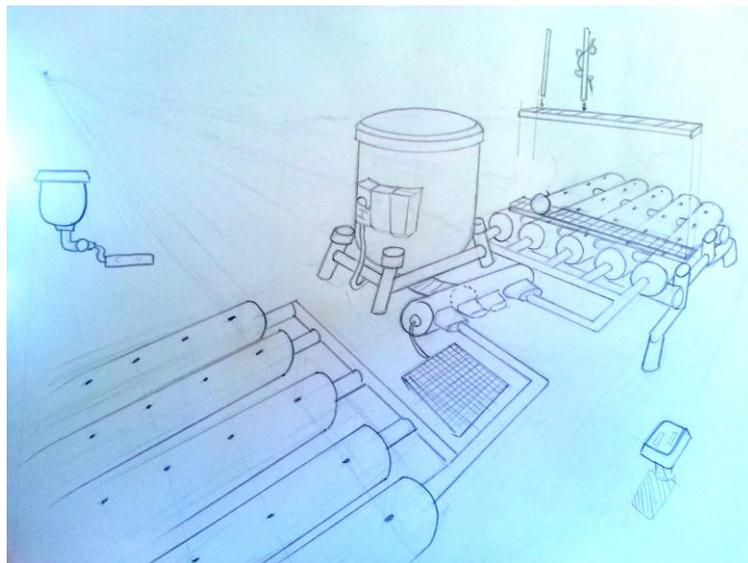
Requerimientos legales

- Se debe implementar la normatividad ICONTEC para el cuidado de los alimentos.

Concepto

Naturaleza mejorada. Sistematización inteligente de bajo costo, integrando un mayor nivel de producción y calidad.

Proceso de propuesta



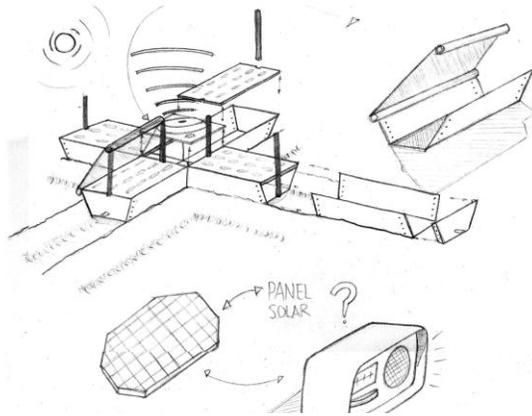


Ilustración 13. Proceso de la Propuesta. Elaboración Propia (2014)

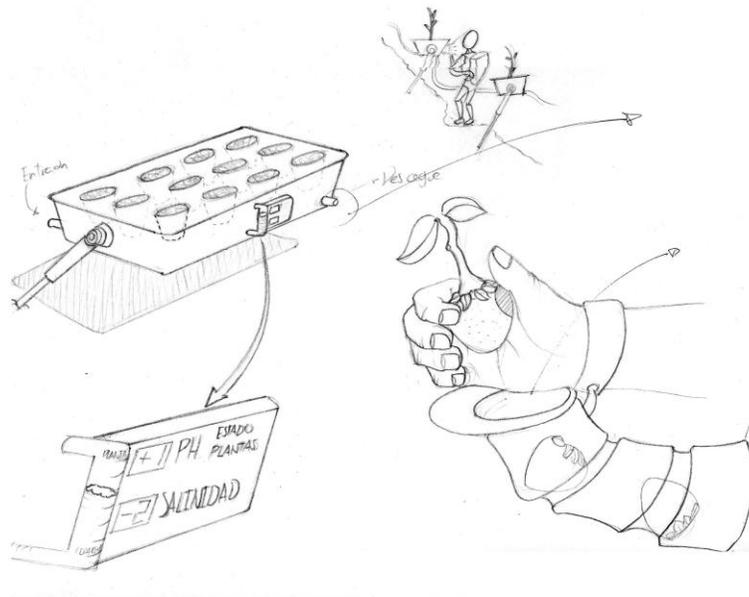


Ilustración 14. Desarrollo de la propuesta. Elaboración propia (2014)

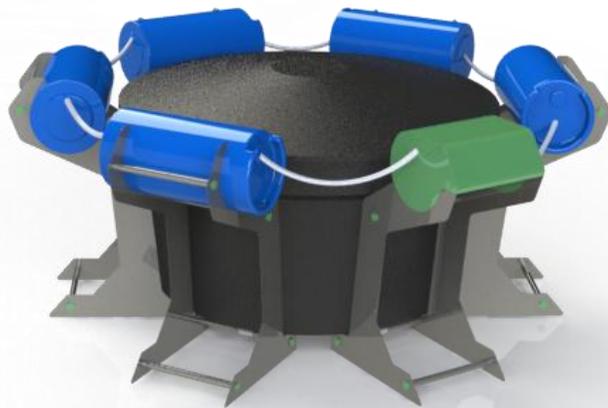
Propuesta

teru

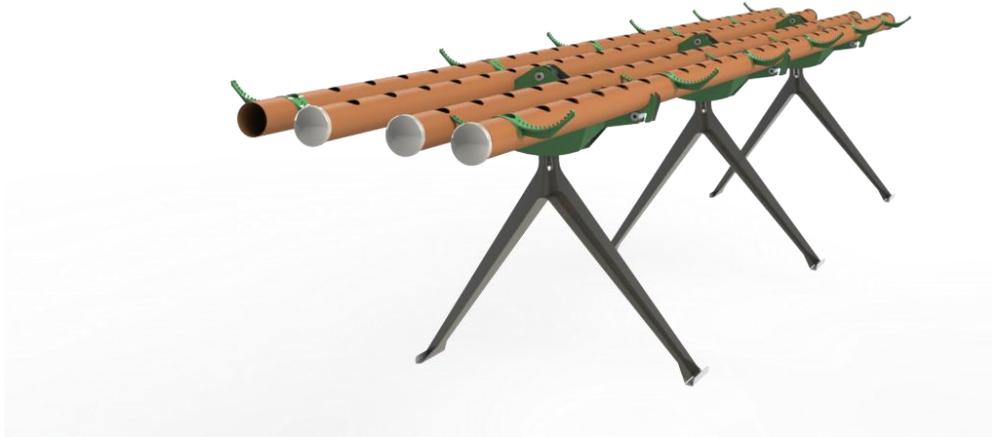


Unidad Controladora

Unidad encargada de la fabricación de las soluciones madre y la solución nutritiva, que va a alimentar el cultivo. Cuenta con un microprocesador para desarrollar los cálculos y las actividades de distribución de agua, pesaje de sales minerales y control de Salinidad.



Módulo de Plantación



Modulo donde reposaran las plantas durante el ciclo de cultivo, consta de 4 surcos de 6 metros con capacidad para 29 plantas cada uno. En este módulo circulara la solución nutritiva que alimenta las plantas, cuenta además con un mecanismo de rotación que permite su nivelación a diferentes ángulos, permitiendo su puesta en pendientes sin afectar el fluido de la solución.



Ilustración 17. Mecanismo de Rodamientos

Distribuidor

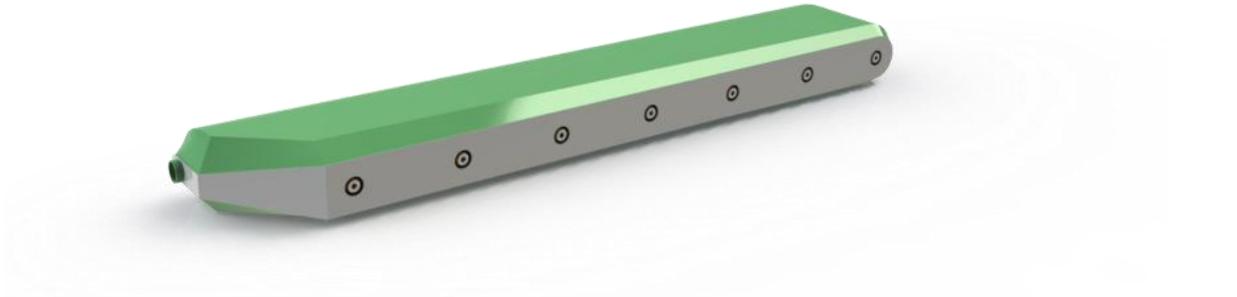
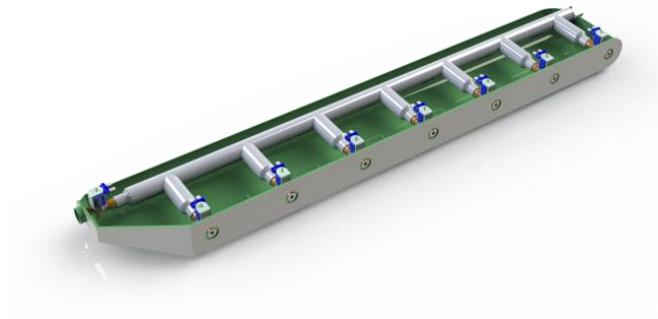
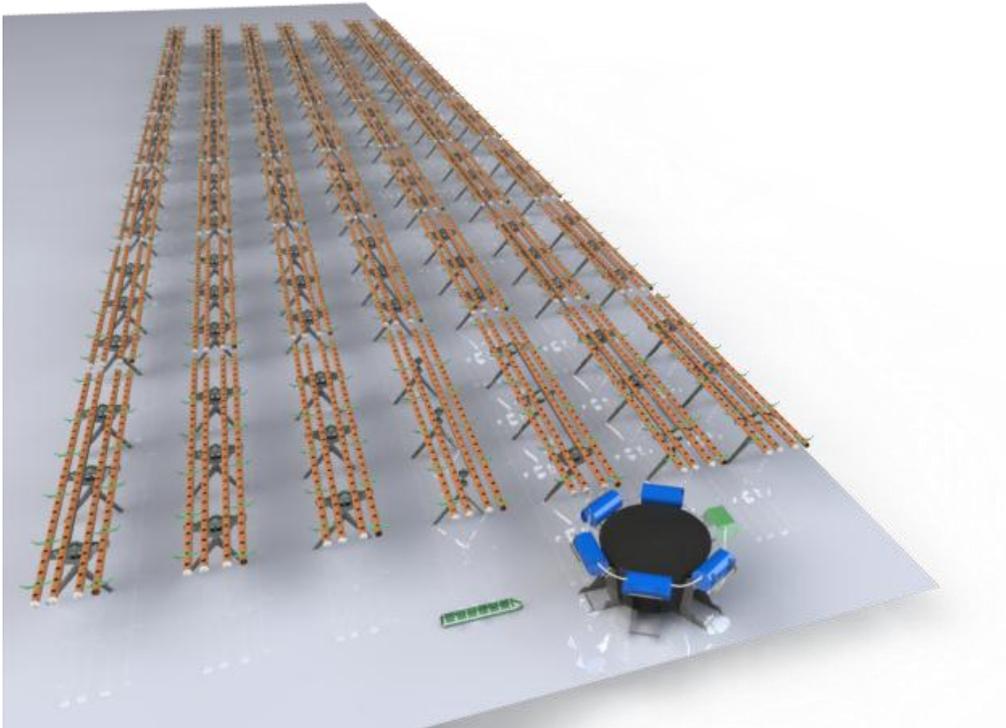
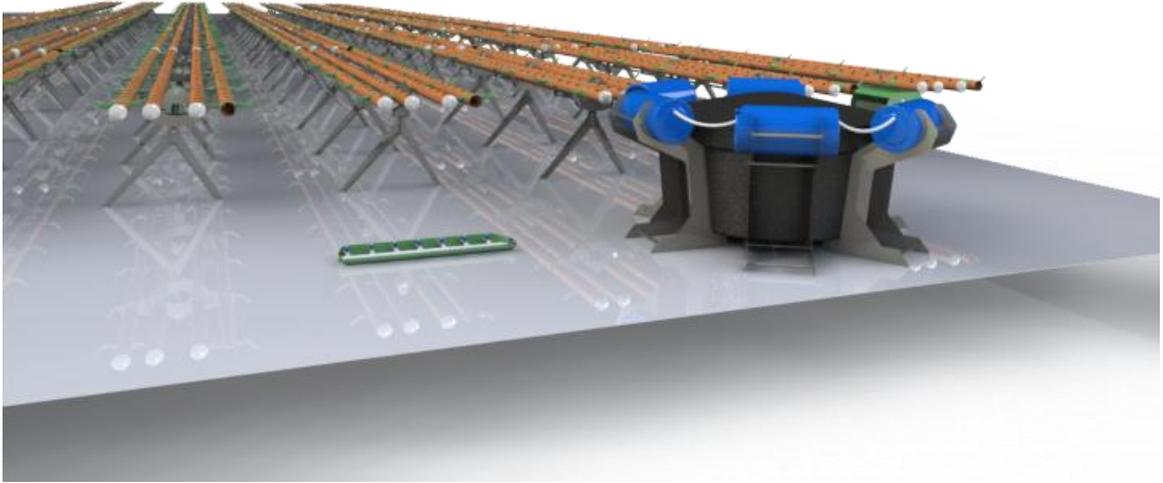


Ilustración 19. Módulo de Distribución

Modulo encargado de ser puente para la distribución de la solución nutritiva desde la UNC hasta los Módulos de plantación, cuenta con un microprocesador encargado de manejar las electroválvulas ubicadas en cada línea de salida.



Sistema en Conjunto



Aspectos Productivos y de impacto ambiental

Descripción del sistema

TERU es un sistema de cultivo hidropónico que facilita por medio del análisis ambiental del lugar y la automatización de ciertos procesos el desarrollo de una **óptima producción por parte del agricultor.**

Este consta de tres funciones autónomas consideradas vitales para realización un cultivo de óptimas reduciendo la intervención humana, como primera instancia se determinó realizar un análisis de las condiciones del lugar para establecer qué tipo de cultivo es el ideal, esta etapa consta de un módulo de análisis ambiental (MAB), que mide las condiciones lumínicas, de temperatura y humedad relativa de forma autónoma y periódica para establecer el cultivo que **mejor se desarrolle en el lugar.**

En segundo lugar una vez establecido el tipo de cultivo se procede a la implementación del mismo, para esto el agricultor está en la tarea de plantar las semillas hasta que sean óptimas para su trasplante, estas se llevan a los módulos de plantación (MPL) donde la tierra es retirada y las plántulas son posicionadas en sustrato inerte, en estos módulos de plantación (MPL) cada planta **crecerá hasta dar frutos.**

Por último tenemos la unidad controladora (UNC) que de forma autónoma prepara y distribuye las soluciones salinas para el alimento de las plantas que se encuentran en los módulos de plantación (MPL). El módulo de análisis ambiental (MAB) se encuentra integrado a esta unidad.

Las labores de relleno de los componentes para la realización de las soluciones, el mantenimiento, exterminación y búsqueda de plagas al igual que la cosecha son actividades que debe realizar el agricultor.

- ① Unidad controladora (UNC)
- ② Módulos de plantación (MPL)
- ③ Módulo de análisis ambiental (MAB)
- ④ Distribuidor

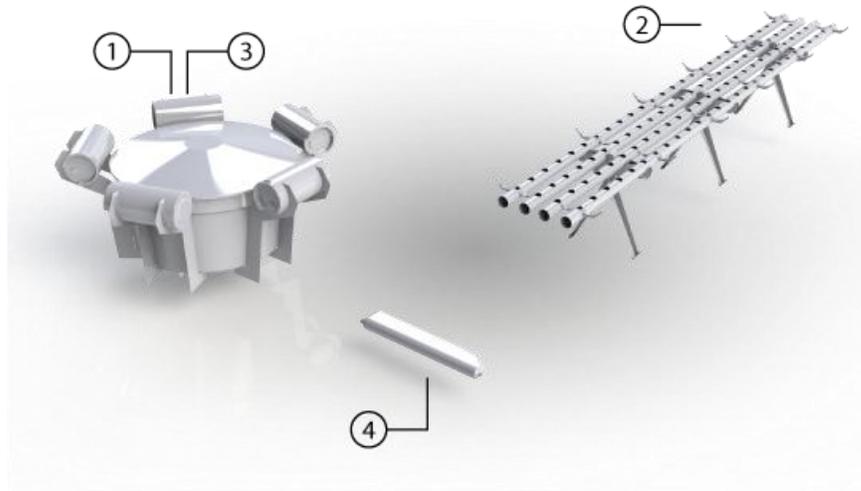
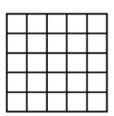


Ilustración 23. Componentes del sistema. Elaboración propia (2014).

Producción

BOM

Número	Descripción	Tipo	Función	Material	Proceso	Imagen
1		Especial	Ensamble	Lamina Acero CR Cal 18	Troquel de Corte- Troquel de Doblado	
2	Lamina Doblada Base	Especial	2,3	Lamina Acero CR Cal 18	Troquel de Corte- Doblado	
3	Angulo Patas	Especial	Ensamble	Lamina Acero CR Cal 18	Troquel de Corte- Doblado	
4	Estructura UNC	Especial	Ensamble	Lamina Acero CR Cal 18	Troquel de Corte	
5	Carcasa Inferior	Especial	Ensamble	Polipropileno copolímero peletizado	Termo formado - Taladrado - Corte	
6	Carcasa Superior	Especial	Ensamble	Polipropileno copolímero peletizado	Termo formado - Corte	
7	Unión Soporte Tubos Externo	Especial	Ajuste	Tubo Acero CR 1" Cal 20	Corte - Taladrado - Soldadura	
8	Unión Soporte Tubos Interno	Especial	Ajuste	Tubo Acero CR 1" Cal 20	Corte - Taladrado - Soldadura	
9	Tubo Ajuste de Soporte	Especial	Ajuste	Tubo Acero CR 1" Cal 21	Corte - Taladrado - Soldadura	

10	Unión Estructura UNC	Especial	Ensamble	Tubo Acero CR 1" Cal 20	Corte - Taladrado - Soldadura	
11	Eje Roscado 1"	Especial	Mecánica	Acero Inoxidable	Torneado - Roscado	
12	Base Soporte Eje	Especial	Ensamble	Acero para Fundición	Fundición	
13	Tapa Soporte Eje	Especial	Ajuste	Acero para Fundición	Fundición	
14	Perfil Base	Especial	Ensamble	Lamina Acero CR Cal 18	Troquel de Corte	
15	Lamina Superior Base	Especial	Ajuste	Lamina Acero CR Cal 18	Troquel de Corte	
16	Tubo de Plantación	Estándar	Producción	Tubería Riego Predial 4"	Taladrado	
17	Soporte Frutos	Especial	Ensamble	Polipropileno copolímero peletizado	Inyección	
18	Malla Soporte Frutos	Especial	Producción	Malla PEAD 8 x 8	Corte	
19	Tanque 1000L Línea Baja	Estándar	Producción	Polietileno de alta densidad	Taladrado	

20	Tambor Multiusos 40L	Estándar	Producción	Polietileno de alta densidad	Taladrado	
21	Válvula Solenoide ZCS-08P DC12V	Estándar	Electrónica	N/A	N/A	
22	Sensor Nivel Flotante MRO 835-P	Estándar	Electrónica	N/A	N/A	
23	Procesador Arduino UNO	Estándar	Electrónica	N/A	N/A	
24	Motobomba Sumergible 12V 9 L/min	Estándar	Electrónica	N/A	N/A	
25	Tubería Polietileno Riego 1"	Estándar	Producción	Polietileno de alta densidad	Corte	
26	Bisagra de Ala 4"	Estándar	Ajuste	Acero Inoxidable	N/A	
27	Chumacera	Estándar	Mecánica	N/A	N/A	
28	Tubería Polietileno Riego 1/2"	Estándar	Producción	Polietileno de alta densidad	Corte	
29	Unión 1/2"	Estándar	Ajuste	PVC	N/A	

30	Unión 1"	Estándar	Ajuste	PVC	N/A	
31	Tee 1"	Estándar	Ajuste	PVC	N/A	
32	Reducción 1" a 1/2"	Estándar	Ajuste	PVC	N/A	

Tabla 1. Carta de Materiales TERU. Elaboración Propia (2014)

Procesos

Para cada uno de los sistemas se han distribuido los procesos a realizar de acuerdo a los procesos realizados para piezas especiales, y se han mencionado en el orden a realizarse:

Módulo de análisis ambiental (MAB)

- Termo formado: Es un proceso en el cual un material termoplástico es formado tras exponerlo a calor, para este módulo se creará una carcasa que contendrá una tarjeta de procesamiento, tres sensores que miden temperatura, humedad relativa y cantidad de luz en el ambiente, y una pantalla que funciona como display.
- Taladrado: por medio de un taladro se abrirán 4 agujeros, 2 por los cuales se expondrán los sensores y 2 que servirán de guía para exponer la pantalla que está contenida.
- Corte: para ampliar el agujero para la pantalla se realiza un corte con caladora de mano que una dos de los agujeros anteriormente realizados.
- Pegue: Para evitar que ingrese agua por los agujeros anteriormente realizados se implementa una lámina traslúcida, sujeta por un elastómero termoplástico.

Módulo de plantación (MPL)

- Taladrado: En las tuberías, se realizan bocados de 6 cm de diámetro a 20 cm de distancia uno tras otro.
- Inyección: Las piezas que soportan los frutos se inyectarán debido a la gran cantidad de piezas que en total son en el sistema, y a la versatilidad de formas que este proceso permite.
- Troquel de corte y de doblado: Este proceso se realiza para modificar elementos laminares, sin producir viruta y de forma muy rápida, en este caso se desarrolló una pieza que permite ser estructuralmente rígida tras el doblado generado por el la misma maquina implementando troqueles diferentes. Con este proceso también se cortarán las piezas que crean los soportes para todo el sistema.
- Soldadura MIG: Se unirán las piezas del soporte de los tubos, en este tipo de soldadura el material que se aplica funciona como material de relleno que se establece conforme la soldadura se consume en el material a unir.
- Termo-formado: Para el sistema es necesaria la implementación de pequeños contenedores que se aferran a la tubería y aguantan el sustrato para que las raíces de las plantas se soporten, se implementara un molde de esta pieza única para una máquina termo-formadora de vasos plásticos.

Unidad controladora (UNC)

- Corte laser: Consiste en un corte que no produce viruta ejecutada para cambiar la forma de materiales laminares, este imprime una cantidad calórica en un punto concentrado en el material y esto tras varios pasos produce una separación del material, este proceso se usara para realizar los perfiles que soportan los contenedores de la misma unidad.
- Taladrado: se usara para realizar uniones entre los contenedores y la tubería que transportara el agua que los mismos dosificarán para todo el sistema.

Proveedores

Para la construcción de este sistema se consultaron los siguientes proveedores donde se pueden realizar los procesos y compra de materiales:

ITEM	MATERIA PRIMA	CÓDIGO MP	UNIDAD	PRECIO	VALORES UNIDAD	PROVEEDOR
PIEZAS ESPECIALES						
1	Polipropileno copolímero peletizado	PP	kg	\$ 80.290,00	1	Bieplast S.A
2	Polipropileno copolímero laminar	PPL	M	\$ 40.280,00	Lámina 5mm de 1,20 x 2,20 m	Bieplast S.A
3	Tubo Acero CR 1" Cal 20	TAC	M	\$ 13.431,00	6 mts	Coval
4	Lamina Acero CR Cal 18	LAC	m2	\$ 80.290,00	4 x 8 mts	Coval
5	Tubería Riego Predial 4"	TP-002	M	\$ 47.308,00	6 mts	PAVCO S.A
6	Acero de fundición	AF-001	Kg	\$ 2.000,00	Kg	Coval
7	Malla PEAD 8 x 8	MA-001	Und	\$ 40.280,00	Rollo 1,20 mts x 30 mts	Colmallas S.A.
PIEZAS ESTÁNDAR						
1	Tanque 1000L Línea Baja	T-001	Und	\$ 314.900,00	1	Coval
2	Tambor Multiusos 40L	T-002	Und	\$ 45.936,00	1	Coval
3	Válvula Solenoide ZCS-08P DC12V	V-001	Und	\$ 11.682,00	1	Bona Valve Co.
4	Sensor Nivel Flotante MRO 835-P	S-001	Und	\$ 3.320,00	1	Ningbo Sensors Co.
5	Motobomba Sumergible 12V 9 L/min	M-001	Und	\$ 121.918,00	1	Auto solar
6	Tubería Polietileno Riego 1"	TP-001	M	\$ 1.995,00	1	PAVCO S.A
7	Bisagra de Ala 4"	B-001	Und	\$ 3.500,00	1	Homecenter
9	Chumacera	CH-001	Und	\$ 14.360,00	1	Concerpro Rodamientos
10	Tubería Polietileno Riego 1/2"	TP-003	M	\$ 1.001,00	1	PAVCO S.A
11	Unión 1/2"	U-001	Und	\$ 306,00	1	PAVCO S.A
12	Unión 1"	U-002	Und	\$ 786,00	1	PAVCO S.A
13	Tee 1"	U-003	Und	\$ 2.074,00	1	PAVCO S.A
14	Reducción 1" a 1/2"	U-004	Und	\$ 2.750,00	1	PAVCO S.A
15	Eje Roscado	E-001	Und	\$ 17.690,00	1	Coval
16	Procesador Arduino UNO	B5	Und	\$ 60.000,00	1	I+D Electrónica

Tabla 2. Tabla proveedores. Fuente: Elaboración propia (2014).

Diagrama de despiece y ensamblado

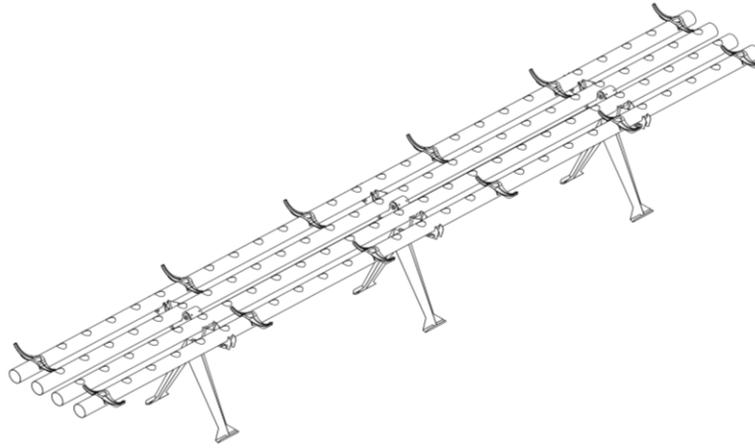
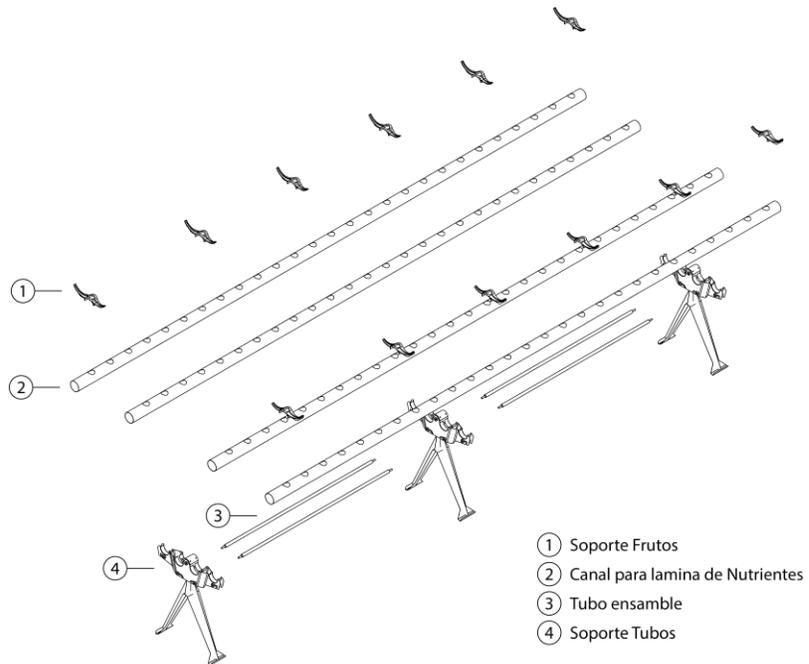


Ilustración 24. Módulo de plantación (MPL). Armado. Elaboración propia (2014).



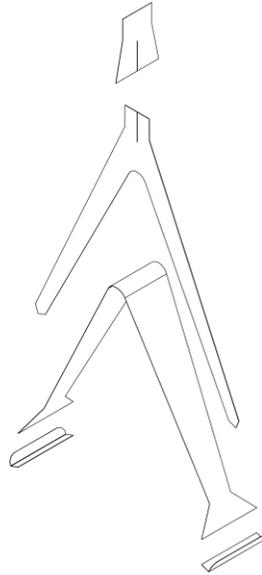
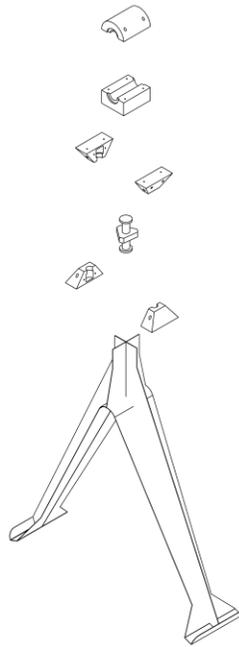


Ilustración 26. Soporte tubos-Base. Desarmado. Elaboración propia (2014).



Ilustración 27. Soporte tubos Armado. Elaboración propia (2014)



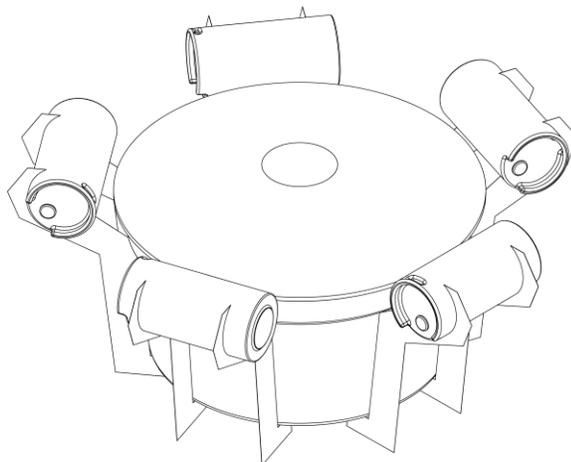
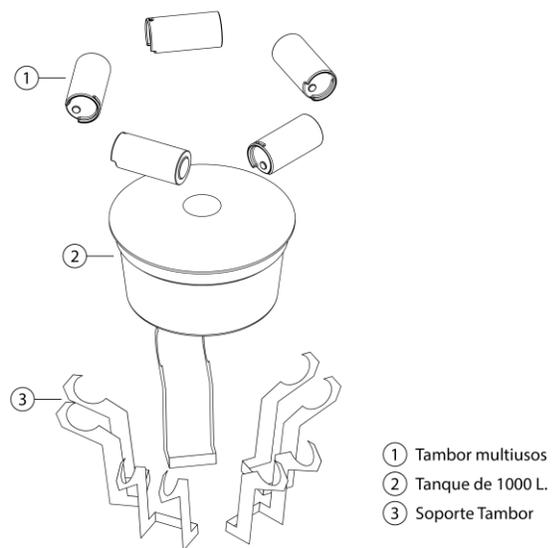


Ilustración 32. Unidad controladora (UNC). Armado. Elaboración propia (2014).

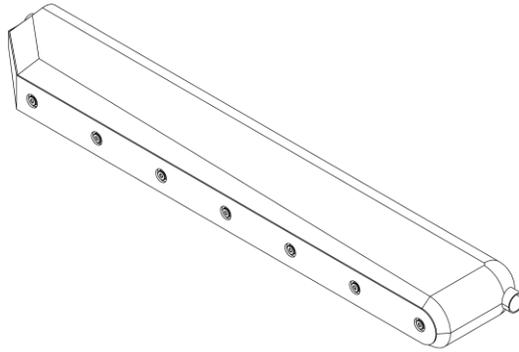


Ilustración 33. Distribuidor. Armado. Elaboración propia (2014).

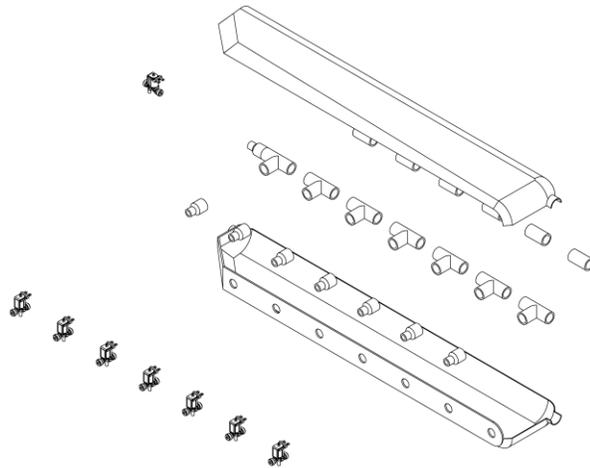


Ilustración 34. Distribuidor. Desarmado. Elaboración propia (2014).

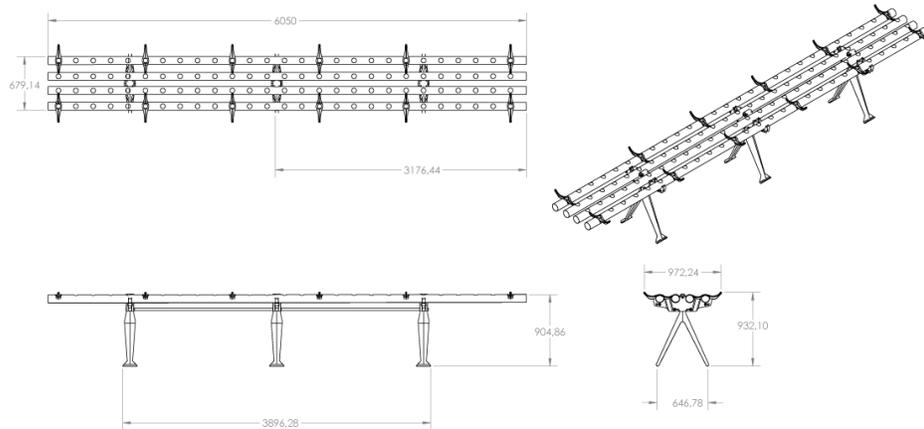


Ilustración 35. Módulo de plantación (MPL). Elaboración propia (2014).

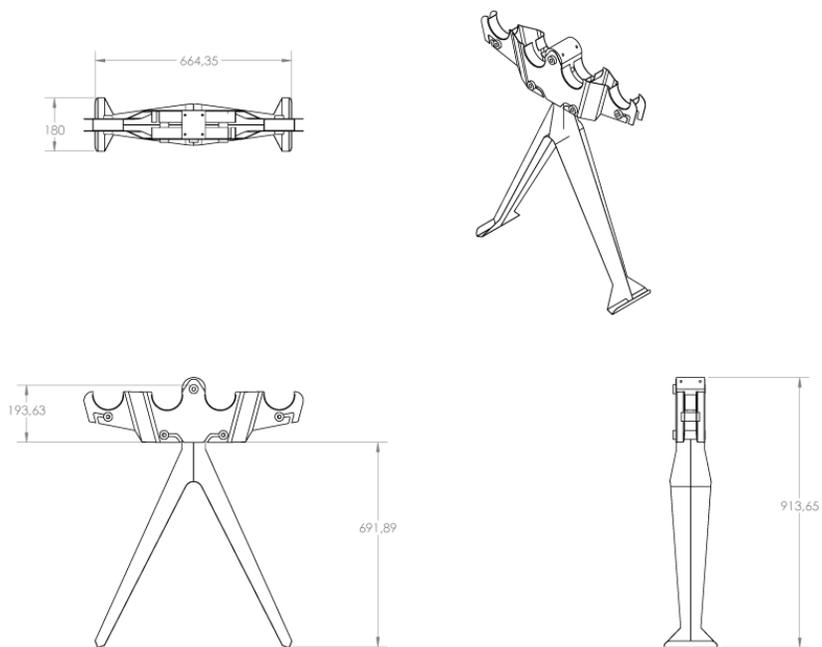


Ilustración 36. Soporte tubos. Elaboración propia (2014).

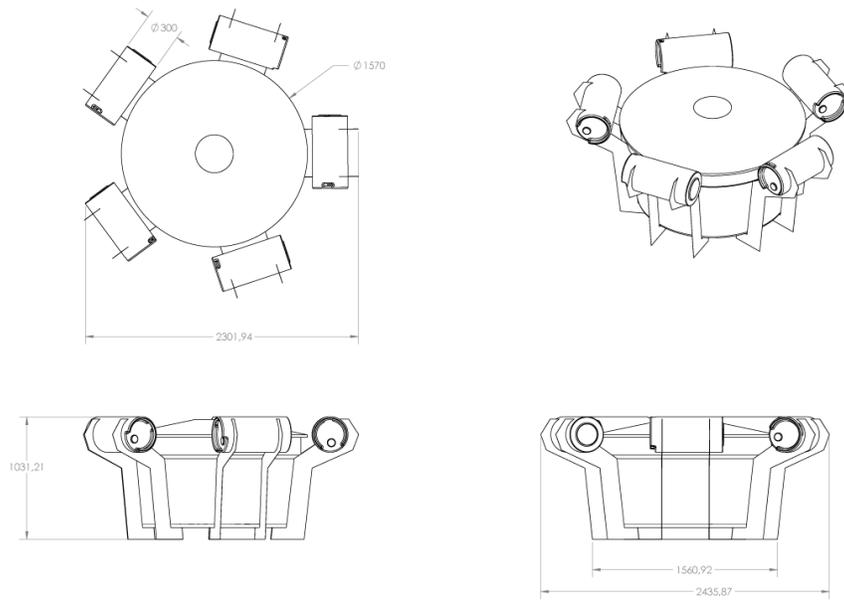


Ilustración 37. Unidad controladora (UNC). Elaboración propia (2014)

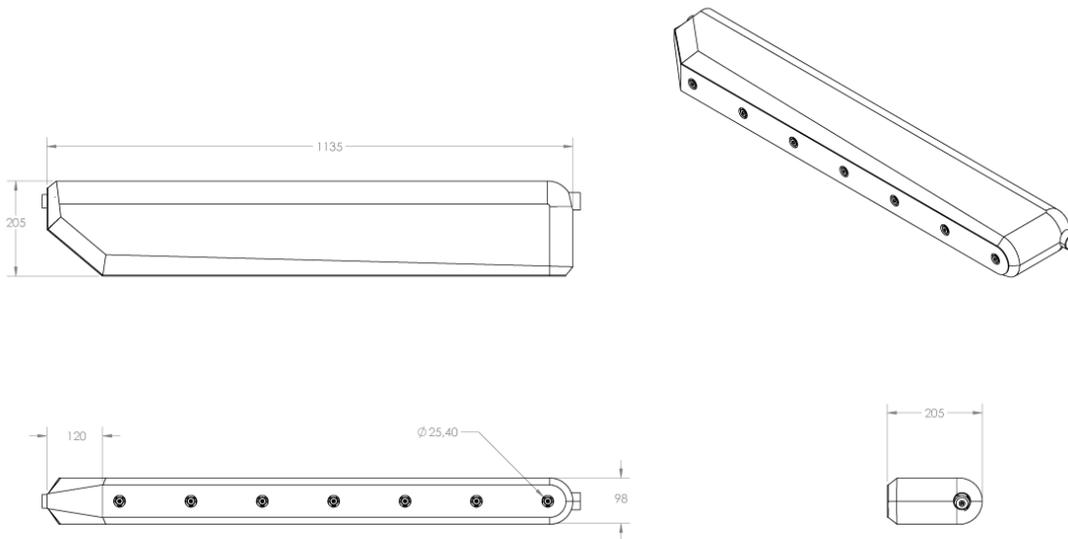


Diagrama de Flujos y procesos

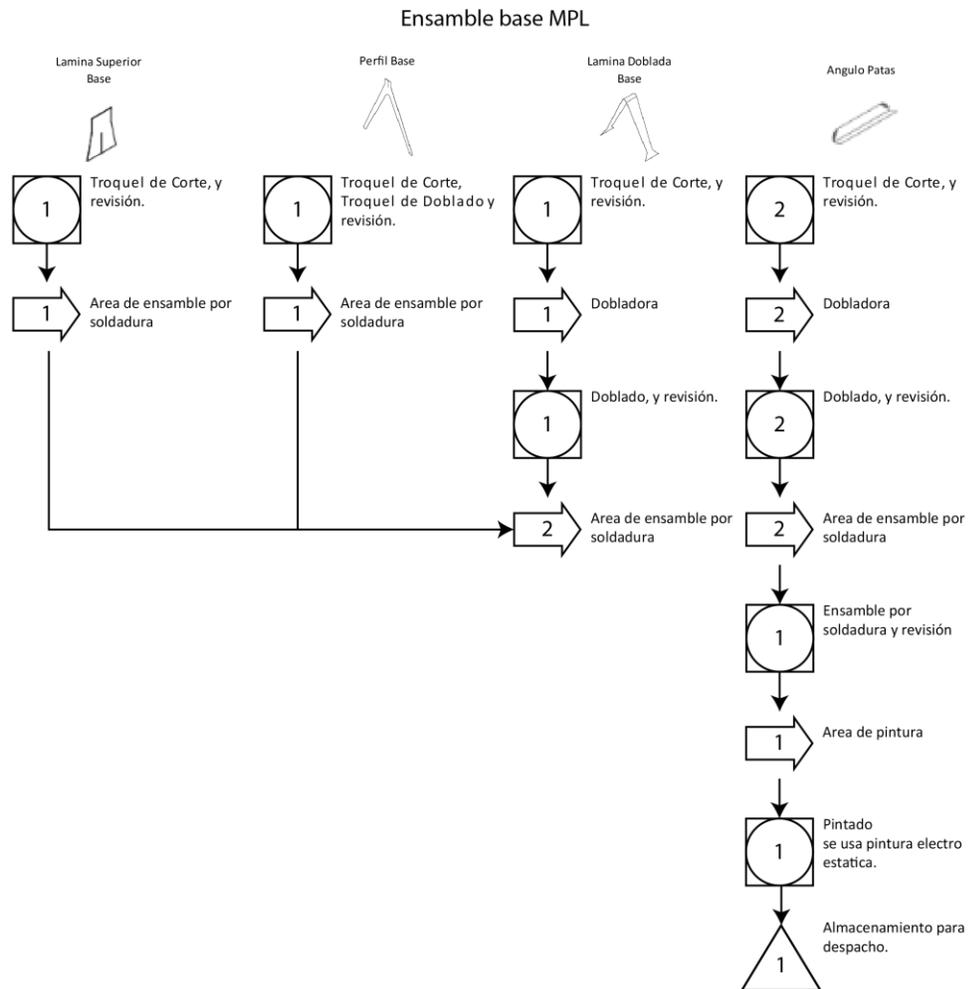


Ilustración 39. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014)

Ensamble mecanismo MPL

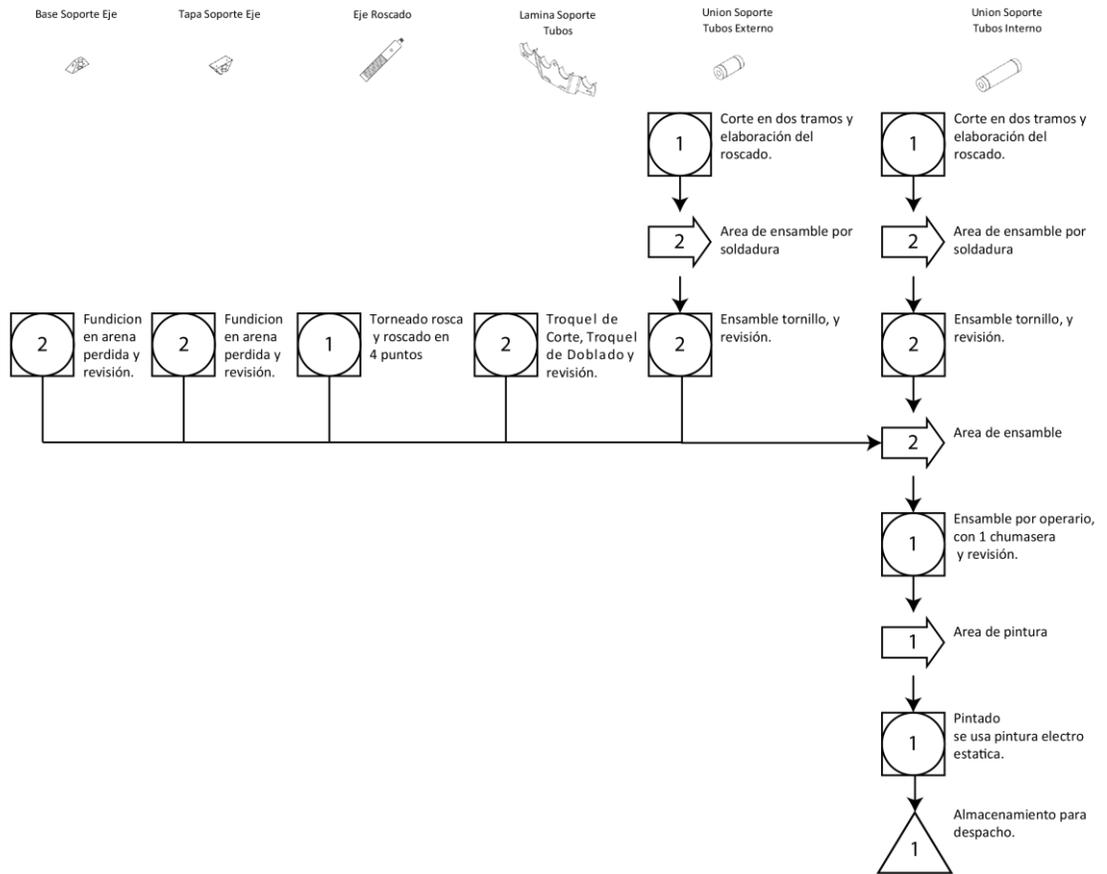


Ilustración 40. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014)

Ensamble unidad de distribución

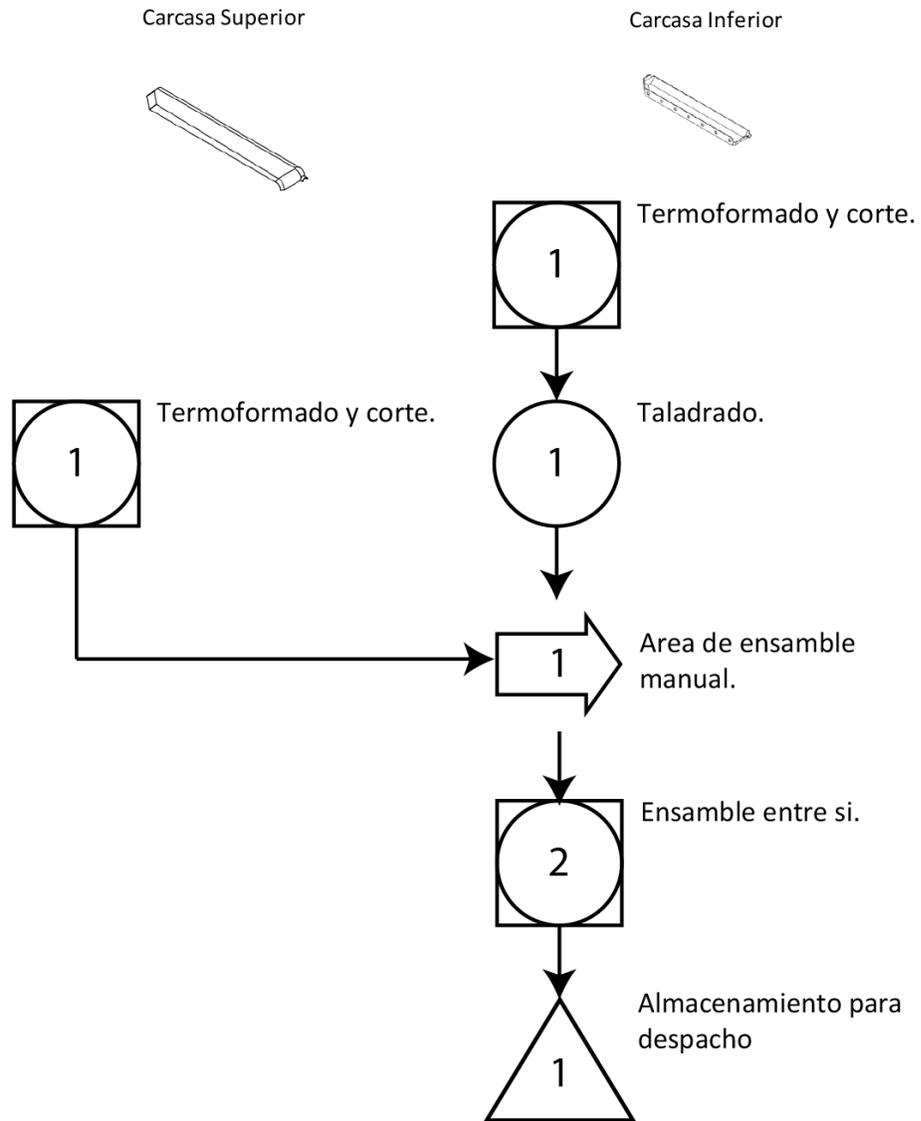


Ilustración 41. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014)

Ensamble UNC

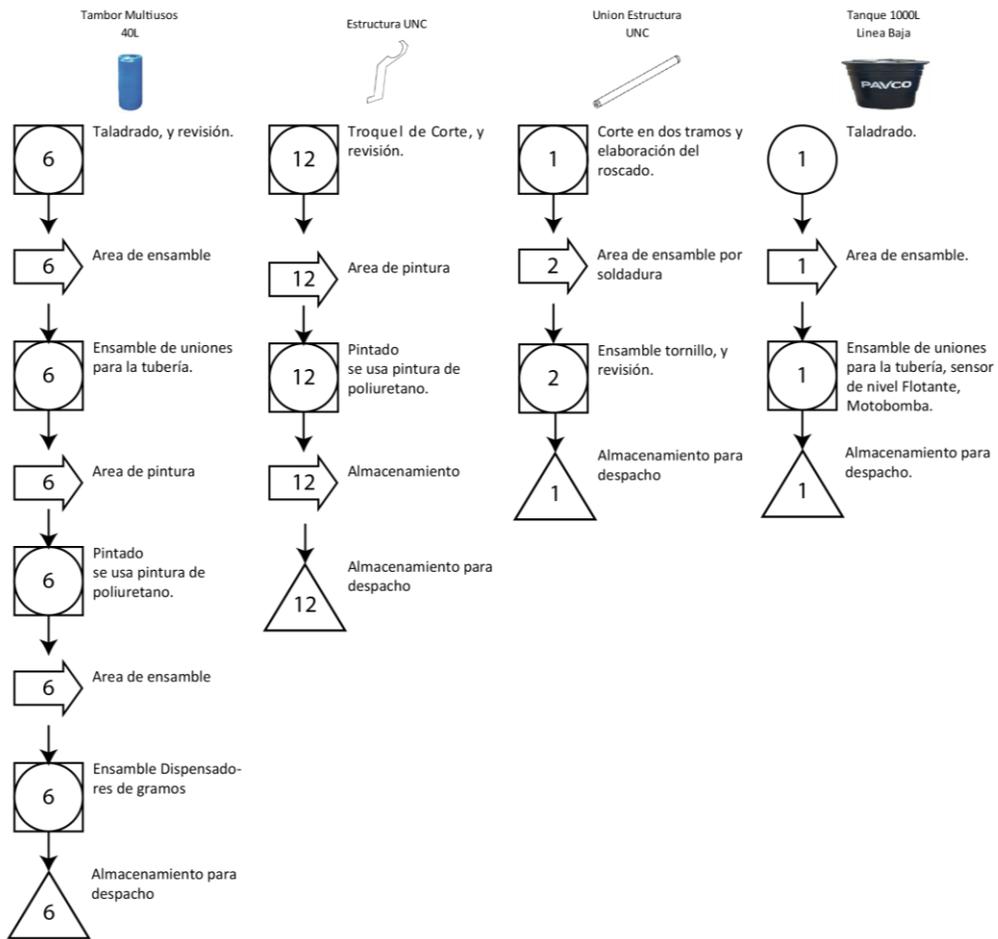


Ilustración 42. Diagrama de Flujos y Procesos. Elaboración propia (2014)

Distribución de Planta

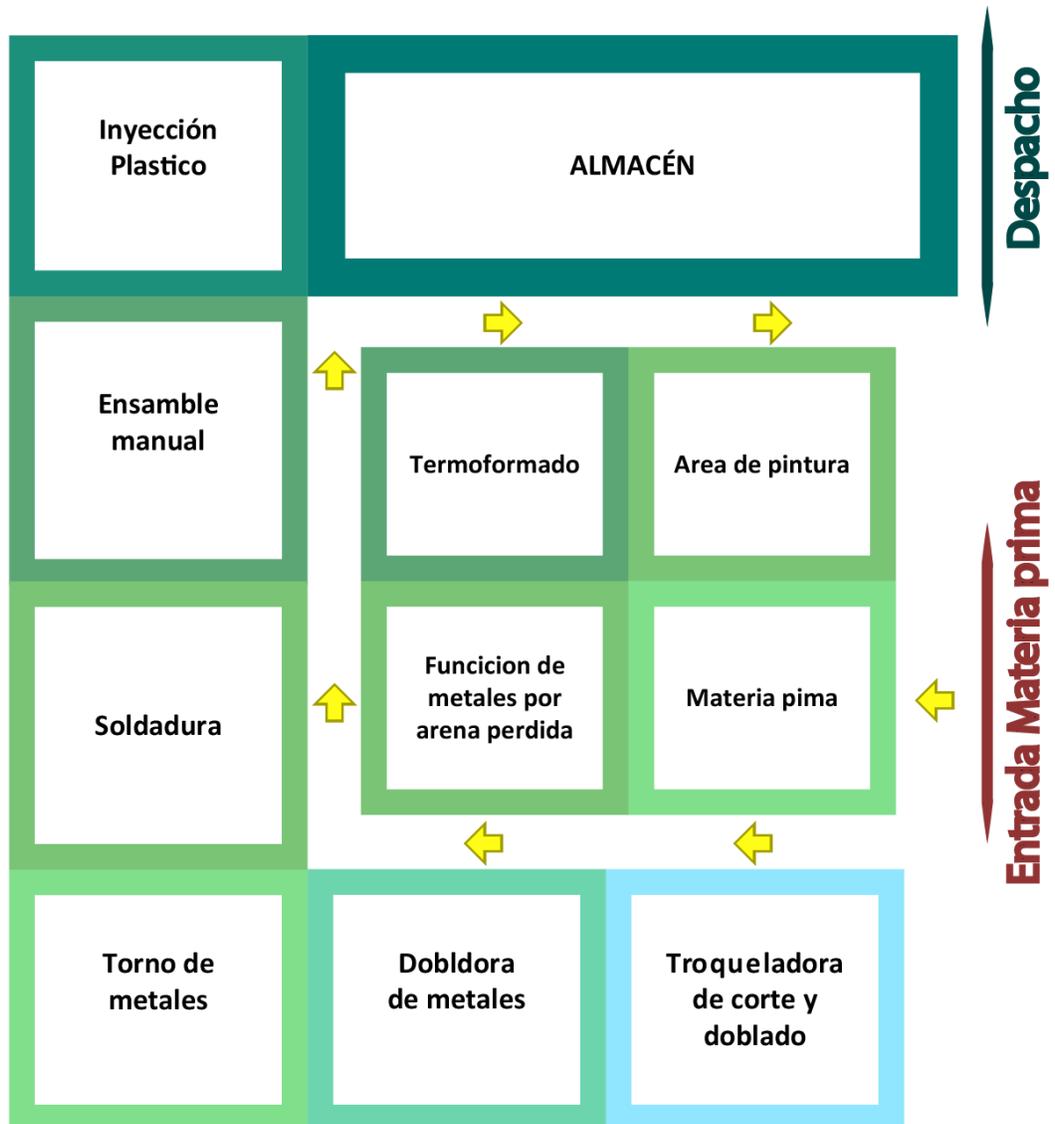


Ilustración 43. Distribución de Planta. Elaboración propia (2014)

Balanceo de Línea

ITEM	TAREA	TIEMPO DE EJECUCION (h/H)	TAREAS PRECEDENTES	TIEMPO DE EJECUCION (h/H)
2	Troquel de Corte-Doblado	0,008	Ninguna	0,024
3	Troquel de Corte-Doblado	0,008	Ninguna	0,048
14	Troquel de Corte	0,004	2,3	0,012
15	Troquel de Corte	0,004	14	0,012
4	Troquel de Corte	0,004	Ninguna	0,04
5	Termo formado - Taladrado - Corte	0,032	Ninguna	0,032
6	Termo formado - Corte	0,03	5	0,03
7	Corte - Taladrado - Soldadura	0,032	Ninguna	0,384
8	Corte - Taladrado - Soldadura	0,032	Ninguna	0,384
1	Troquel de Corte-Troquel de Doblado	0,008	7,8,11,12,13	0,048
9	Corte - Taladrado - Soldadura	0,016	Ninguna	0,064
10	Corte - Taladrado - Soldadura	0,032	Ninguna	0,64
11	Torneado - Roscado	0,08	Ninguna	0,24
12	Fundición	0,32	Ninguna	0,64
13	Fundición	0,32	Ninguna	0,64
16	Inyección	0,004	Ninguna	0,048
17	Corte	0,016	Ninguna	0,064
18	Taladrado	0,58	Ninguna	2,32
19	Taladrado	0,02	Ninguna	0,02
20	Taladrado	0,02	Ninguna	0,1
	TIEMPO DE TAREAS POR PIEZA	1,57	TIEMPO DE TAREAS POR MODULO	5,79

DEMANDA	162	Año
TIEMPO DE CILO	937,98	
NUMERO MIN. DE ESTACIONES	11,72475	
EFICIENCIA	0,85289665	

Tabla 3. Balanceo de línea. Elaboración propia (2014)

Impacto Ambiental

TERU es un sistema que está pensado para causar un impacto ambiental mínimo debido a la calidad y duración de sus componentes en el tiempo. Dado que es un sistema que se expone a los diferentes cambios climáticos y su ciclo de vida debe poseer la mayor durabilidad posible, sus componentes se han realizado para no tener que ser reemplazados con frecuencia, ya que la selección de los mismos plantea una durabilidad de más de 20 años por componente, a excepción del sistema de procesamiento, que puede tener una vida útil de 5 años aproximadamente.

Este sistema implementa para su funcionamiento energía limpia, debido a que se alimenta de la luz solar, reduciendo de esta forma el impacto que tradicionalmente los procesos de agricultura tecnificados generan, pero a su vez otorga excelentes niveles de producción.

Análisis de Contexto de Uso

PASO 1: Contexto de Uso	
Para qué debería ser usado el producto?	Para el Cultivo de Frutas y hortalizas
Qué necesidad suplente el producto?	Aumento de Productividad en espacios reducidos
Qué hace el producto?	A través de la Hidroponía y controles inteligentes genera mayor rendimiento en las plantas cultivadas en él.
> Quién lo usa?	Pequeños Agricultores, con terrenos 0,6 hectáreas o menos.
> Por cuánto tiempo?	Está en constante uso durante el ciclo de Cultivo
> Con qué frecuencia?	Melón Cada dos meses, Fresa Ciclo de cultivo año y medio a dos años.
> En qué lugar del mundo?	Región geográfica del Valle del Cauca

Tabla 4. Contexto de Uso. Elaboración propia (2014)

Este sistema está diseñado para ser implementado en áreas de cultivos que no producen con la misma calidad ni cantidad que un cultivo industrializado puede obtener, ya sea por la falta de estandarización de procesos o por la calidad de los suelos que utiliza.

TERU a diferencia de un cultivo tradicional, produce mayor cantidad y calidad, sin sacrificar la calidad de los suelos, lo cual se refleja en espacios verdes con mejores condiciones para otro tipo de producciones. TERU realiza un proceso limpio para el ecosistema que lo rodea, reduciendo a cero el impacto que genera un cultivo tradicional al suelo.

Visión General del Producto

En este esquema se muestra la relación existente entre los procesos que se ejecutan para la producción del sistema junto a sus materiales de acuerdo a su ensamblaje.

Se implementarán para el desarrollo del sistema 4 materiales diferentes más los que componen el sistema electrónico.

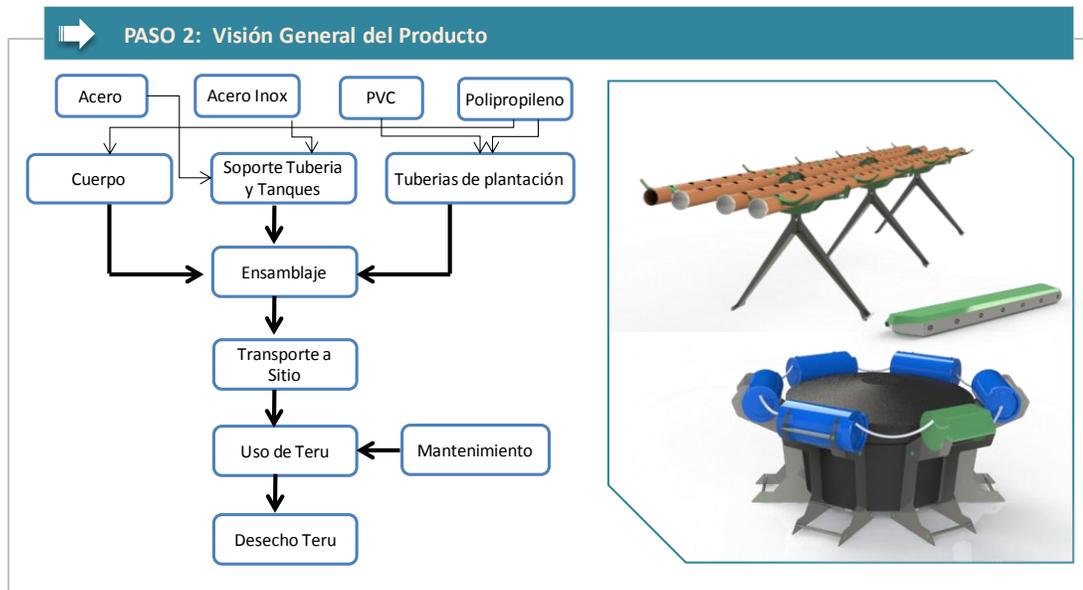


Ilustración 44. Visión general del Producto. Elaboración propia (2014)

Perfil Ambiental del Producto

En este análisis se estableció la relación existente entre los materiales y procesos durante la producción, permitiendo observar la necesidad de cada uno, su consumo y el impacto que estas provocan en el medio ambiente.

PASO 3: Perfil Ambiental del Producto															
MATRIZ MET TERU															
LIFE CYCLE STAGE	Material	Q	Unit	Energy	Q	Unit	Toxicity	Q	Unit	Processes	Q	Unit			
Materia prima	Acero Inox	3	kg	Energía	Kwh	Dioxido de carbono, amoniaco, gas cloro, etileno, hidrocarburos volátiles (estireno, tolueno)	MJ	Transporte materia prima a fábrica	1,4	T					
	PVC	24	Mt												
	Acero	45	Kg												
Manufactura	Troquelado		Kg	Electricity	5,1	KWh	Desechos sólidos	1,2	Kg	Troquelado		Kg			
	Fundición		Kg							Desechos sólidos Torneado	0,7	Kg	Fundición		Kg
	Torneado		Kg							Desechos sólidos	0,2	kg	Torneado		m
	Acabado superficial	0,5	kg							Acabados		Kg			
Ensamble	Herrajes (tornillos, Varillas, etc.)	0,4	Kg	.	.	.	Emisión de CO2	MJ	Transporte	1,4	T				
Uso y mantenimiento	PVC	10	Kg	.	.	.	PVC	10	Kg						
	PP	5	Kg	.	.	.	PP	5	Kg						
Final ciclo de vida				.	.	.				Reciclaje plástico	30	kg			
				.	.	.				Reciclaje acero	15	kg			

Tabla 5. Perfil Ambiental del Producto. Elaboración propia (2014)

Cuantificación del Impacto ambiental

De acuerdo a los eco-indicadores, la energía consumida y la toxicidad de los mismos, se detectaron los puntos críticos del sistema TERU en su producción, para posteriormente evaluar de qué forma estos pueden ser solventados.

PASO 4: Cuantificación del impacto ambiental																					
MATRIZ MET TERU (Material 100% Virgen)																					
LIFE CYCLE STAGE	Material	Q	Unit	mpt	Result	Energy	Q	Unit	mpt	Result	Toxicity	Q	Unit	mpt	Result	Processes	Q	Unit	mpt	Result	
Raw materials	Polipropileno	1,3	Kg	441	573,3																
	Acero	4,34	Kg	86	373,24																
	Acero inox	0,8	Kg	910	728																
	PVC	4	Kg	270	1080																
			0,03	Kg	0	0															
	TOTAL				2754,5					0,00					0						0
Manufacture	Acero	0,5	Kg	86	43	Electricidad	8	KWh	26	208	Materiales Residuales	2	m3	140	280	Inyección	8	Kg	72	576	
	Polipropileno	0,4	Kg	441	176,4						Residuos de Metal	0,4	Kg	1,4	0,56	Torneado	0,8	Kg	33,6	26,88	
	PVC	0,1	Kg	912	91,2											Soldadura	2,5	m	21,6	54	
																Troquelado	1	m2	400	400	
																Transporte	11,61	tkm	34	394,84	
	TOTAL				310,6					208					283,68					1451,7	
Assembly	Herrajes	0,5	Kg	86	43	Electricity	1	KWh	26	26	Empaque de Carton	0,5	Kg	3,9	1,95	Soldadura	2,5	m	21,6	54	
	TOTAL				43					26,00					1,95					54	
Use and maintenance	PVC	0,82	Kg	270	221,4						PVC	2	Kg	0							
	Polipropileno	0,8	Kg	0	0						Polipropileno	2	Kg	0							
	Acero	0,3	Kg	86	25,8																
	TOTAL				247,2					0					0						0
End-of-life																Reciclaje PP	8	m3	140	1120	
																Reciclaje Acero	12	kg	-720	-8640	
																					0
	TOTAL				0					0					0						-7520

Tabla 6. Matriz MET Teru. Elaboración Propia (2014)

TERU					
Impacto Ambiental de Teru en las su Ciclo de Vida					
Source	mPt	mPt	mPt	mPt	mPt
	Raw materials	Manufacturing	Assembly	Use & Mainten.	End-of-life
Materials	2754,54	310,6	43	247,2	0
Energy	0,00	208	26,00	0	0
Toxicity	0	283,68	1,95	0	0
Processes	0	1451,72	54	0	-7520
TOTAL	2754,54	2254,00	124,95	247,2	-7520
Impacto total en mPt causado por TERU				total negative	net impact
				5380,69	-2139,31

Tabla 7. Impacto Ambiental Teru. Elaboración propia (2014)

Conceptos y estrategias de eco-diseño implementadas

TERU es un sistema altamente relacionado con el medio ambiente pues vive en él y por él, por lo tanto se considera de vital importancia las estrategias de preservación de este medio ambiente afectado por el sistema, por lo cual se implementarán las siguientes estrategias:

- **Establecer un sistema de recuperación y restauración de materiales estándar** ya sea de componentes de nuestro sistema o componentes reciclados de otros contextos, TERU busca restaurar y reciclar la mayor cantidad de componentes a la hora de producir el sistema, pues a excepción de los componentes electrónicos, la mayoría de componentes tienen una muy larga duración y resistencia al impacto, o se pueden reciclar como lo son las piezas plásticas. Por lo tanto TERU espera contar con la

reutilización y el reciclaje de los materiales que se usan para su construcción, reduciendo de esta manera costos en materia prima y aportando al manejo de materiales no biodegradables en el ecosistema.

- **Larga duración de sus componentes** como fue mencionado previamente los componentes del sistema han sido seleccionados debido a su larga duración en el tiempo y además a esto la poca contaminación que producen al medio ambiente que las contiene, ya que son inocuos para el mismo.
- **Reducción y producción de energía eléctrica por parte del sistema** el sistema será alimentado por paneles solares, lo cual se refleja en energía limpia que además de no provocar un impacto negativo en el ecosistema, fomenta en el usuario una conciencia mayor sobre las alternativas energéticas que se pueden implementar.

Aspectos de Costos

Matriz de Costos

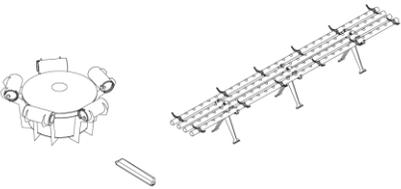
ITEM	ENSAMBLE		COSTOS PRIMOS + HERRAMENTAL
	DESIGNACIÓN	IMAGEN	
1	Sistema de Cultivo Inteligente Hidropónico Teru		\$ 1.606.037
TOTAL COSTOS PRIMOS + HERRAMENTAL			\$ 1.606.036,69
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN			\$ 481.811,01
			30%
TOTAL COSTOS			\$ 2.087.847,69

Tabla 8. Matriz General de Costos TERU. Elaboración propia (2014)

Matriz de Cobro

MATRIZ DE COBRO			
Duración de Contrato	2	4	6
Porcentaje Pago Leasing	70%	75%	80%
Opción de Compra	30%	35%	40%

COSTO DE PRODUCCION	
MPL (Modulo de Plantación)	\$ 848.260
UNC (Unidad Controladora)	\$ 1.172.711
DIS (Distribuidora)	\$ 313.906

VALOR CONTRATO LEASING	
Duración Contrato	2
Valor Leasing	\$ 37.708.184
Opción de Compra	\$ 16.160.650
Cuotas Trimestrales	\$ 4.713.523

COSTO SISTEMA		
No. MPL	60	
Costo MPL		\$ 50.895.600
No. UNC	2	
Costo UNC		\$ 2.345.422
No. DIS	2	
Costo Dis		\$ 627.812
COSTO TOTAL		\$ 53.868.834

Tabla 9. Matriz de Cobro TERU. Elaboración propia (2014)

Aspectos de mercado y modelo de negocio

Modelo de Negocios (Canvas)

El segmento de mercado definido es el pequeño productor del Valle del Cauca, este segmento está compuesto por habitantes de las zonas rurales del Valle del Cauca tanto como en su parte plana como montañosa, que tienen la

agricultura como su principal medio de sustento económico, cuenta con una cantidad de terreno hasta de 0,6 hectáreas.

Para llevar de manera satisfactoria la promesa de valor al segmento y se utilizara un esquema de Contrato Por Suscripción (CPS), en el cual el Cliente tomara en arriendo el sistema por determinada cantidad de tiempo, y se establecerá un porcentaje de compra al final del contrato, donde el agricultor podrá decidir comprar el sistema u optar por su devolución. Al utilizar este medio de contrato por suscripción, se podrá adquirir el sistema a un menor costo, que si se efectuará una compra definitiva. De esta manera se busca una penetración amplia del mercado.

Bajo el esquema de CPS, se le proporcionara al cliente las capacitaciones y el soporte técnico requerido, pues durante la duración del contrato el sistema será propiedad de empresa que lo fabrica. El cliente contara con canales telefónico y presencia online para la comunicación directa con la empresa.

El sistema busca estandarizar los procesos de cultivos, facilitando el cultivo de plantas hortofrutícolas y garantizando las mismas condiciones para las plantas que integran el cultivo.

De esta manera generar mayores rendimientos en la misma cantidad de espacio, aprovechando al máximo los recursos disponibles y así obtener mayores ingresos.

Los principales socios para el desarrollo del modelo de negocio propuestos se dividen en tres. Entidades de financiación agrícola como el banco agrario, parte fundamental para la consecución de recursos por parte del agricultor. Industria Local, proveedores de la materia prima y la fabricación de los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema. Empresas de desarrollo tecnológico, para el soporte técnico vinculado a la base tecnológica que utilizara el sistema, durante la duración del contrato de suscripción.

La actividad principal que se desarrollara dentro de la empresa es el diseño, parte fundamental para el desarrollo de nuestra propuesta de sistema de cultivo inteligente, donde combinando el conocimiento de diseño industrial y diseño de medios interactivos, se proporcionar un mejor aprovechamiento de los recursos de los agricultores.

El primero de los recursos clave son las patentes de diseño derivadas de la legalización de la producción intelectual desarrolladas en la empresa. La imagen corporativa se convierte en un recurso clave en la medida que el sistema cumple su promesa de valor, y se genera reconocimiento de marca en el público objetivo. Por último se requiere de mano de obra calificada para el soporte técnico de los productos en campo.

La principal línea de ingresos se deriva del aporte por el contrato de suscripción firmado por el agricultor, la frecuencia será determinada en el momento de firma

del contrato y podrá ser mensual, trimestral o semestral. Otra línea de ingresos está dada por la compra definitiva del sistema por parte del agricultor, al término del contrato inicialmente firmado. La tercera línea de ingresos está determinada por la venta directa de accesorios del sistema, en el caso que un agricultor quiera escalar su producción.

Los costos están determinados por la materia prima, costos de procesos de fabricación, desarrollo de software, costos logísticos y el costo de tercerización del soporte técnico postventa

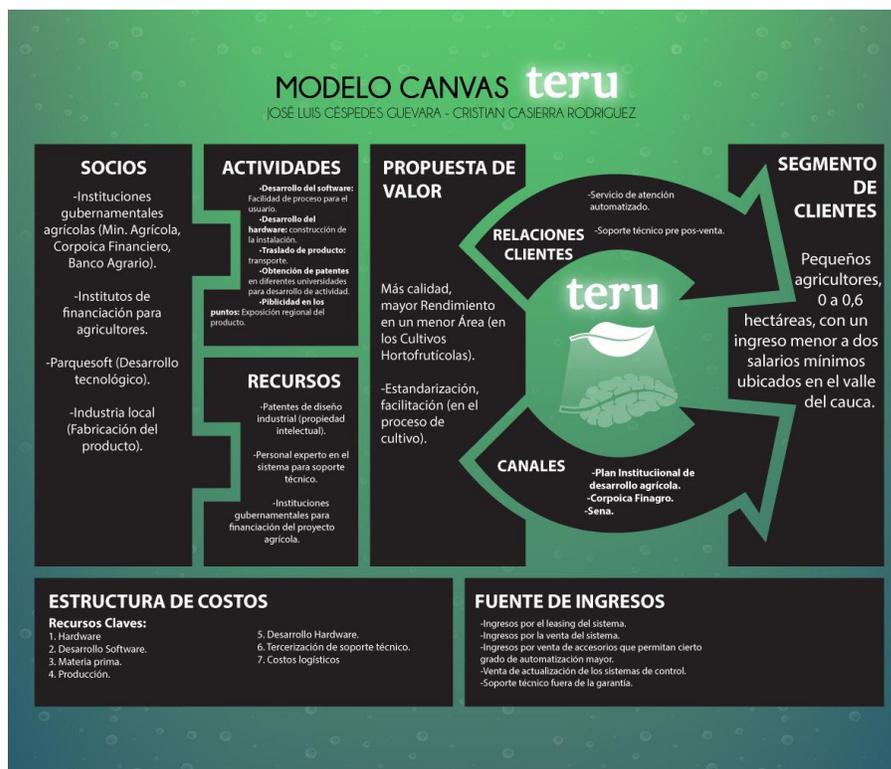


Ilustración 45. Modelo Canvas Teru. Fuente: Elaboración propia (2014).

Público objetivo o target group.

Pequeños productores del Valle del Cauca. Segmento compuesto por habitantes de las zonas rurales del Valle del Cauca, tienen la agricultura como su principal medio de sustento económico, cuenta con una cantidad de terreno hasta de 0,6 hectáreas y están interesados en maximizar el aprovechamiento de sus recursos.

Estudio de actitudes, aspiraciones y expectativas del público objetivo.

El trabajo en equipo, el respeto, el consenso, el cumplimiento de normas y el reconocimiento como iguales, ofrecen un terreno abonado para la creatividad y la

innovación” Ochoa (2008), la responsabilidad con sus metas, es el principal valor que tiene el productor para su crecimiento personal.

Las aspiraciones de la población rural giran en torno a tres aspectos principales según lo investigado en el plan de desarrollo del municipio del Dovia (2008). **Existencia en comunidad**, donde están garantizadas la salud, la familia y la alimentación. **Desarrollo**, donde se encuentra el acceso a la educación, empleo y el progreso económico y finalmente la **participación ciudadana** en espacios sociales como agente activo de la comunidad.

Las expectativas en la población agricultora están fundamentadas principalmente en el desarrollo económico propio y comunitario según el Plan Frutícola Nacional (2006). A través de las oportunidades que se abren gracias a la apertura de nuevas empresas en sector agroindustrial y la inversión en planes de fomento, como el Plan Frutícola y el Plan de Fomento Hortofrutícola. La generación de empleo y la llegada de nuevos conocimientos es una opción de crear un desarrollo económico sostenible en cada una de las regiones.

Cliente, Usuario

Los pequeños productores se caracterizan por poseer de 0 a 0,6 hectáreas de terreno en el Valle del Cauca. Tienen un acceso a la tierra limitado, generando así una necesidad de optimización de sus recursos; Posee un nivel de escolaridad bajo-medio, no tiene especialización en el conocimiento más allá del nivel bachiller, debe sus conocimientos agrícolas a la experiencia; su mano de obra es generalmente familiar o asociativa, en algunos casos asalariada, generando el empleo de su entorno familiar y comunitario; tienen una fuerte dependencia de las cadenas productivas (Terratenientes, Agroindustria, Estado), donde se encuentra la agricultura de contrato, donde se garantiza la compra de la producción al agricultor, pero dado el caso se sacrifican porcentajes de ganancias; El destino de su producción es principalmente hacia el mercado local y regional, donde sus principales clientes son intermediarios; Su acceso al capital de trabajo es bajo, pues en muchos casos para el desarrollo de sus cultivos, tienen que adquirir préstamos, que retornan con la producción de la cosecha. Esta caracterización se realiza a través de un perfil socio-cultural al productor que plantea Lesmes (2009).

Mercado potencial

Existen **5400** pequeños productores en el valle del Cauca que poseen en promedio terrenos de 0,6 hectáreas y su actividad económica principal es la agricultura hortofrutícola.

Competencia

Proceso de Cultivo Tradicional. Es el proceso que menos recursos, conocimiento y equipamiento requiere, pero al sacrificar estos aspectos se obtienen cosechas irregulares. No se logran los rendimientos óptimos que se deben de obtener de una planta y así mismo se disminuyen los ingresos de los productores.

Cultivos tecnificados. Se requiere de alta inversión en equipamiento e insumos que garanticen la fertilidad y sanidad del suelo. Se requiere de mayores conocimientos en cuanto a agro insumos químicos. No es rentable para pequeños productores pues la alta inversión no se ve justificada en un reducido espacio de terreno.

Mezcla de Mercadeo

Análisis del producto: Definición, identificación, empaque, precio

Debido a la baja cobertura del PFN, plan diseñado para beneficiar a los pequeños productores mediante la siembra de cultivos alternativos que generen mayores ingresos que los cultivos tradicionales y la necesidad de especializar el departamento en cultivos Hortofrutícolas para lograr mayor dinamismo dentro de la economía nacional. Se hace necesario la creación de un sistema de cultivo basado en la hidroponía, que incrementa el rendimiento de los cultivos hortofrutícolas, debido al aumento en la densidad de plantas/hectárea y el incremento que se produce en la calidad de la plantas. Además mediante la implementación de sistemas de monitoreo autónomos, se vigilarán las variables naturales que tienen que ver con la cantidad de nutrientes que la planta necesita, la cantidad de luz/día, el control de plagas y los procesos de podas para mejorar el crecimiento de la planta, garantizando el control sobre el proceso y la corrección en los niveles de cada una de las variables.

A través de ferias y revistas especializadas el productor podrá conocer el sistema, teniendo una plataforma virtual para la muestra de información y el proceso de pedido, también se tendrá una plataforma telefónica donde el productor podrá pedir información especializada que se le enviara ya sea en forma de catálogo o visitas de técnicos calificados, con los cuales se podrá tomar el pedido también.

Análisis del precio

Para la fijación del precio se utilizara una estrategia de penetración de mercado, utilizando el sistema de Contrato por Suscripción para poder ofrecer el producto, en condiciones que beneficien al cliente y al mejor precio posible, ofreciéndole además los servicios alternos que generaran valor al servicio y argumentaran el precio pagado.

Mediante el CPS el productor determinara el pago del aporte correspondiente de manera mensual, trimestral o semestral teniendo acceso, en toda la duración del contrato, al servicio técnico calificado, para la resolución de inconvenientes o fallas. Además al final del contrato el cliente podrá pagar un porcentaje pactado desde el inicio del contrato, para la compra definitiva del sistema.

Análisis de la política de comunicación

La radio, las ferias agropecuarias, las revistas especializadas y las alianzas con Asociaciones Agropecuarias son los principales medios de comunicación utilizados para llegar al público objetivo.

Radio, a través de cuñas informativas en estaciones radiales rurales, preferiblemente AM, debido a su alcance en todo el país, se podrá conocer los beneficios del producto, invitando al público a comunicarse con la empresa ya sea vía telefónica o internet, para conocer más acerca del producto y hacer los pedidos.

Ferias agrícolas, al ser eventos especializados, encontramos un mercado propenso a consumir, en busca de alternativas de inversión y con un conocimiento previo en el tema.

Revistas especializadas, pautas en publicaciones que tienen una comunicación directa con el mercado objetivo, que a la vez busca información sobre el tema.

Asociaciones agropecuarias, se llega directo a la base de asociados que hacen parte del mercado objetivo, teniendo una comunicación directa con los clientes, generando una relación más cercana y con mayor confianza.

Análisis de la distribución: transporte, empaque, venta

Primero, debe hacerse un análisis previo, mediante una visita al terreno con técnicos calificados, para determinar un esquema básico de organización del sistema en el cultivo y determinar el tamaño y número de componentes a utilizar. Con este esquema se realiza una cotización con la que el cliente podrá realizar el pedido ya sea vía telefónica o vía Internet.

El proceso de distribución comienza al momento de realizado el pedido y firmado el contrato de suscripción. En este punto se ejecuta un proceso de organización del pedido, de acuerdo a los requerimientos de tamaño del terreno y la cobertura, que desee el agricultor.

Una vez verificado el tamaño y la cantidad de componentes del sistema para el cliente en específico, se remite la orden a la bodega de distribución, que estará en un punto céntrico del Valle del Cauca para tener una cobertura a máximo dos horas en cualquier municipio del departamento. En la bodega se realizara el embalaje del sistema mediante láminas de cartón respaldo plegado, para lograr una protección del sistema durante el proceso de transporte al sitio de ensamble.

El sistema se transportara desensamblado, para minimizar el volumen que ocupa y optimizar su ubicación en el medio de transporte, permitiendo su envío en camiones de mediana capacidad, como los tipo Turbo de 18 m3 y 4,5 toneladas.

El ensamble del sistema se hace en el terreno, con presencia del técnico capacitado y el agricultor de acuerdo a un esquema previamente acordado, y teniendo en cuenta la cantidad de modulo, líneas, surcos que posea el sistema, en el cultivo específico.

CONCLUSIONES

La combinación de un producto que supla las necesidades del Mercado objetivo, más una estrategia de mercado que permite acceso a dicho producto por parte del cliente se convierte en la base de un sistema exitoso. Es necesario concentrarse en suplir las necesidades del cliente, no solo en cuanto al producto como tal, sino desde todos los aspectos relevantes a la decisión de compra precio, implementación, transporte, uso y desecho ya sea por devolución o por fin del ciclo de uso.

La comunicación directa y simple es importante para que el cliente entienda los beneficios y vea clara la aplicabilidad del sistema en sus procesos de cultivo, permitiendo una fácil apreciación de como el sistema le dará mayores beneficios sin ser necesario una fuerte inversión en equipos, conocimiento y recursos.

Finalmente es importante resaltar que logrando el acceso al mercado objetivo y cumpliendo la promesa de valor del producto, gracias a la escalabilidad del sistema se abre el espacio para que nuevos actores se conviertan en clientes, pues son evidentes las mismas necesidades en diferentes regiones del país, y en diferentes tipos de agricultores. A futuro se convierte en una opción para el desarrollo de sector agrícola colombiano y sudamericano.

BIBLIOGRAFÍA

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2006) *Plan Frutícola Nacional*. Publicación Nacional. [En línea] Recuperado de:
http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_18_DIAGNOSTICO%20FRUTICOLA%20NACIONAL.pdf (Visitado: 05 Ago 2014).

MINISTERIO DE AGRICULTURA SENA SERVICIO DE SANIDAD AGRARIA (2014). *Tratamientos cuarentenarios*. [En línea] Recuperado de:
http://www.senasa.gob.pe/0/modulos/JER/JER_Interna.aspx?ARE=0&PFL=2&JER=800 (Visto el 05 de Ago 2014).

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2013). Con \$10 mil millones arranca Plan Frutícola para el Valle. *Noticias Ministerio de Agricultura* [En línea] Recuperado de:
[https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Con-\\$10-mil-millones-arranca-Plan-Frut%C3%ADcola-para-el-Valle.aspx](https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Con-$10-mil-millones-arranca-Plan-Frut%C3%ADcola-para-el-Valle.aspx) (Visto el 05 de Ago 2014).

AGENCIA DE NOTICIAS UN (2013). Plan Frutícola del Valle del Cauca se asesora de la academia. *Agencia de Noticias UN* [En línea] Recuperado de:
<http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/plan-fruticola-del-valle-del-cauca-se-asesora-de-la-academia.html> (Visto el 05 de Ago 2014).

PNUD (2012). Documento de Discusión Nacional acerca de los Asuntos Claves en el Análisis del Sector Agricultura. Bogotá: PNUD [En línea] Recuperado de:
http://www.pnud.org.co/img_upload/61626461626434343535373737353535/CA_MBIOCLIMATICO/3.%20Memorias%20Di%C3%A1logo%20Nacional%20Interministerial%20sobre%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20el%20sector%20agropecuario/1DocdiscusionAgriculturayAdaptacionColombia.pdf (Visitado: 29 Jul 2014).

COLOMBIA, PROEXPORT (2012). Inversión en el Sector Hortofrutícola de Colombia. [En Línea] Recuperado de:
<http://www.inviertaencolombia.com.co/sectores/agroindustria/hortofruticola.html> (Visitado: 02 Ago 2014).

COLOMBIA, CÁMARA DE COMERCIO DE CALI (2012). La Horto-fruticultura: Una vocación que toma impulso. *Revista Acción*. Vol. 141 No. 2.

CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (2009). Agricultura Controlada, Producción Asegurada. *Revista Sembramos*. Vol. 11 No. 4 p. 8-13.

García, R. (2012). Historia de la tecnología agropecuaria y su desarrollo para los frutales en el Valle del Cauca. *Magazín Empresarial*, Vol. 8, No. 17 p. 59-70.

- Rojano, A., Salazar, M. y Llamas, G. (2004). Producción Agrícola Controlada. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Vol 13, No. 2, p. 1-9.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2009). *Estudios postcensales No.7*. Bogotá: DANE.
- Lacki, P. (2006) *El Verdadero Libro de los Pobres Rurales*. [En Línea] Recuperado de: <http://www.polanlacki.com.br/agroesp/index1.html> (Visitado: 20 Ago 2014).
- Salgar, L. (2005) El Cultivo de Maíz en Colombia. *Revista Semillas*. [En Línea] Vol. 22/23. Recuperado de: <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=c1a1--&x=20154614> (Visitado: 20 Ago 2014)
- Palacio, A. (2012) IV Congreso Nacional Hortofrutícola. Bogotá. [En Línea] Recuperado de: http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_204_Dr.%20Alvaro%20Ernesto%20Palacio%20Pelaez.pdf (Visitado: 18 Ago 2014)
- Colombia. Ministerio de Protección Social (2008) *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Bogotá: Imprenta Nacional.
- COLOMBIA, CÁMARA DE COMERCIO DE CALI (2012). La Horto-fruticultura: Una “jugosa” oportunidad para la región. *Revista Acción*. Vol. 148 No. 2.
- AGENCIA DE NOTICIAS UN (2013). El Valle produce pocas frutas para su gente. *Agencia de Noticias UN* [En línea] Recuperado de: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/el-valle-produce-pocas-frutas-y-hortalizas-para-su-gente.html> (Visitado: 05 de Ago 2014).
- Lesmes, A. (2009) *Caracterización socio-económica y empresarial para productores coturnícolas en el departamento de Cundinamarca*. Maestría en Desarrollo Rural. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Berzins, María Laura, & Romagnoli, Sergio. (S. f.). *Cultivo de plantas aromáticas*. Diciembre 2005, Vol.11(No.47), 24-25, 27-32.
- Fainstein, R. (1996). El cultivo hidropónico. *Horticultura internacional*, (13), 104.
- Guzmán, Guillermo A. (2004). *HIDROPONÍA EN CASA : Una actividad familiar*. Recuperado a partir de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
- Instituto De Nutrición De Centro América Y Panamá (Incap) Centro Regional De La Organización Panamericana De La Salud (Ops/Oms) Centro De Aprendizaje

- E Intercambio Del Saber En Seguridad Alimentaria Y Nutricional Del Incap (Cais/Incap). (2006). *Hidroponía: Sistema de Cultivo NFT*. Recuperado a partir de http://www.incap.int/portaleducativo/index.php/es/recursos/reservorio-san/doc_view/425-ficha-tecnologica-6-sistema-nft
- Marulanda, C., & Izquierdo, J. (2003). *La Huerta Hidropónica Popular (Curso audiovisual)*. FAO-regional Office: Recuperado a partir de <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/2926>án, Guillermo A. (2004). *HIDROPONÍA EN CASA : Una actividad familiar*. Recuperado a partir de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
- Medina, Xyomara A., Morales, Francés N., & Vega, Eveliz. (2011, Julio). *Investigación del grupo de diseño, grupo a: Hidroponía*. Recuperado a partir de <https://ecodatahousing.files.wordpress.com/2011/08/dossier-investigacion-hidroponia.pdf>
- Pulido, L., González, J., Villareal, M. (2009). *Metodología para el diagnóstico, manejo y control de la salinidad, aplicada en el Distrito de Riego 038 Rio Mayo, Sonora, México*. México D.F.: IMTA
- ONU. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (2002) *El cultivo protegido en clima mediterráneo*. Roma: Imprenta Nacional.
- Burés, Silvia. (1997). *Manejo de Sustratos*. Retrieved from http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80-373_I_CURSO_DE_GESTION_DE_VIVEROS_FORESTALES/80-373/7_MANEJO_DE_SUSTRATOS.PDF
- Corona, Juan P. (n.d.). *HIDROPONÍA*. México. Retrieved from <http://www.hidroponiagdl.com/images/publicaciones/1267154719.pdf>
- Irigo, A. P. (2010). *Estudio de viabilidad de un proyecto de producción de lechugas hidropónicas en el sudoeste de la provincia de Córdoba (masters)*. Retrieved from <http://tesis.bibdigital.uccor.edu.ar/53/>
- Lara, Alfredo. (2000). *MANEJO DE LA SOLUCION NUTRITIVA EN LA PRODUCCION DE TOMATE EN HIDROPONIA*. Retrieved from <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf>
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española (22.aed.)*. [En línea] Recuperado de: <http://www.rae.es/rae.html> (Visitado 18 Ago 2014)

Entrevista a Eider Daniel Gómez. *Vicerrector de la Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Universidad Nacional (02 Sep 2014)

Entrevista a Alicia Santibáñez. *Agricultora con experiencia de 20 años*. Obando, Valle (27 Ago 2014)

Entrevista a José Ortega. *Trabajador en cultivos de Arroz para la investigación*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (03 Sep 2014)

Pérez, P. (2013), "The market research", *Management Science*, Vol. 48 No. 8, pp. 1024-41.

ICONTEC. (2005). Norma Técnica Colombiana NTC- 22000. Editada por el Instituto Colombiano de Norm as Técnicas y Certificación (ICONTEC) Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435.

Ochoa, L. Lundy, M. (2008) *El caso de producción de pasta de ají para exportación en el valle del cauca Colombia*. Santiago de Chile: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

Padilla, J. et al (2008) *Plan de desarrollo municipal 2008-2011*. El Dovio: Alcaldía Municipal de El Dovio.

COLOMBIA, CÁMARA DE COMERCIO DE CALI (2012). La Horto-fruticultura: Una "jugosa" oportunidad para la región. *Revista Acción*. Vol. 148 No. 2.

Colombia. Ministerio de Protección Social (2008) *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Bogotá: Imprenta Nación.

Anexos/Apéndices

Anexo A. Tabla de brecha tecnológica valle del cauca (2006) Plan Frutícola Nacional: Valle del Cauca, Tierra de Frutas. P. 46 Cali: Feriva

N° Especies	Especie	Producción (t/ha)			
		Promedio departamento	Promedio mejores fruticultores	Promedio investigación	Brecha
1	Aguacate	10	15	35	10 - 25
2	Banano	11	25	40	15 - 29
3	Bananito	10	11	28	11 - 17
4	Borojó	3	11	15	4 - 12
5	Brevo	9	14	35	21 - 26
6	Coco	5	5	20	15
7	Chontaduro	14	14	12	0
8	Curuba	8	9	30	21 - 22
9	Fresa	6	7	51	44 - 45
10	Granadilla	12	12	40	28
11	Guanábana	10	20	35	15 - 25
12	Guayaba	11	38	60	22 - 49
13	Lima Tahití	13	40	40	0 - 27
14	Lima Pajarito	11	38	25	14
15	Lulo	7	18	30	12 - 23
16	Macadamia	4	4	7	3
17	Mandarina	11	38	45	7 - 34
18	Mango	11	15	35	20 - 24
19	Maracuyá	24	38	50	12 - 26
20	Melón	37	40	45	5 - 8
21	Mora	5	12	25	13 - 20
22	Naranja	21	48	80	32 - 59
23	Papaya	21	80	110	30 - 89
24	Piña	67	69	100	31 - 33
25	Pitaya	7	8	30	22 - 23
26	Toronja	15	40	25	10
27	Tangelo	18	35	40	5 - 22
28	Tomate de árbol	14	25	40	15 - 26
29	Uchuva	13	13	21	8
30	Vid	16	23	50	27 - 34
Total		13,7	24,3	40,0	

Anexo B. Tabla de participación valle en la producción anual. 2004 (2006)
Plan Frutícola Nacional: Valle del Cauca, Tierra de Frutas. P. 42 Cali: Feriva.

Especie	Participación en la producción nacional %
Vid	79,49
Chontaduro	58,99
Banano	46,99
Pitaya	46,12
Melón	39,68
Borojó	25,62
Guanábana	23,00
Zapote	22,86
Granadilla	19,80
Brevo	19,50
Toronja	17,64
Lulo	16,54
Macadamia	16,13
Maracuyá	14,18
Papaya	14,03
Tangelo	13,09
Guayaba	11,62
Mora	10,70
Bananito	10,48
Curaba	9,83
Piña	9,27
Naranja	8,54
Aguacate	8,47
Mandarina	7,39
Lima Tahití	5,61
Tomate de árbol	5,26
Lima Pajarito	4,29
Coco	2,47
Ciruela Cal	1,29
Mango	0,57
Uchuva	0,57
Caducifolios	0,32
Fresa	0,19
Total	12,71

Anexo C. Matriz de comparación sistemas hidropónicos. Elaboración Propia. (2014)

	SISTEMA DE SUSTRATO SOLIDO	SISTEMA DE RAÍZ FLOTANTE	SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)	SISTEMA DFT (DEEP FLOW TECHNIQUE)	SISTEMA ESTÁTICO (SAT)
Contenedor impermeable	SI	SI	SI	SI	SI
Sistema de desague	SI	SI	SI	SI	SI
Energía externa			SI	SI	
Ciclo cambio de solución		Semanal			Cada Cosecha
Aereación del sistema		Constante			Constante
Suministro frecuente de la solución nutritiva	SI	SI	SI	SI	
Eventual contaminación de la estructura	SI	SI		SI	
Control del pH		SI	SI	SI	
Control electroconductividad de la solución nutritiva		SI		SI	
Control de la Salinidad de la solución nutritiva			SI	SI	
Plantas que no requieren mucha luz solar			SI	SI	
Plantas adecuadas	Más de 30 especies de hortalizas	Lechuga Espinaca Aromáticas	Hortalizas de Pequeño a Mediano tamaño	Lechuga Espinaca Aromáticas	Más de 30 especies de hortalizas

Anexo D. Cronograma. Elaboración Propia. (2014)

ACTIVIDAD	AGOSTO					SEPTIEMBRE				OCTUBRE					NOVIEMBRE			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
INVESTIGACION DEL PROYECTO																		
Entrega ensayo	ago-01																	
Buscar estado del arte																		
Elementos comunes en el cultivo de frutas y hortalizas																		
Establecer Variables en la geografía y las condiciones del contexto																		
Determinar elementos comunes y limitantes del contexto																		
Estrategias implementación TIC's en población rural																		
Caracterización Población Objetivo																		
Investigar y desarrollar hidroponía aplicada																		
Entrega ficha técnica		ago-08																
Elaboración índice marco teórico																		
Entrega marco teórico			ago-15															
Elaboración mapa conceptual																		
Entrega conceptualización					ago-22													
DESARROLLO DE PROPUESTA																		
Establecer base tecnológica																		
Definir proceso de cultivo y procesos de monitoreo inteligente																		
Desarrollo de propuesta																		
Buscar experto en sensores, sensores en el mercado.																		
Desarrollo de programación																		
Construcción mecanismos sistema de cultivo																		
Presentar informe de mercado y modelo de negocio																		oct-03
Presentación informe producción e impacto ambiental																		oct-03
Presentación informe de costos																		oct-03
Comprar materiales prototipo																		
Construcción prototipo																		
Reunir grupo de posibles usuarios y expertos																		
Presentación prueba de mercado																		sep-19
ENTREGA																		
Entrega documento final																		oct-14
Presentación prototipo																		oct-14
Presentación segunda prueba de mercado																		oct-14
Desarrollo de Paper																		
Entrega papers																		oct-31
Parte gráfica presentación																		
Animación presentación																		
Vídeo comprobación																		
Pre presentación																		nov-07
Documento corregido (carta de cambios)																		nov-14
Entrega afiche y montaje hall																		nov-20
Sustentación																		nov-20
Entrega CD																		nov-24

Tabla 13. Cronograma

Anexo E. Fotografías del problema.



Ilustración 46. Huerto hortícola, surco de cilantro. Obando, Valle. Fuente: Trabajo de Campo (2014).



Ilustración 47. Planta de fresa. Fuente: Splendor.es (2012).



Ilustración 48. Planta de melón. Fuente: flordeplanta.com.ar (2010).



Ilustración 49. Capacitación en huertos hortícolas. Fuente: Trabajo de Campo (2014).



Ilustración 50. Implementación de Sistema hidropónico Estático (SAT). Fuente: growlandia.com (2014).