Propuesta de una solución tecnológica de recolección de fresa a partir de una integración de saberes de ingeniería y diseño.

Holman Mauricio Albarracín Pinzón

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Bogotá D.C., Colombia

2019

Propuesta de una solución tecnológica para la recolección de fresa a partir de una integración de saberes de ingeniería y diseño.

Holman Mauricio Albarracín Pinzón

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Maestría en Ingeniería Agrícola

Director:

PhD. John Fabio Acuña Caita

Línea de Investigación:

Poscosecha de productos agrícolas

Grupo de Investigación:

Gestión en Tecnología e Innovación en Biosistemas (GTI)

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola

Bogotá D.C., Colombia

2019

A mi familia, porque me enseñaron lo valioso y me entregaron su amor incondicional.

Los cambios generados por la revolución industrial fueron trascendentales para los seres humanos y su relación con el entorno, pues pasamos de una sociedad agraria-rural a una industrial-urbana, ahora, con la revolución del diseño habrá desarrollos tecnológicos y transferencia de conocimiento para transformar a las comunidades agrícolas hacia una economía sostenible y una sociedad más colaborativa.

Holman Mauricio Albarracín Pinzón

Agradecimientos

Tengo una deuda de gratitud con John Fabio Acuña Caita, director de esta Tesis, mi profesor de la maestría y líder del grupo de investigación de Gestión en Tecnología, e Innovación en Biosistemas (GTI) al cual pertenezco desde hace ya varios años, su conocimiento fue la clave para el desarrollo de esta Tesis y sus consejos siempre me ayudaron a seguir adelante, mil gracias.

También agradezco a la Universidad Nacional de Colombia, por ser el mejor escenario para desarrollar esta investigación y mi lugar de trabajo como docente, a la Facultad de Ingeniería por hacerme sentir como en casa y a los profesores de la maestría en ingeniería agrícola por todo su apoyo y dedicación.

A los profesores de la Escuela de Diseño Industrial especialmente a José Javier Aguilar, Alfonso Bohórquez, Jairo Leal, Gabriel García, Karen Lange, David Puentes y a Germán Silva Valderrama por todas los comentarios y las charlas que alimentaron el alma y esta investigación.

A mis estudiantes, fuente de inspiración y orgullo constante.

Resumen

Esta investigación presenta un diseño industrial para la recolección de fresa en el departamento de Cundinamarca, a través del reconocimiento y la aplicación de una metodología de diseño utilizada en el Grupo de Investigación GTI, denominada MEDISTA (Metodología para el Diseño de Soluciones Tecnológicas en el sector Agrícola), esta se aplica para los proyectos con potencial innovación en el sector agrícola. Se encontró una gran cantidad de posibles modelos metodológicos para la generación de soluciones tecnológicas desde las disciplinas del diseño y la ingeniería. Se concluyó que la metodología MEDISTA posee algunas ventajas como: La rápida generación de propuestas desde una perspectiva técnica; El armónico acoplamiento de las diferentes disciplinas de trabajo que intervienen en los proyectos (diseño, ingeniería, agronomía, etc.); La inclusión temprana de los beneficiarios (productores, propietarios, administradores, trabajadores, operarios, etc.) contribuye a la empatía y acelera los procesos de diseño y desarrollo de producto; Y los resultados son productos adaptables a diferentes necesidades de los beneficiarios. Todo esto es importante ya que el sector agrícola colombiano tiene grandes desafíos como el posconflicto, en lo social, económicos, políticos y ambientales, y esta metodología puede contribuir a la generación y aplicación de proyectos con impactos positivos hacia el desarrollo agrícola sostenible con equidad para una paz justa y duradera.

Palabras clave: Innovación agrícola, Diseño de herramientas para poscosecha, solución tecnológica para la recolección de fresa, metodología de diseño para el sector agrícola

Abstract

This research presents an industrial design for strawberry harvesting in the department of Cundinamarca, through the recognition and application of a design methodology used in the GTI Research Group, called MEDISTA (Methodology for the Design of Technological Solutions in the sector Agricultural), this applies to projects with potential for innovation in the agricultural sector. A large number of possible methodological models were found for the generation of technological solutions from the disciplines of design and engineering. It was concluded that the GTI methodology has some advantages such as: The rapid generation of proposals from a technical perspective; The harmonic coupling of the different work disciplines that intervene in the projects (design, engineering, agronomy, etc.); The early inclusion of the beneficiaries (producers, owners, administrators, workers, operators, etc.) contributes to the empathy and accelerates the design and product development processes; And the results are products adaptable to different needs of the beneficiaries. All this is important since the Colombian agricultural sector has great challenges such as post-conflict, socially, economically, politically and environmentally, and this methodology can contribute to the generation and application of projects with positive impacts towards sustainable agricultural development with equity for a just and lasting peace.

Keywords: Agricultural innovation, Design of tools for post-harvest, technological solution for strawberry harvesting, design methodology for the agricultural sector

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XV**

Lista de Símbolos y abreviaturas ..... **XVI**

Introducción **1**

1 Marco teórico **3**
1.1 El diseño 3
1.1.1 Diseño Industrial 5
1.1.2 Metodología del diseño 7
1.2 Diseño y desarrollo de producto 12
1.2.1 Modelos de diseño y desarrollo de producto 13
1.2.1.1 Diseño participativo 14
1.2.1.2 Diseño colaborativo (Co-diseño, Co-creación). 14
1.2.1.3 Diseño desde ingeniería 16
1.2.1.4 Modelos integrados 20

2 Metodología GTI para el diseño de soluciones tecnológicas **24**
2.1 Metodología propuesta 24
2.1.1 Diagnostico 26
2.1.1.1 Diagnóstico de las visitas a cultivos 27
2.1.1.2 Soluciones tecnológicas para la recolección de fresa 28
2.1.2 Brief 36
2.1.2.1 Definición del problema 36
2.1.2.2 Problema 36
2.1.2.3 Objetivo 36
2.1.2.4 Tabla de Requerimientos. 36
2.1.3 Generación de propuestas 37
2.1.3.1 Recolección en el suelo 37
2.1.3.2 Bocetación 37
2.1.4 Prototipado 37
2.1.4.1 Propuestas 38
2.1.5 Protocolos de validación 41
2.1.5.1 Objetivo 41
2.1.5.2 Metodología 42

2.1.5.3 Aspectos a Evaluar. 43
2.1.5.4 Hipótesis 43
2.1.5.5 Descripción 43
2.1.5.6 Equipo necesario 45
2.1.5.7 Formato de Registro para la Prueba RPRF1 45
2.1.5.8 Formato de encuesta EPRF1 45
2.1.6 Validación en campo 46
2.1.6.1 Estimación de la carga física 46
2.1.6.2 Cantidad de producto cosechado 50
2.1.6.3 Distancia recorrida en la recolección 54
2.1.6.4 Tiempo trascurrido en la recolección 57

3 Solución tecnológica para la recolección de fresa 61
3.1 Descripción de la propuesta 61
3.1.1 Beneficios Ergonómicos. 61
3.1.2 Beneficios de Apropiación y Adaptación. 63
3.2 Secuencia de uso 64
3.3 Características técnica 68

4 Conclusiones y recomendaciones 69
4.1 Conclusiones 69
4.2 Recomendaciones 71

A. Anexo: Formato de registro para la comprobación de prototipos RPRF1 73

B. Anexo: Formato de encuesta para la comprobación de prototipos EPRF1 75

C. Anexo: Tabla de requerimientos 77

D. Anexo: Formato de encuesta para la comprobación de prototipos EPRF1 79

Bibliografía 81

Lista de figuras

Pág.

Figura 1 Modelo lineal de Koberg y Bagnall 9
Figura 2 Modelo circular de Koberg y Bagnall 10
Figura 3 Modelo de divergencia y convergencia..... 11
Figura 4 Aproximaciones a la investigación en diseño..... 15
Figura 5 Proceso básico de diseño colaborativo (Co-design) 16
Figura 6 Fases del proceso de diseño..... 18
Figura 7 Etapa de ciclo de vida del producto 18
Figura 8 Modelo del proceso de DDP por ingeniería secuencial..... 19
Figura 9 Modelo de la metodología MEDISTA..... 26
Figura 10 Sistema de recolección en Sibaté, Cundinamarca..... 28
Figura 11 Prototipo Nº1 para la recolección en el suelo 38
Figura 12 Vehículo para recolección (Trapecio y Rueda). 39
Figura 13 Vehículo para recolección (Trapecio y Patín). 40
Figura 14 Vehículo para recolección (Casquete y rueda). 40
Figura 15 Vehículo para recolección (Casquete y patín). 41
Figura 16 Puntos para la valoración de la tarea de los operarios de manera tradicional 49
Figura 17 Puntos para la valoración de la tarea de los operarios con la configuración 2 (trapecio + rueda)..... 50
Figura 18 Cantidad de producto recolectado de modo tradicional (configuración 1) 51
Figura 19 Cantidad de producto recolectado con la configuración 2..... 51
Figura 20 Cantidad de producto recolectado con la configuración 3..... 52
Figura 21 Cantidad de producto recolectado con la configuración 4..... 52
Figura 22 Cantidad de producto recolectado con la configuración 5..... 53
Figura 23 Distancia recorrida en la recolección tradicional (Configuración 1) 54
Figura 24 Distancia recorrida con la configuración 2 55
Figura 25 Distancia recorrida con la configuración 3 55
Figura 26 Distancia recorrida con la configuración 4 56
Figura 27 Distancia recorrida con la configuración 5 56
Figura 28 Beneficios ergonómicos..... 61
Figura 29 Etapas de la MEDISTA para mejorar la ergonomía 62
Figura 30 Beneficios de apropiación y adaptación..... 63
Figura 31 Etapas de la MEDISTA para mejorar la apropiación y adaptación..... 64
Figura 32 Primer paso ajustar 65
Figura 33 Segundo paso ubicar..... 65

Figura 34 Tercer paso caminar 66
Figura 35 Cuarto paso recolectar 66
Figura 36 Quinto paso empujar y recolectar 67
Figura 37 Sexto paso desplazarse al centro de acopio 67
Figura 38 Beneficios técnicos 68

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1 Proceso de diseño comparado de Asimow 21
Tabla 2 Herramientas manuales 29
Tabla 3 Sistemas de recolección asistida. 32
Tabla 4 Sistemas Automatizados 35
Tabla 5 Variables a registradas en las comprobaciones 44
Tabla 6 Equipo necesario para la prueba 45
Tabla 7 Coeficiente de penosidad 48
Tabla 8 Valoración de la tarea (Frimat) 49
Tabla 9 Promedio de producto recolectado en las pruebas (lb) 53
Tabla 10 Promedio de distancia recorrida en las pruebas (m) 57
Tabla 11 Promedio de tiempos en las pruebas (min:s) 58

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
FCB	Frecuencia Cardiaca Basal	lpm	
FCM	Frecuencia Cardiaca Media	lpm	
FCMax	Frecuencia Cardiaca Máxima	lpm	
FCMax_t	Frecuencia Cardiaca Máxima teórica	lpm	Lpm-edad
ΔFC	Incremento de la Frecuencia Cardiaca	lpm	FCMax-FCM
CCA	Costo Cardiaco Absoluto	lpm	FCM-FCB
CCR	Costo Cardiaco Relativo		CCA / (FCMax_t - FCB)

Abreviaturas

Abreviatura	Término
DC	Diseño Concurrente
D-Co	Diseño Colaborativo
DP	Diseño Participativo
DDP	Diseño y Desarrollo de Producto
GTI	Gestión en Tecnología e Innovación en Biosistemas
ICSID	Industrial Council of Societies of industrial Design
ISC	Ingeniería Simultánea y Concurrente
PDDP	Proceso de Diseño y Desarrollo de Producto
MEDISTA	Metodología para el Diseño de Soluciones Tecnológicas en el sector Agrícola

Introducción

Para el sector agroindustrial colombiano y en particular para los productores agropecuarios, existe la necesidad de tener acceso a nuevas tecnologías de cosecha y poscosecha, específicamente en Fresa (*Fragaria x ananassa*), como un producto de interés para la industria, el estado y los agricultores, quienes buscan soluciones innovadoras que tengan en cuenta las exigencias del mercado nacional y los requerimientos para productos tipo exportación.

Esta Tesis busca generar una solución tecnológica específicamente para la recolección de fresa en el departamento de Cundinamarca, a través de un modelo metodológico que integre la disciplina del diseño con el arte y la técnica de aplicar los conocimientos científicos a una invención desde la ingeniería.

Debido a la variedad de métodos de diseño, se hizo un reconocimiento sobre los más pertinentes al desarrollo tecnológico en el sector agrícola, pudiendo determinar una metodología propia denominada MEDISTA (Metodología para el Diseño de Soluciones Tecnológicas en el sector Agrícola), aplicada en el grupo de investigación Gestión en Tecnología e Innovación en Biosistemas (GTI), al cual pertenece el autor de esta Tesis.

Este modelo pretende establecer unas pautas para aplicar a otros proyectos de investigación que incluyan al diseño y desarrollo de producto, ya que existen diversos métodos para las organizaciones productivas que responden a una economía de mercado y de comercialización, y no desde la perspectiva académica cuyos resultados en algunas ocasiones no son implementados en masa por la comunidad.

1 Marco teórico

1.1 El diseño

Aun no existe un consenso sobre el origen del diseño, por ejemplo, Campi (2007 p.17), señala que la capacidad de diseñar, o de crear útiles y artefactos es exclusiva al ser humano, por lo tanto, eso lo distingue de otros animales y sus inicios se remontarían a la prehistoria. Por otra parte, Tsuen-Hsuin (1972) cita los ejemplos de la milenaria cultura China y sus maravillosos inventos que contribuyeron a la modernización de occidente, como el papel, la imprenta, la brújula, la pólvora, etc. Puesto que, sin duda alguna, tuvieron al diseño (acto de proyectar y construir) como fundamento para su desarrollo.

Para entender al diseño como un proceso de creación, se debe buscar más adelante en el tiempo, hasta la época del Renacimiento, cuando el acto de proyectar y el acto de crear se establecieron como dos cosas diferentes. Se les llamó artes de *disegno* como aquellas artes superiores que necesitaban un dibujo previo o un dibujo de proyecto. Luego, en la era moderna la ingeniería y la arquitectura han sido las disciplinas que han apropiado y desarrollado la cultura de proyecto (Campi, 2007 p.230) incluyendo la invención, creación y diseño. En este mismo sentido, la ingeniería agrícola también ha proporcionado soluciones tecnológicas para mejorar la producción en el sector rural, por lo cual, emerge el diseño como una herramienta para el avance y optimización de esta.

Más adelante, el origen del diseño de objetos para la producción industrial se puede encontrar desde 1750 a 1850, cuando Europa occidental y los Estados Unidos realizaron la transición de una economía rural y una sociedad agraria, a una economía industrial y una sociedad urbana (Campi, 2007 p.20), todo esto en nombre del progreso. Irónicamente cada día son más importantes los proyectos de diseño agroindustrial, pues al hacer transferencia tecnológica de estos al sector rural y a las economías agrarias, se apoya a las comunidades vulnerables en su recuperación (social, económica y cultural), a los campesinos en su producción de alimentos, y para dar equidad y competitividad al sector,

Luego, para los investigadores las primeras propuestas sobre escribir la historia y teoría del diseño se basaron en otras áreas del conocimiento, como las bellas artes y la arquitectura, posiblemente debido a la obra de 1936 de Nikolaus Pevsner; *Pioneers of Modern Design: From William Morris to Walter Gropious*, donde identifica una detallada secuencia histórica sobre los inicios de las artes plásticas, la arquitectura y el diseño, que según Campi (2007 p.224), se rompe hacia los años cincuenta y sesenta del siglo XX. Es allí donde el diseño toma fuerza y se establece como una profesión emergente en la sociedad moderna, apoyando el consumo de bienes y el sistema económico capitalista.

Para comprender esto, se pueden ver algunas definiciones y descripciones del diseño en la década de los sesenta, tomando de varios autores sus definiciones donde el diseño:

- “Es encontrar los componentes físicos adecuados de una estructura física” (Alexander, 1963).
- “Es una actividad de resolución de problemas intencionada” (Archer, 1965).
- “Es la toma de decisiones, en un contexto de incertidumbre, con altas penas para el error” (Asimow, 1962).
- “Es la simulación de lo que queremos hacer, antes de que se realice, tantas veces como sean necesarias para tener confianza en el resultado final” (Booker, 1964).
- “Es el factor condicionante para aquellas partes del producto que entran en contacto con la gente” (Farr, 1966).
- “Diseño de ingeniería es el uso de principios científicos, información técnica e imaginación en la definición de una estructura mecánica, máquina o sistema para realizar las funciones especificadas previamente con la máxima economía y eficiencia” (Fielden, 1963).
- “Es relacionar un producto a una situación de dar satisfacción” (Gregory, 1966).
- “Es la realización de un acto muy complicado de la fe” (Jones, 1966).
- “Es la solución óptima a la suma de las verdaderas necesidades de un conjunto particular de circunstancias” (Matchett, 1968).
- “Es el salto imaginativo de los hechos presentes a las posibilidades futuras” (Page, 1966).
- “Es una actividad creativa que implica gestar algo nuevo y útil que no existía anteriormente” (Reswick, 1965).

Es de notar las marcadas diferencias entre estas definiciones, algunas hacen referencia al diseño como un proceso y otras como una acción o acto. Así mismo, no se menciona el acto de dibujar, bocetar o ilustrar, lo cual es una característica propia de un diseñador que prefigura y luego proyecta una solución para un problema particular, posiblemente porque en esta época se configuraba un futuro de innovaciones para el mercado y se dejaba a un lado su herencia en bellas artes, artes plásticas o arquitectura.

Ahora bien, para diseñar es necesario tener en cuenta varias dimensiones, como la estética, la funcional, la económica, la socio-política, etc., y al mismo tiempo se deben realizar investigaciones sobre los posibles usuarios, su modelo de pensamiento, su relación con el entorno, el re-diseño de productos, etc. Por lo tanto, el diseño empieza a convertirse en algo más complejo que requiere una formación distinta para entender su relación sistémica y su capacidad de respuesta a los problemas.

En este sentido, se puede diseñar muchos productos, como ropa (diseño de modas), interfaces gráficas (diseño de interfaces), edificios (diseño arquitectónico), marcas corporativas (branding), o los mismos métodos de diseño (Brinkkemper, 1996). De ahí la importancia de establecer una metodología que sea pertinente a cada uno de los objetos de estudio. Más adelante se identifican algunos posibles modelos metodológicos en las cuales se basa esta propuesta de diseño para la recolección de fresa.

En la actualidad el diseño se puede definir como el proceso previo de configuración mental (pre-figuración), en la búsqueda de una solución en cualquier campo, siendo utilizado habitualmente en el contexto de la industria, la ingeniería, la arquitectura, la comunicación y otras disciplinas creativas (Cambridge University Press, 2016). En efecto, estos contextos definen los campos de acción donde los profesionales del diseño y la ingeniería se pueden desempeñar para realizar proyectos específicos, y en el caso de esta Tesis, el diseño industrial es la disciplina relevante, el sector agrícola es el contexto industrial y la recolección de fresa es el objeto de estudio para dar una solución creativa.

1.1.1 Diseño Industrial

La organización más importante aparece en 1957, pues se fundó el Consejo Internacional de Sociedades de Diseño Industrial (ICSID, por sus siglas en inglés), esta es una organización internacional no gubernamental que promueve la profesión del diseño

industrial y su capacidad para generar mejores productos, sistemas, servicios, experiencias, comercio, industria y un mejor medio ambiente.

Entre tanto, Gui Bonsiepe (1975) propuso interpretar el diseño industrial como un medio a través del cual se puedan alcanzar unos objetivos, él planteó los siguientes:

- Mejorar la calidad medioambiental;
- Aumentar de la productividad;
- Aumentar de la calidad de uso de los productos industriales;
- Mejorar la calidad visual o estética del artículo;
- Aumentar el volumen de ventas de la empresa;
- Fomentar la industrialización en los países del tercer mundo

Más tarde, Oehlke (1978) añadió que a la creación de la forma no debería referirse únicamente al objeto perceptible por los sentidos, incluyendo también a los recursos necesarios para satisfacer las necesidades de la vida social e individual, dando así nuevas bases para ampliar su definición y para el ejercicio de dicha profesión.

Luego de esto, el mismo Bonsiepe (1986) buscando reivindicaciones sociales propuso dos clases de diseño, el diseño para la metrópoli y el diseño para la periferia, allí se promulgaba la importancia del contexto y del origen del diseño, respaldado por la realidad social, política y económica, en este caso de Latinoamérica.

Para Bürdek (1994), el concepto de diseño industrial nace en 1948 gracias al arquitecto holandés Mart Stam. Él expresaba que *"el diseñador industrial sería un proyectista que trabajará para la industria en cualquier campo, pero en particular en la creación de nuevos elementos y materiales".*

Posteriormente el ICSID (2015a), define que el diseño industrial es un proceso de carácter estratégico, pero con un enfoque claro en resolver problemas para beneficio de la innovación de este modo:

> *"conduce a una mejor calidad de vida a través de productos innovadores, sistemas, servicios y experiencias. Así mismo, el diseño industrial cierra la brecha entre lo que es y lo que no es posible, porque es una profesión transdisciplinaria que aprovecha*

la creatividad para resolver problemas y co-crear soluciones con la intención de hacer un producto, sistema, servicio, experiencia o un negocio mejor".

A su vez, el ICSID (2015a), define al diseño industrial con un enfoque propositivo al futuro, buscando oportunidades donde otros ven problemas, generando valor agregado en diferentes contextos:

Por esto mismo, es importante para esta investigación, pues permite proponer una metodología desde el punto de vista académico, cuando diferentes disciplinas se reúnen para desarrollar proyectos de investigación y estos incluyen el diseño y desarrollo de productos, pero no desde una perspectiva puramente económica y comercial, sino también de investigación y educación para la academia.

Así mismo, los diseñadores industriales ubican al ser humano en el centro del proceso y adquieren un profundo conocimiento de las necesidades del usuario a través de la empatía, aplicando algunos procesos de resolución de problemas centrados en el usuario, para diseñar productos, sistemas, servicios y experiencias. Ellos (los usuarios) son actores estratégicos en el proceso de innovación y están en una posición única para salvar variadas disciplinas profesionales y los intereses comerciales. En consecuencia, valoran el impacto económico, social y ambiental de su trabajo y su contribución a la co-creación de una mejor calidad de vida (ICSID, 2015b).

Lo anterior es de suma importancia, ya que el sector agrícola tiene una larga tradición de generar capacidades según la experiencia de algunos pocos actores, y donde sus prácticas culturales son arraigadas, por lo tanto, pueden tener en mayor medida alguna aversión al cambio que otros sectores. En consecuencia, los actores de toda la cadena productiva agrícola deben participar en los procesos de diseño de soluciones tecnológicas para aumentar la asertividad de los posibles resultados a transferir.

1.1.2 Metodología del diseño

Como ya se mencionó anteriormente el diseño evoluciona desde las bellas artes, pero se distingue de estas por su condición innata de responder a los usuarios, clientes o beneficiarios, y no solo al pensamiento de un artista que propone una obra para que pueda ser apreciada por los demás desde su propio y único punto de vista, sino que por el contrario, se despoja de sus preceptos para colocarse una investidura a través de sus

sentidos y desde allí él diseñador pueda generar soluciones para una mayoría y no solo para él.

En este mismo sentido, se necesita de una metodología de trabajo donde el diseñador pueda desarrollar un proyecto que responda adecuadamente a las necesidades y/o problemas planteados previamente, y desde luego, donde esta sea un modelo replicable y compartido para la investigación y la uso del mismo.

Bürdek (1994, pp.156) explica que, en los años sesenta gracias a la carrera espacial surgieron importantes estudios sobre la metodología del diseño, se les llamo “la investigación sistemática de la primera generación (Rittel, 1973)”, y buscaba dividir el proceso proyectual en pequeños pasos, los cuales eran:

- Conocer y definir la misión; era la condición previa a todo.
- Reunir información; sobre el estado real, técnicas y similitudes con otros.
- Analizar la información adquirida; sacar conclusiones y comparar con la misión prevista.
- Crear soluciones alternativas; a pesar de la constante frustración y las posibles crisis de creatividad, se debe llegar acá cuando se haya ideado al menos una solución y se haya comprobado su viabilidad.
- Evaluar y decidir por una o varias soluciones.
- Probar; presentar al responsable para que tome una decisión y puesta en práctica.

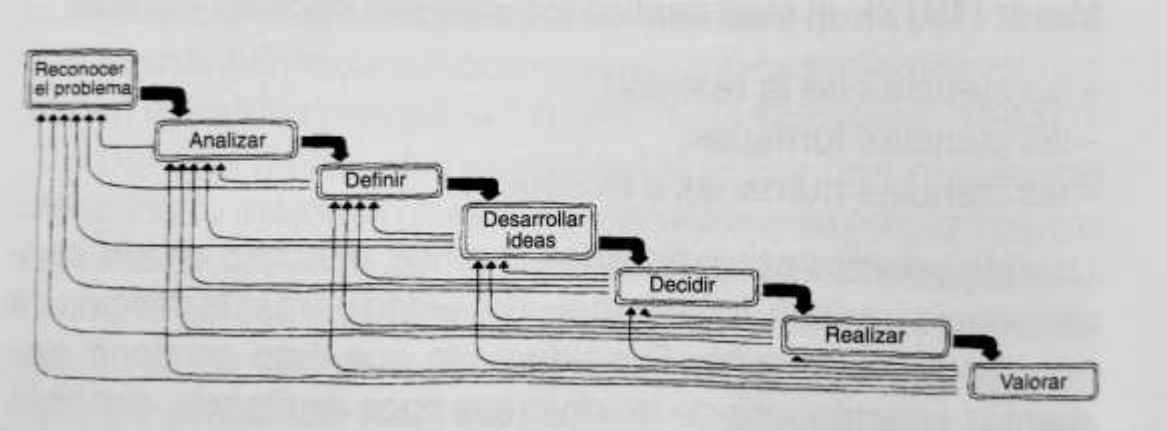
Mientras tanto, Hans Gugelot (1962) propuso un modelo de seis fases, así:

- Fase de información.
- Fase analítica.
- Fase de proyecto.
- Fase de decisión.
- Fase de cálculo y adaptación.
- Construcción de la maqueta.

Dentro de este contexto Bürdek (1994, pp.160) señala que, en el libro de Don Koberg y Jim Bagnall La Guía de Viajes Universal “contiene un proceso de programación durante el cual se van solucionando problemas, y se puede ver en formas variadas”

- Como un proceso lineal (ver Figura 1).
- Como un proceso circular; infinito (ver Figura 2).
- Como un sistema retroactivo perpetuo
- Como un sistema ramificado

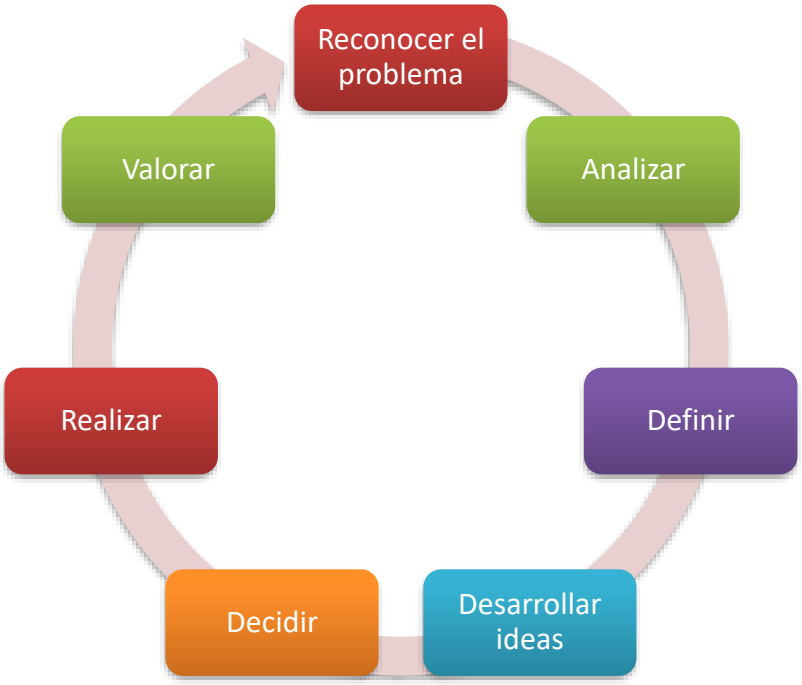
Figura 1 Modelo lineal de Koberg y Bagnall



Fuente: Tomado de Bürdek (1994, pp.160).

En este modelo lineal ya se identifica una característica del proceso de diseño moderno, la capacidad de iteración, es decir de volver a algún punto del proceso para evaluar, corregir, seguir adelante, y/o de ser necesario volver a otro punto etc. Gracias a esto, el diseño se vuelve un proceso de repeticiones y auto correcciones que ayuda a refinar los resultados de la manera más acertada posible.

Figura 2 Modelo circular de Koberg y Bagnall

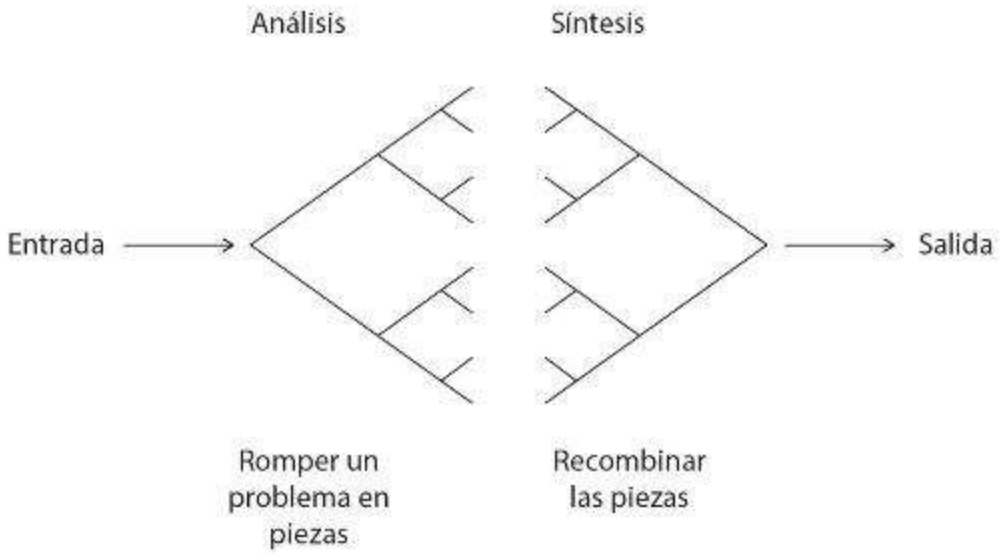


Fuente: adaptado de Bürdek (1994, pp.160).

En el modelo circular se entiende mejor el proceso de bucle, en el cual el resultado final del diseño se puede someter a una valoración periódica para volver a comenzar y mejorar continuamente el diseño.

Por otra parte, los diseñadores se describen a sí mismos como los creadores de muchas opciones (divergentes) y luego reducen sus opciones (convergentes). Alexander (1962) y otros diseñadores han descrito el análisis como un proceso de romper un problema en pedazos es decir "descomponerlo", luego la síntesis sigue como un reordenamiento de las piezas basadas en dependencias, resolviendo cada sub-pieza, y finalmente disminuyen las opciones al recombinar las piezas (ver Figura 3).

Figura 3 Modelo de divergencia y convergencia



Fuente: Adaptado de Dubberly, H. (2004).

En consecuencia, gracias a la metodología usada por el diseño, se considera que aumentan las probabilidades de éxito de los productos y servicios, pero también el grado de incertidumbre al ser un proceso flexible y repetitivo, dando espacio para dudas y temores por parte de las organizaciones que buscan reducir costos y aumentar el control de sus procesos en favor de la gestión y administración eficiente de sus recursos.

Como se identificará en el numeral 1.2.1, existen diversos modelos para representar esta metodología del diseño, con enfoques y necesidades de acuerdo a la disciplina que lo aborda (ingeniería, artes, etc.), o al tipo de proyecto a trabajar (diseño de modas, diseño industrial, diseño arquitectónico, diseño mecánico, etc.).

Estos modelos se abordarán desde el concepto de Diseño y Desarrollo de Producto (DDP), como el conjunto de acciones que determinan todo un proceso para aplicar la metodología de diseño desde diversas perspectivas.

1.2 Diseño y desarrollo de producto

Como resultado de una economía de mercado, la cual exige una renovación constante de bienes para fomentar el consumo, se extendió el concepto de diseño y desarrollo de producto (DDP) como una metodología de trabajo, ya que este responde a las organizaciones para promover nuevos productos y servicios con valor agregado, y al mismo tiempo, el diseño industrial como una actividad proyectual que se encargaba de liderar dichos procesos de DDP.

En este mismo sentido, el diseño se convierte en un tesoro intangible para estas organizaciones, ya que sus resultados (productos y/o servicios) son una ventaja competitiva que deben proteger y por ende es difícil acceder a cierta información de su metodología aplicada (Campi 2007). Por ejemplo, al proceso en detalle de desarrollo de los productos, a las técnicas de comunicación de los equipos de trabajo, a los protocolos para las comprobaciones de prototipos y en general, a los procesos internos de diseño y desarrollo de producto que hacen posible la venta de bienes y servicios que tratan de conquistar porciones de mercado a través de la innovación.

Debido a lo anterior, la literatura ha producido una explosión de métodos de diseño y desarrollo de productos (DDP), que buscan mejorar los resultados en la productividad y competitividad, buscando precisamente generar innovaciones y, por ende, como respuesta a estos enfoques de DDP se han publicado varias metodologías desde diferentes perspectivas.

En este mismo sentido, Jones (1982 pp.3) afirmó que, “una característica común de las críticas de los métodos tradicionales (de DDP) y las propuestas de nuevos métodos, es el intento de aislar la esencia del diseño y anotarla como un método estándar, o una receta única que se puede confiar en todas las situaciones”, Jones se refiere a conceptos como; el inicio difuso, el manejo de la incertidumbre (del resultado final), la iteración de procesos, la relación con los usuarios, entre otros, que no son fáciles de comprender y administrar por otras disciplinas.

Algunos métodos de DDP provienen desde las artes y las ciencias humanas (diseño colaborativo, diseño participativo), donde se enfocan en la belleza del producto (estética), la comunicación (semiótica), el estudio de las tendencias (moda) y sobre todo al ser humano como usuario, consumidor, comprador y/o beneficiario de dicho desarrollo.

Otras propuestas metodológicas se originan desde la Ingeniería (diseño axiomático, ingeniería secuencial), las cuales se orientan al proceso de fabricación, a la eficiencia de los recursos, en minimizar los costos, en optimizar la logística, entre otros, y otros métodos de DDP buscan un equilibrio desde estas y otras áreas del conocimiento.

En este sentido, dichos métodos de DDP tiene en común algunas variables que dependen de los diferentes campos de acción y aplicación, como la actividad comercial de la empresa, las necesidades de investigación y desarrollo (I+D), el impacto ambiental, el desempeño económico, las consecuencias en el ser humano desde la ergonomía, el desarrollo sostenible, el mercadeo, la publicidad, las partes interesadas, etc. Pero no siempre por compartir estas variables se puede hablar de una sola metodología de DDP, por esta razón no pueden ser utilizadas como una receta estándar porque depende de muchos factores para su éxito o fracaso.

Para abordar el objeto de estudio de esta Tesis, se analizaron seis métodos de DDP con el fin de revisar cuales pueden ser aplicados al proceso de generar soluciones tecnológicas en el sector agrícola colombiano, a continuación, se encuentran la descripción de dichos métodos.

1.2.1 Modelos de diseño y desarrollo de producto

Según Jones (1982 p.3), la literatura sobre métodos de diseño comenzó a aparecer en los países más industrializados en los años cincuenta y sesenta del siglo XX. Antes de ese tiempo, bastaba con saber lo que era el diseño para los arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales entre otros, que trabajaban con el fin de producir los dibujos, planos o bocetos que necesitaban sus clientes y/o fabricantes de productos, luego las cosas cambiaron, pues según el mismo Jones, en la práctica profesional y en la formación académica existen diferencias marcadas y hoy existen un acervo de diseñadores profesionales que dudan de los procedimientos que se les enseñó a utilizar y a su vez, están apareciendo un montón de nuevos métodos que proponen reemplazar a los

tradicionales, a continuación se muestran algunas de los modelos más utilizados por los diseñadores y que se encuentran publicados en el ámbito académico.

1.2.1.1 Diseño participativo

Como respuesta a esta explosión de métodos, el diseño ha ido evolucionando hasta dejar al usuario en el centro de todo el proceso, diferenciándose así como una disciplina creativa que busca satisfacer las necesidades y deseos humanos, es por esto que, cada vez más se trabaja de la mano con usuarios, clientes y comunidades como parte de este nuevo enfoque denominado Diseño Participativo (DP), que se va transformando en una luz para todos aquellos proceso que requieren un proceso colectivo, donde se tomen decisiones en conjunto y se reduzcan los tiempos de desarrollo, entre otras ventajas.

Originalmente el enfoque del DP nace en Noruega, Suecia y Dinamarca porque allí fue donde se estableció el enfoque de recursos colectivos para aumentar el valor de la producción industrial al involucrar a los trabajadores en el desarrollo de nuevos sistemas para su lugar de trabajo (Bødker 1996).

Esta orientación congregó la experiencia de los investigadores / diseñadores y la práctica de las personas cuyo trabajo debía verse afectado por el cambio. De este modo se basaron en las experiencias y se dotaron herramientas para en su realidad (Bødker 1996).

1.2.1.2 Diseño colaborativo (Co-diseño, Co-creación).

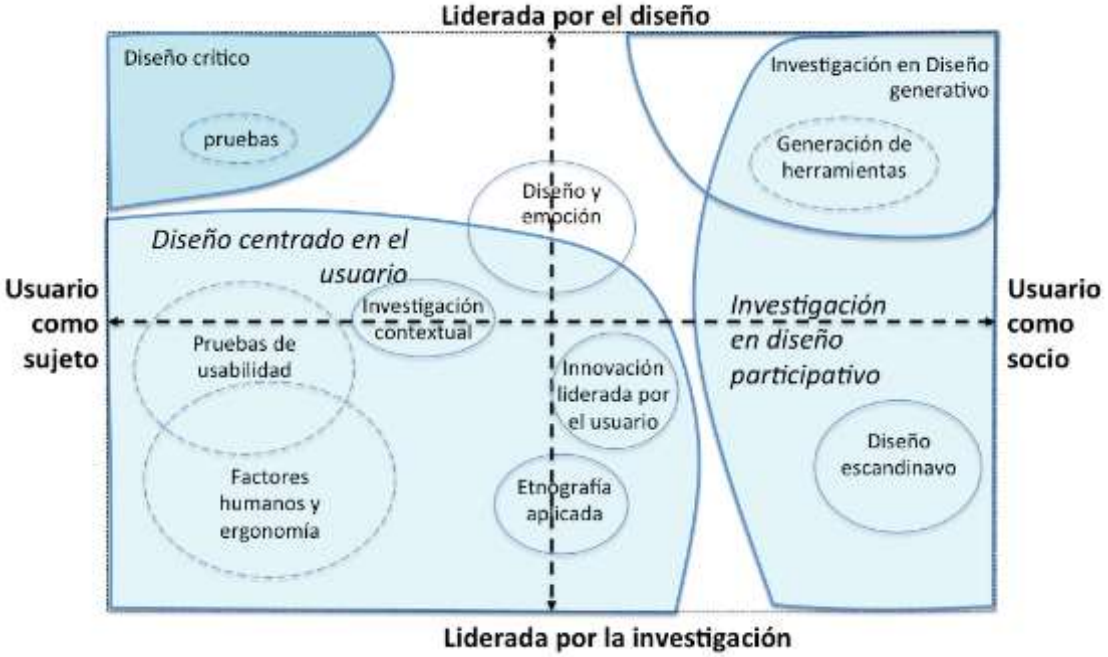
Sanders & Stappers (2014) señalan que, el perfeccionamiento de la toma de decisiones en los procesos de diseño se ha ido incrementando hasta tomar un papel fundamental, pues al llegar la participación de nuevos actores hace que también emerjan nuevas formas de gestión. Además de esto, identificaron que en esta evolución donde en principio solo actuaban diseñadores y luego participaban de manera conjunta los diseñadores y no diseñadores, tiene un énfasis en los siguientes puntos de vista:

- el enfoque (sondas culturales, juegos de herramientas generativas y prototipos de diseño),
- la mentalidad (diseño para las personas y el diseño con personas), el uso del tiempo (el mundo tal como es, el futuro cercano y el futuro especulativo),

- y las variaciones en la intención del diseño (provocativo, atractivo y servicial).

Para comprender estos puntos de vista Sanders & Stappers (2008), realizaron un mapeo de las teorías de diseño colaborativo que a juicio de ellos son las más importantes. En la Figura 4 se puede ver un mapa de estas aproximaciones al diseño en 4 direcciones o puntos de vista, en la parte superior se encuentran más cerca las investigaciones lideradas por el diseño puro y teórico, en la parte inferior las investigaciones lideradas por la metodología de la investigación científica, en el lado izquierdo están los abordajes de estas investigaciones a los usuarios como sujetos de estudio y al lado derecho a se acercarán más las investigaciones con un enfoque hacia los usuarios como socios y compañeros de trabajo.

Figura 4 Aproximaciones a la investigación en diseño



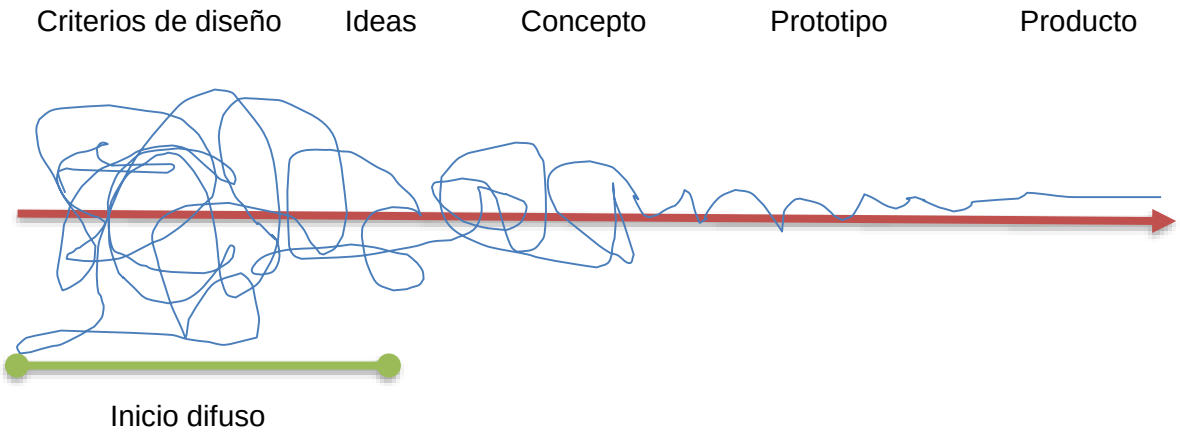
Fuente: Adaptado de Sanders & Stappers (2008).

Ahora bien, en la mayoría de los modelos de diseño colaborativos (co-diseño o co-creación), aseguran que el inicio del proceso es clave para empezar a capturar información importante, para generar empatía con las partes involucradas en el proyecto y para explorar alternativas. Este es comúnmente llamado Inicio Difuso (Fuzzy Front End, en inglés) por la cantidad de información manejada y el tipo de trabajo realizado, por lo tanto, es primordial que en la práctica se determine cuáles son los actores del proceso, cómo y

cuál va a ser su participación, cómo se va a capturar la información y cuáles son las herramientas para desarrollar este método.

a continuación se muestra en la Figura 5 el proceso básico y lineal del diseño colaborativo, donde se identifica la zona de “Inicio difuso” .

Figura 5 Proceso básico de diseño colaborativo (Co-design)



Fuente: Adaptado de Sanders & Stappers. (2008).

Cabe señalar que, para Sanders & Stappers (2014) la práctica de la creatividad colectiva en el diseño ha existido durante casi 40 años, bajo el nombre de Diseño Participativo, ahora se le llama co-creación o co-diseño, esto debido a que se remontan a los años setenta.

1.2.1.3 Diseño desde ingeniería

Para Aguayo y Soltero (2005) la evolución del entorno de competitividad empresarial ha forzado a la búsqueda de nuevos métodos de DDP que permitan incorporar el máximo valor y a su vez acortar el ciclo de diseño y desarrollo. Ellos identificaron dos enfoques que responden a estas ideas.

El primero fue en el continente europeo, como reacción a la competitividad japonesa. Se desarrolló la ingeniería simultánea, que prioriza los aspectos de la simultaneidad de las tareas y la integración funcional dentro y fuera de la empresa en el DDP y su

industrialización. El segundo fue la ingeniería concurrente en los Estados Unidos de América, como un método de trabajo que garantiza la integración de todos los subsistemas o funciones empresariales desplegadas en el DDP y el proceso de fabricación, luego se estableció como Ingeniería simultánea y concurrente (ISC).

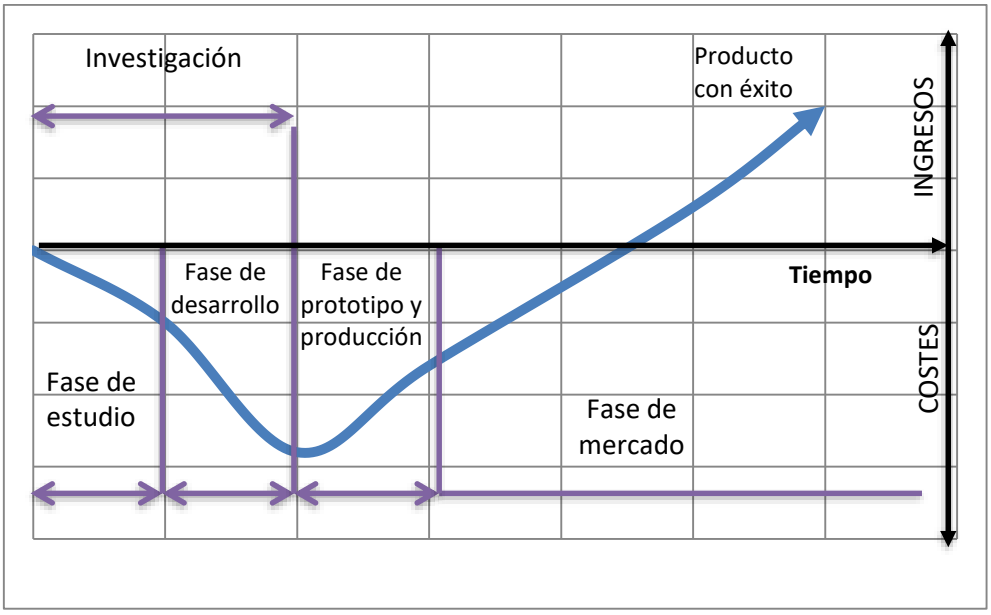
La ingeniería simultánea y concurrente (ISC) es un método sistemático para el diseño y desarrollo integrado de productos y del proceso de fabricación, que prioriza la satisfacción de expectativas y deseos de los clientes, asumiendo el valor del trabajo en equipos (ingeniería colaborativa). En la resolución cooperativa de problemas, la responsabilidad y la dirección compartida, de modo que las decisiones se toman de forma colectiva y orientadas a la obtención de actividades en paralelo cuya ejecución puede realizarse. Ser coordinadas y sincronizadas desde la perspectiva del ciclo de vida del proyecto.

Todo ello con el propósito de obtener la máxima flexibilidad. Un producto en el menor tiempo, al menor coste, con la calidad específica y procesos de fabricación ágiles (Aguayo y Soltero, 2005).

- Ciclo de vida del producto.

Para un producto industrial las ventas y beneficios siguen las pautas de crecimiento, madurez y declive, esto se comporta como un ciclo durante el cual se desarrolla la vida de un producto, pero a lo largo de este ciclo existe una etapa en la que no se generan ingresos, por el contrario, la organización debe tener prevista una inversión que recupere a corto mediano o largo plazo, estas fases son las de estudio, desarrollo, prototipo introducción (ver Figura 6).

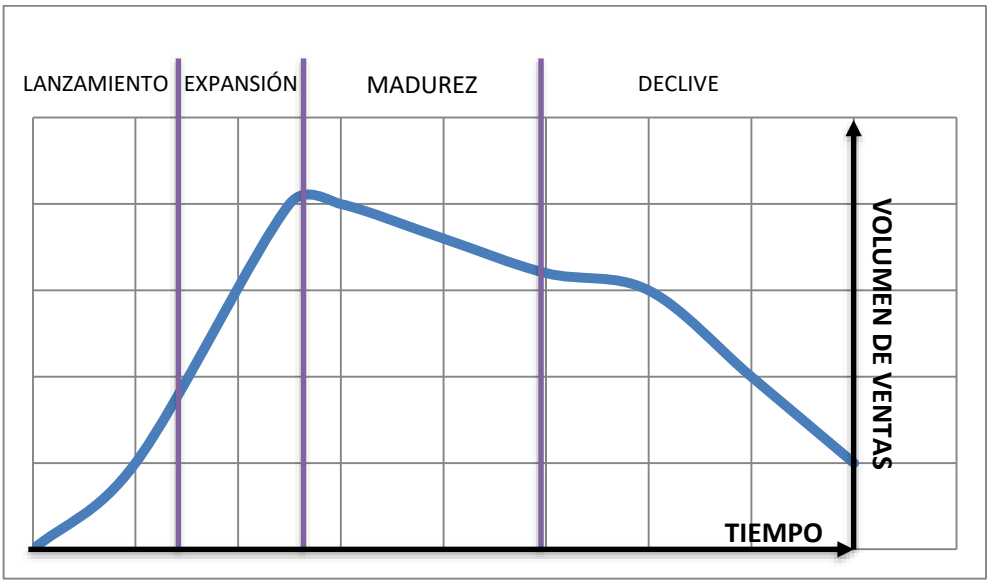
Figura 6 Fases del proceso de diseño



Fuente: Aguayo y Soltero (2005).

El proceso de diseño y desarrollo del producto termina cuando se introduce el producto en el mercado, iniciándose así una nueva etapa que genera ingresos para la organización y la constituyen las fases de: Introducción y lanzamiento del producto, expansión, madurez y declive (Figura 7)

Figura 7 Etapa de ciclo de vida del producto



Fuente: Aguayo y Soltero (2005).

En la fase de declive también se le puede denominar obsolescencia, los productos aquí necesitan ser mejorados y modificados de acuerdo a las demandas del mercado, O a las posibilidades que ofrece la tecnología, dando origen al concepto en el proceso de diseño y desarrollo de producto de la mejora continua.

- Modelo de diseño y desarrollo de producto por ingeniería secuencial.

Este modelo organiza las actividades y los procesos de las distintas etapas del proceso de DDP secuencialmente, además de esto, propone que los departamentos de la organización se vinculen en alguna etapa del proceso, por ejemplo, en la fase de concepto debe estar el departamento de marketing y en la fase de análisis el departamento de ingeniería, así entre otros (ver figura 8).

Figura 8 Modelo del proceso de DDP por ingeniería secuencial

Fuente: Aguayo y Soltero (2005).

- Modelo de diseño y desarrollo de producto por ingeniería concurrente

Este surgió con el objetivo de reducir la duración y el coste del proyecto, se basa en el trabajo en equipo, en este se tienen en cuenta las capacidades y demandas de todos los departamentos y si es necesario serán considerados desde la concepción del producto hasta el final del proceso.

En este mismo sentido, este modelo se puede definir como un sistema organizado destinado a cortar el tiempo del producto mediante la planificación simultánea del diseño y desarrollo del producto y el proceso de producción, buscando la convergencia sinérgica de todas las funciones y agentes implicados en todo el proceso (Aguayo y Soltero, 2005).

Los aspectos clave de este modelo son:

a) Los equipos de trabajo de ingeniería concurrente que desarrollan los proyectos.
b) Los equipos de coordinación y revisión que actualizan los proyectos en estado de revisión y activan las siguientes fases.
c) La simultaneidad de las fases que serán secuenciales en el modelo de ingeniería secuencial.
d) La tendencia a la máxima para legalización de las tareas.

Estos mismos autores determinan que, las ventajas de este modelo son producto de la situación en que diversas personas trabajan conjuntamente, usando diferentes técnicas, con el apalancamiento de la tecnología computacional, en consecuencia, esto permite a Acelerar el proceso de DDP debido a que diferentes tareas son desarrolladas de forma paralela articulándose con estrategias de eficiencia como la estandarización para legalización e integración, cabe anotar también que, al principio del proceso puede tomar más tiempo de trabajo, pero en fases posteriores se acelera y ese tiempo es recuperado.

1.2.1.4 Modelos integrados

Para comprender mejor las metodologías se debe identificar algunas que tengan una visión integrada desde varias disciplinas, a continuación, algunas de ellas.

1.2.1.4.1 Morris Asimow

Asimow era un ingeniero industrial prominente en los años 50 y los años 60, publicó en libro titulado Introducción al Diseño, en este Asimow dedica más de 50 páginas a describir el diseño de ingeniería y el proceso de diseño. Defiende el diseño de ingeniería como "una actividad orientada hacia el objetivo de satisfacer las necesidades humanas, particularmente las que pueden ser satisfechas por los factores tecnológicos de nuestra cultura, así mismo, como profesión, la ingeniería se ocupa en gran medida del diseño. Lo que distingue los objetos del diseño de ingeniería de los de otras actividades de diseño es la medida en que los factores tecnológicos deben contribuir a su consecución" (Dubberly 2004, pp. 92).

Asimow, como otros autores, distingue el diseño artesanal, el "diseño por la evolución", del "diseño por la innovación". Él señala: "Ahora con más frecuencia que nunca en el pasado, los productos son diseñados de novo", y Sugiere que esto crea mayor riesgo y complejidad y por lo tanto implica la necesidad de nuevas herramientas de diseño (Dubberly 2004, pp. 92).

Así mismo, Asimov (1962) identificó una secuencia del proceso de diseño desde la ingeniería, y una secuencia similar fue publicada por la Royal Institute of British Architects (1965) (ver Tabla 1).

Tabla 1 Proceso de diseño comparado de Asimow

ETAPA	DESDE LA INGENIERÍA	DESDE LA ARQUITECTURA
1	*Viabilidad*. Incluir una serie de conceptos posibles.	1. Concepción. 2. Viabilidad. 3. Nociones propuestas.
2	*Diseño preliminar*. Selección y desarrollo del mejor concepto.	4. esquema de diseño.
3	*Diseño detallado.* Una descripción del concepto desde el punto de vista de la ingeniería.	5. Diseño detallado
4	*Planificación.* Evaluación y alteración del concepto en función de los requerimientos de producción, distribución, consumo y eliminación del producto	6. Datos de producción. 7. Relación de cantidades. 8. Propuesta de acción. 9. Planificación del proyecto. 10. Conclusión. 11. Retroalimentación

Fuente: Traducido de Asimov (1962).

Aunque con términos diferentes, se distinguen algunos elementos similares de ambos

métodos, en ambos casos el diseño comienza en la etapa 1 con la captura de información, luego se estudian una serie de conceptos experimentales para configurar un diseño, posteriormente en la etapa 2 se selecciona una de las alternativas para desarrollar, una vez se alcanza un nivel de desarrollo necesario, el diseñador divide el trabajo entre varias personas para trabajar de manera paralela en un estudio de detalle en las etapas 3 y 4.

1.2.1.4.2 Taller de Proyectos Interdisciplinarios TPI

Otra aproximación a una metodología integrada desde varias disciplinas, es el abordaje que la asignatura de Taller de Proyectos Interdisciplinarios hace para la solución de problemas. A continuación, se describe esta asignatura para entender mejor cómo desde la academia se contribuye a este campo del conocimiento.

> *"La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, implementó en siete de sus nueve programas de pregrado, la asignatura Taller de Proyectos Interdisciplinarios (TPI) como una estrategia para generar coherencia entre las características de formación del estudiante y las capacidades que debe tener un ingeniero competente en cualquier ámbito; de acuerdo con ello se establece que es necesario incentivar la creatividad, el emprendimiento, el espíritu investigativo, el conocimiento del entorno social y económico, y el respeto por la conservación y uso sustentable de los recursos naturales (Taller De Proyectos Interdisciplinarios, 2010). "*

En una entrevista personal, realizada el 21 de septiembre del año 2016 a el profesor Alfonso Herrera Jiménez director de la asignatura TPI, asegura que como estrategia metodológica se han incluido a estudiantes de otras facultades como Medicina y Artes, específicamente de la carrera de Terapia Ocupacional y de Diseño Industrial respectivamente, esto ha permitido enfocar los proyectos desde otras perspectivas y proponer un proceso de desarrollo para todos los proyectos.

A su vez, el profesor Herrera explica que el proceso consta de 4 fases: Ambientación, Inspiración, Formulación + Prototipo y Presentación, en ese orden de ideas:

- La Ambientación es la primera fase, tiene una duración de una semana y consiste en la conformación de equipos de trabajo donde co-existan mínimo tres disciplinas y se identifiquen los posibles problemas a solucionar.
- La Inspiración dura de 4 a 5 semanas, en esta fase se selecciona y analiza la problemática, el contexto, los actores y se visualiza una posible solución, todo esto a través de herramientas como el PITCH (presentación resumida que busca llamar la atención de un inversor, en este caso un mentor), presentando el análisis del problema y una posible solución de manera infográfica.
- La Formulación + Prototipo corresponde a un estudio en matriz de análisis PESTEL (Político, Económico, Social, Técnico, Ambiental Y Legal), donde se determina cual es la viabilidad de la solución y se realizan prototipos rápidos donde se pueda comunicar la idea de solución.
- Y por último La Presentación corresponde a un PITCH más depurado y elaborado para que sea exhibida públicamente dicha solución y los profesores empiezan a seleccionar los proyectos, de 40 iniciales se eligen 10, posteriormente 6 y al final 3.

Para todo este proceso, manifiesta el profesor Herrera, metodológicamente se divide la asignatura en dos sesiones cada semana, una sesión donde los docentes trabajan directamente con cada grupo y la otra se programan charlas con aliados multidisciplinares donde se comparte información que les sirva como herramienta a los grupos de trabajo para cada fase, cabe recalcar que los docentes deben actuar como mentores, donde incentiven y apoyen los cambios, más allá de señalarlos y comunicarlos a los estudiantes.

2 Metodología GTI para el diseño de soluciones tecnológicas

2.1 Metodología propuesta

El abordaje metodológico parte de la experiencia del grupo de investigación de Gestión en Tecnología e Innovación en Biosistemas (GTI). Este grupo ha desarrollado proyectos para la generación de soluciones tecnológicas en diferentes cadenas agrícolas durante algunos años, sumando experiencias y desarrollando competencias para proyectos de investigación aplicada.

La metodología denominada MEDISTA por sus siglas en español (Metodología para el Diseño de Soluciones Tecnológicas en el sector Agrícola) está basada en el desarrollo de producto bajo los postulados del Diseño Concurrente (DC) (Hinrichsen *et al.,* 2002), éste se adoptó porque establece una estrecha relación entre las unidades del equipo de trabajo definidas por su ejercicio disciplinar: diseño, Ingeniería y marketing, que realizan un trabajo en forma paralela para reducir tiempos, adicionalmente con el objeto de tener una visión integrada.

Para Acuña (2010), las palabras clave para el diseño concurrente son integración y sincronización. Que se pueden definir en ocho etapas:

a. Análisis del estado del arte.
b. Análisis de mercado.
c. Desarrollo de un Brief de producto.
d. Desarrollo de propuestas conceptuales.
e. Desarrollo de propuestas formales.
f. Desarrollo técnico productivo
g. Ensayo y verificación.
h. Desarrollo comunicativo y comercial.

Sin embargo, se hicieron ajustes a las etapas planteadas anteriormente debido a la naturaleza de los proyectos de investigación aplicada, es por esto que se integraron otros enfoques metodológicos como el diseño participativo y el colaborativo. Donde el usuario toma una mayor importancia para el desarrollo de las soluciones tecnológicas, ya que este participa activamente en diferentes momentos, y colabora para afinar los productos a diseñar desde diferentes actividades, permitiendo así recolectar mayor información por parte del equipo (diseño, ingeniería, agronomía) para tomar decisiones con un menor grado de incertidumbre.

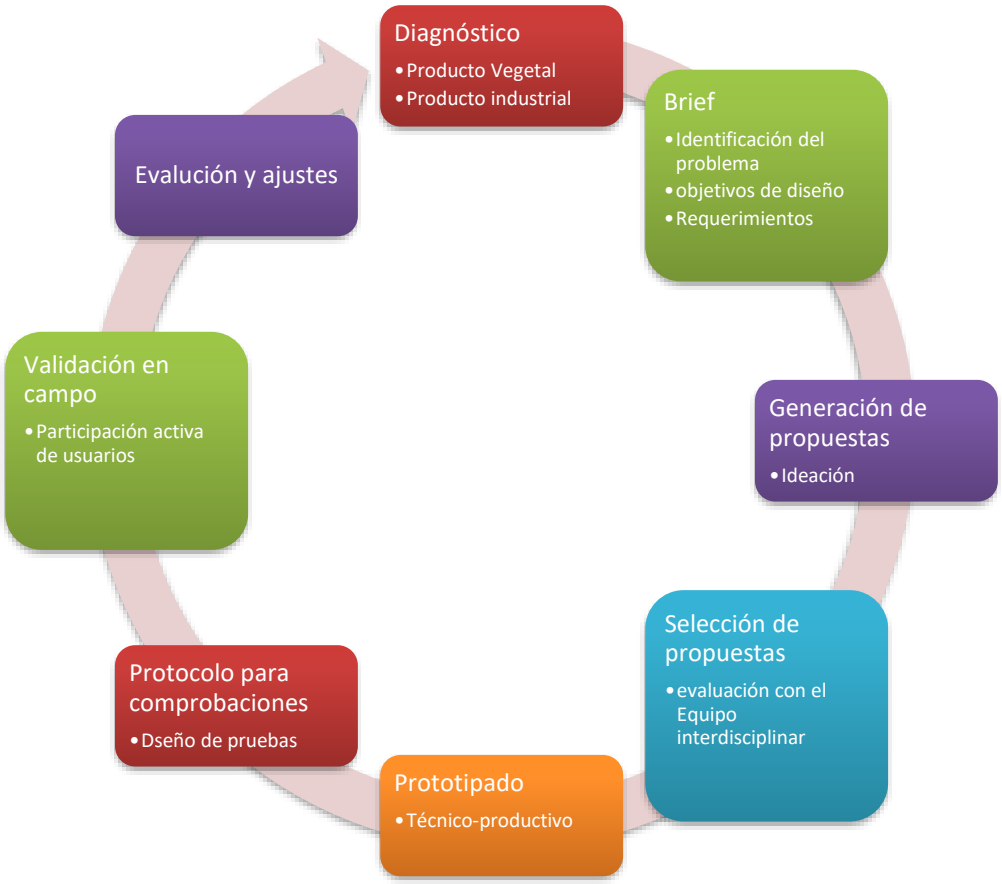
Las etapas definidas para la metodología de diseño de soluciones tecnologías para el sector agrícola (MEDISTA) son: Diagnóstico, Brief, Generación de propuestas, Selección de propuestas, Prototipado, Protocolo de comprobaciones, Validación en campo, Evaluación y Ajustes.

Esta metodología comparte el principio de Modelo circular de Koberg y Bagnall (ver Figura 2) donde las etapas pueden continuar a manera de bucle hasta que el resultado final sea satisfactorio, obviamente esto también depende de los recursos del proyecto, por lo general, el tiempo y el económico definen la velocidad y el número de veces que se puede aplicar este bucle (ver

Figura 9).

El tiempo de ejecución del proyecto fue 18 meses, divididos en dos etapas; el diseño y las comprobaciones, pues en la etapa inicial durante 10 meses se realizó un trabajo interinstitucional, donde la información recopilada fue alimentando al proyecto a medida que el equipo técnico desarrollaba otras áreas de investigación. Para la construcción de los prototipos, comprobaciones, validaciones, ajustes a los modelos finales, revisiones y pruebas finales fue un total de 8 meses y es el resultado de esta Tesis.

Figura 9 Modelo de la metodología MEDISTA



Fuente: Elaboración propia

2.1.1 Diagnostico

Parte fundamental de esta metodología es la inclusión de los diseñadores en las etapas iniciales de los proyectos de investigación de desarrollo tecnológico agrícola, frecuentemente en la fase inicial de diagnóstico el equipo técnico se dirige a las zonas donde tendrá mayor impacto el proyecto, como veredas, corregimientos y/o municipios. Allí se establece un primer contacto con los beneficiarios y se aplican encuestas de Buenas prácticas agrícolas (BPA), entre otras.

El equipo técnico que realizaba dichas visitas se componía de agrónomos e ingenieros agrícolas, ellos eran los encargados de capturar dicha información y a través de informes técnicos analizan y concluyen cuales son los problemas en el cultivo. Sin embargo, desde el punto de vista del diseño, la información era insuficiente o irrelevante, haciendo

necesaria otra visita para analizar las posturas de los operarios, la personalización de sus herramientas. Dentro de ese mismo contexto, se necesitaba más información sobre las herramientas, utensilios, empaques, embalajes, etc. Haciendo el proceso más lento o tedioso.

Luego del acompañamiento del equipo de diseño, se logró capturar más información para la generación de ideas y se aceleró el proceso de diagnóstico, pues ahora desde el inicio de los proyectos se trabaja en el diagnóstico del producto vegetal para las disciplinas interesadas y en el diagnóstico de las soluciones tecnológicas (producto industrial) para el diseño y desarrollo de producto.

2.1.1.1 Diagnóstico de las visitas a cultivos

las visitas se realizaron a los cultivos de fresa en los municipios del Rosal, Sibaté y Guasca, de Cundinamarca, esto se ejecutó con el objetivo de determinar la problemática que aqueja a la cadena productiva de la fresa en el Departamento de Cundinamarca, en los aspectos cosecha y poscosecha.

2.1.1.1.1 Cosecha.

Se presentan las deficiencias presentadas en el proceso, discriminados en las fallas que deterioran la calidad de la fresa y los inconvenientes presentes en el desarrollo de la actividad para los trabajadores.

Durante la observación se identificaron diferencias en los utensilios utilizados para la recolección de fresa en el departamento de Cundinamarca, lo que conduce a una variedad de herramientas y a una apropiación determinada de utensilios, que varía dependiendo de la región, cada sistema determina los procesos de cosecha que se llevan en los cultivos.

Figura 10 Sistema de recolección en Sibaté, Cundinamarca

Fuente: GTI (2016).

2.1.1.2 Soluciones tecnológicas para la recolección de fresa

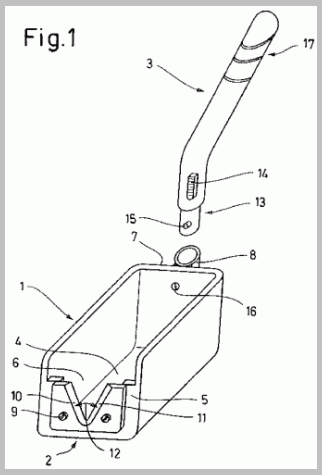
Como parte de la investigación, se realizó una búsqueda a través de internet para localizar los desarrollos tecnológicos existentes para la recolección de fresa o de productos similares para su identificación y posterior análisis, las palabras clave en español e inglés utilizadas para esta búsqueda fueron:

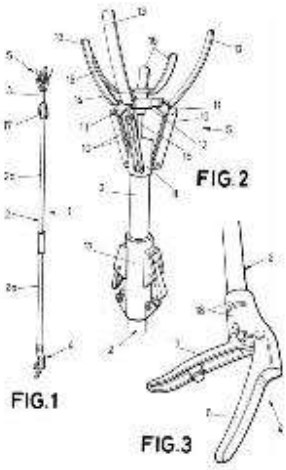
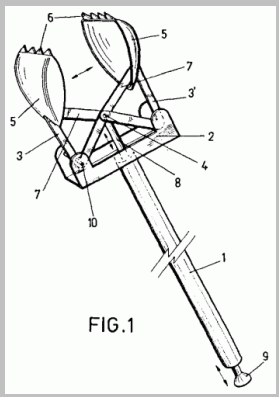
- Específicas; cosecha de fresa, recolección de fresa, herramientas para la recolección de fresa.
- Genéricas; poscosecha, dispositivo tecnológico para la cosecha, mecanismos manuales asistidos, mecanismos semiautomáticos, mecanismos automáticos, portabilidad.
- Specific; Harvesting of strawberry, harvesting of strawberry, tools for harvesting strawberry.
- Generic; Postharvest, technological device for harvesting, assisted manual mechanisms, semi-automatic mechanisms, automatic mechanisms, portability.

Para catalogar la gran cantidad de respuestas los resultados fueron seleccionados y depurados como relevantes para el proyecto de acuerdo a su viabilidad para una posible implementación, su pertinencia para los cultivos de la región de Cundinamarca y su desarrollo tecnológico, esta se organizó en tres tablas llamadas: Herramientas manuales (Tabla 2), Sistemas de recolección asistida (Tabla 3), y Automatizados (Tabla 4).

A su vez, se identificaron desarrollos que no son específicamente para la recolección de fresa, pero que tienen un potencial favorable para esta Tesis.

Tabla 2 Herramientas manuales

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
1	 Inventor: Hovermann, Vera - Ilona. P.	Dispositivo para la cosecha de fresas, consta de un recipiente apilable plástico o de chapa con protección anticorrosiva, así como de una cuchilla de dos filos en forma de V, intercambiable, fabricada en acero, y de un mango telescópico desmontable. La innovación del dispositivo radica en que permite recoger la fruta de modo más higiénico, en posición erguida y sin tocarla ni deteriorarla. El recogedor lleva en una mano un dispositivo para apartar las hojas, y en la otra el dispositivo recogedor, el cual se ubica debajo de la fruta y luego se alza. De esta manera la fruta se separa del pedúnculo cuidosamente, sin causar daños mecánicos y luego cae al recipiente, el cual tiene capacidad para varias frutas. (Patentados, 2003).

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
2	 Inventores: Luis Brasa Fernández, y Manuel Esteban de Paz Casero	Es un brazo extensible para recoger fruta, consiste en un utensilio de accionamiento mecánico que facilita la recolección de la fruta de los árboles donde es difícil llegar dada su altura. En este caso, se trata de un modelo de utilidad, y no de una patente. Consiste en una serie de eslabonamientos y juntas en el extremo superior que actúan como un mecanismo se sujeción y por acción de la manija se fuerza al cierre de los eslabonamientos abiertos, este accionamiento se puede lograr con guaya o un eslabonamiento rígido que va por el centro del tubo (Inventos Nuevos, 2011).
3	 Inventor: Mora Martín, José.	Cuenta con una serie de eslabonamientos que configuran un mecanismo basculante, el cual es accionado por el extremo superior de una varilla que va a lo largo del soporte y termina en el accionamiento manual. El desplazamiento lateral de las receptáculos produce el corte del tallo por los dientes en sus extremos y la sujeción del fruto (Patentados, s.f.).
4		La posición del dispositivo sigue la posición natural de la mano, el corte es limpio, se acopla por medio de anillos de plástico a los dedos índices medio y pulgar de la mano, contiene un resorte angular en la sección de corte que mantiene siempre las cuchillas abiertas (Aliexpress, s.f.).

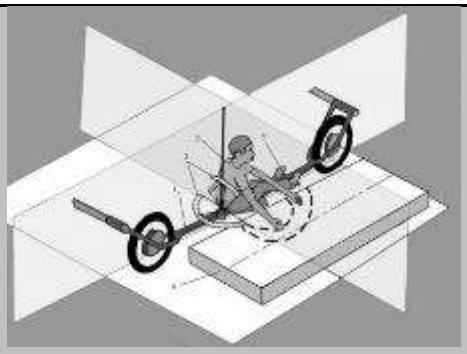
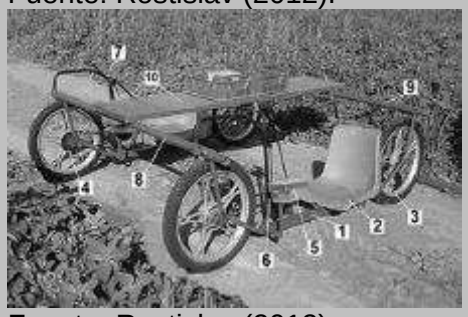
ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
5		El dispositivo se acopla a la dimensión del dedo pulgar e índice gracias a sus junta elástica, es de fácil manejo, la cuchilla en v permite el posicionamiento del tallo permitiendo un corte limpio (Banggood, s.f.).
6		Consiste en recipiente de plástico o de madera que va a alojar el producto, en cuyo extremo asemeja la forma de un peine con espacios entre dientes, las dimensiones de estos corresponden a las ramas de las plantas, esta especie de peine puede construirse en metal o en plástico (Harrod Horticultural, s.f.).
7		Mecanismo compuesto de dos eslabonamientos unidos en el centro por junta revoluta, la junta tiene un resorte radial que siempre mantiene alejados ambos eslabones, al momento de seleccionar la fruta se acciona el mecanismo por guaya que va dentro del soporte y se gira todo el conjunto hasta desprender el fruto (Amazon, s.f.).
8		Esta herramienta además del corte permite la sujeción del fruto por la parte del tallo, gracias a las mordazas que tiene contiguas a la cuchilla.

Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de internet con fines académicos

Las herramientas que aparecen en la tabla 2, tienen en alguna medida un potencial de adaptación a la recolección de fresa en el departamento de Cundinamarca, pero se deben analizar los costos de su implementación para que sea coherente a las expectativas de los beneficiarios y a los objetivos del proyecto.

Por otra parte, se encontró que los sistemas de recolección por tracción humana son muy utilizados para los cultivos de fresa en los países más industrializados como en Estados Unidos, algunos países europeos y Australia (ver Tabla 3). Estos se pueden clasificar en dos categorías; los sistemas sedentes, donde el operario se encuentra sentado haciendo la recolección. Y los sistemas tumbados, donde el operario se encuentra acostado (por lo general boca abajo). En cada una de estas categorías se encuentran múltiples ejemplos de objetos con variadas tecnologías, pero en general tienen los mismos principios funcionales, mejorar la recolección de la fresa.

Tabla 3 Sistemas de recolección asistida.

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
1	 Fuente: Rostislav (2012).  Fuente: Rostislav (2012).	Este vehículo permite al ser humano estar sentado para ir más cómodo, además de una mayor movilidad gracias a la menor distancia entre su cuerpo y la fresa, también se puede acoplar a otro lateralmente, de manera que sea de dos pasajeros y ambos cosechen a la vez La ventaja es que las ruedas están alineadas y se desplazan sobre los surcos del cultivo. Pero en terrenos donde la topografía del terreno no sea llano no se podría utilizar.

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
2	Fuente: Farm Show (2006). Fuente: Farm Show (2006).	Este vehículo está configurado para que las personas hagan la recolección de manera horizontal, acostadas boca abajo, se denomina “Lay Down” y está construido a partir de piezas de bicicleta. Para su desplazamiento se aprovecha la posición de las piernas y dos ruedas dentadas de bicicleta que están unidas con una cadena, se acciona el mecanismo con los pies para transmitir la fuerza al eje de las ruedas y así generar el movimiento. Fue creado por Francis Voegeli, un hombre de 77 años que físicamente su salud no le permitía operar de pie y agacharse de manera continua.
3	Fuente: Rolinfarms (s.f.). Fuente: Sss-strawberries (2012).	Estos dos vehículos tienen características similares: Son para ser operados por una persona sentada, tienen una malla que proporciona sombra al operario y a las fresas, tienen una superficie donde se puede almacenar cajas plásticas para depositar el producto recolectado, tienen tres ruedas que se desplazan por dos entresurcos, y se ubican para trabajar sobre el cultivo. Por otra parte, este tipo de vehículo se diseñó para que funcionara en cultivos altamente tecnificados desde su siembra, pues se requiere que este posea las mismas dimensiones de altura, entresurcos, surcos, etc.

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
4	 Fuente: Universidad de Wisconsin-Madison (s.f.) Fuente: Universidad de Wisconsin-Madison (s.f.)	Este vehículo reduce o elimina el tiempo gastado en posturas incómodas potencialmente perjudiciales, y le permite cambiar la postura con más frecuencia al operario para que esté menos cansado. También reduce el estrés en el cuerpo y ahorra tiempo transportando el cultivo y el recipiente. A diferencia de los anteriores, este tiene una rueda pequeña basculante que le proporciona un mejor control de la dirección y el freno. Fue diseñado por Bob Meyer, Hal Bohne y Jim Schwarz en el Departamento de Ingeniería de Sistemas Biológicos de la Universidad de Wisconsin-Madison.
5	 Fuente: Coxworth (2010). Fuente: Cropcare (2017).	Otra tipología de vehículos son los que adicional al trabajo horizontal boca abajo, poseen páneles solares para almacenar energía y luego transmitirla a pequeños motores que hacen mover las ruedas para el desplazamiento total, acá tenemos dos ejemplos: El Wunda Gradas (arriba) y el Asistente de Cosecha PA1600 (abajo).

Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de internet.

Estos sistemas asistidos se tomaron como referentes, pues poseen un nivel de desarrollo tecnológico que es posible aplicar para el proyecto, pero a su vez, están diseñados para un terreno donde la topografía es llana y los cultivos se encuentran altamente tecnificados

desde su siembra, a diferencia de la mayoría de los cultivos en Cundinamarca donde el terreno es montañoso y la tecnología se encuentra en un estado de desarrollo básico con conocimientos locales.

La última categoría identificada para las soluciones en la recolección de fresa corresponde a los sistemas más avanzados como la automatización (ver Tabla 4), donde el ser humano es reemplazado en el proceso de recolección, pues este se realiza a través de robots que gracias a su tecnologías pueden hacer la labor con algunas ventajas sobre nosotros.

Tabla 4 Sistemas Automatizados

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
1	Fuente: Techvesti (2013). Fuente: Techvesti (2013).	Este robot es un prototipo desarrollado en Japón, su función principal es cosechar fresas y está diseñado para trabajar sobre rieles en el piso de los invernaderos, posee una cámara de visión en 3D que selecciona las fresas según su madurez, esto lo hace evaluando el porcentaje de color, ya que solo cosecha las que posean 80% o más de color rojo, a su vez, ubica el fruto y lo toma de manera delicada y sin daño, el tiempo de recolección es de 9 segundos aproximadamente, trabaja durante 24 horas, lo que supone un ahorro de tiempo del 60% según su fabricante.
2	Fuente: Agrobot (2012).	Este robot diseñado en España es capaz de distinguir los frutos maduros e inmaduros, gracias a su dispositivo óptico que toma fotografías de la fresa, analizando el tamaño, la morfología, inclusive si tiene o no enfermedades. Captura la fresa y la deposita en una cinta transportadora que va hacia un operario que se encarga de su clasificación, empaque y disposición en embalajes.

ÍTEM	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
	Fuente: Agrobot (2012).	

Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de internet.

En conclusión, hay herramientas de diversos tipos para la recolección de frutos que puede servir de referente para una herramienta de cosecha, esto incluye desarrollo de soluciones tecnológicas con tracción humana en cultivos altamente tecnificados cuya producción se sitúa en un terreno llano.

2.1.2 Brief

2.1.2.1 Definición del problema

Posteriormente al análisis de la actividad, se procede a identificar cuáles son las oportunidades que tiene el diseño para desarrollar soluciones tecnológicas que mejoren la situación actual, esto se hace a través de: La definición del problema, El establecimiento del objetivo de diseño y La determinación de una tabla de requerimientos. A continuación, se presentan cada una de estas.

2.1.2.2 Problema

De acuerdo con el análisis de las visitas técnicas realizadas a los municipios productores de fresa, se identificó que el mayor daño mecánico que recibe la fresa es en las fases de desprendimiento, acopio y transporte, porque pasa por diferentes recipientes y es golpeada constantemente antes de su distribución y venta final.

2.1.2.3 Objetivo

Diseñar un sistema que mejore el proceso de recolección de la fresa reduciendo el daño mecánico, sin aumentar el daño postural a los trabajadores y conservando las propiedades organolépticas, para entregar un producto de óptima calidad al consumidor.

2.1.2.4 Tabla de Requerimientos.

La tabla de requerimientos contiene los requisitos que el diseño debe tener para cumplir con el objetivo propuesto (ver anexo C), esta se organizó a través del análisis de la actividad y el posible uso del diseño a proponer con las respectivas variables de cuantificación estimada, función, técnico productivo, económico y formal.

2.1.3 Generación de propuestas

Desde las visitas a las fincas se identificaron algunas diferencias funcionales para los cultivos de fresa que se encuentran en el suelo y los que se ubican en una altura diferente a este.

Por esta razón se planteó estratégicamente diseñar dos soluciones tecnológicas distintas para cada uno de estos cultivos

2.1.3.1 Recolección en el suelo

En esta fase se plantean ideas en dibujos con esquemas básicos para visualizar las propuestas de los diseñadores y/o estudiantes de otras carreras como: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Agrícola y Agronomía. Sin importar la expresión artística, calidad estética o técnica de representación, lo importante es comunicar las ideas al equipo técnico para seleccionar más adelante las propuestas a desarrollar en detalle.

2.1.3.2 Bocetación

Para la presentación de las propuestas se desarrolló una plantilla llamada boceto descriptivo (ver anexo D) que permite llevar un control sobre las ideas presentadas, dibujando y redactando aspectos generales sobre cada propuesta

2.1.4 Prototipado

En esta etapa se construyeron varios modelos de comprobación que permitieron comprobar diferentes funciones, verificar planteamientos, descartar propuestas, entre otros beneficios que posee la materialización de una idea. En los diferentes prototipos se evidencia un grado distinto de construcción, calidad y acabados, pues en algunos casos lo importante era la rápida construcción (al inicio del proceso) de acuerdo a las propuestas

detalladas para verificar alguna hipótesis, o la exacta materialización a escala 1:1 (al final del proceso) para hacer las comprobaciones en campo.

El primer prototipo construido (ver Figura 11) se realizó de manera rápida y por el equipo de diseñadores, fue llevado a un cultivo joven para verificar las dimensiones, los materiales, la capacidad de carga y su estabilidad en el terreno, no se procedió a cosechar pues este no era el objetivo de la prueba.

Figura 11 Prototipo Nº1 para la recolección en el suelo

Fuente: GTI (2016).

A partir de este tipo de prototipos se llegó rápidamente a conclusiones que permitieron afinar la propuesta final, y realizar los planos técnicos para la construcción de la propuesta final.

2.1.4.1 Propuestas

Las propuestas se desarrollaron para un vehículo de recolección entre los surcos de cultivos de fresa, para esto se diseñaron con algunas variantes en sus configuraciones, como el tipo de apoyo; plano o circular, rueda o patín, la posición de las canastillas de clasificación, la altura de los operarios, etc.

2.1.4.1.1 Vehículo de recolección de fresa con apoyo en trapecio y rueda

Este diseño se propuso para halar o empujar y apoyar la parte trasera en el suelo, ya que algunos entresurcos la distancia es mayor y permite descansar el vehículo sobre el suelo y no sobre el plástico que protege las camas (ver Figura 12).

Figura 12 Vehículo para recolección (Trapecio y Rueda).

Fuente: GTI (2016).

2.1.4.1.2 Vehículo de recolección de fresa con apoyo en trapecio y patín

Esta propuesta se configuró para halar el vehículo y apoyarlo en el suelo, no tiene rueda sino una lámina denominada patín, pues las condiciones climáticas invernales en algunos cultivos no permiten un rodamiento fácil y rápido, por el contrario el suelo puede estar

anegado y/o destruido en algunos puntos, conserva el apoyo en la parte trasera contra el suelo (ver

Figura 13).

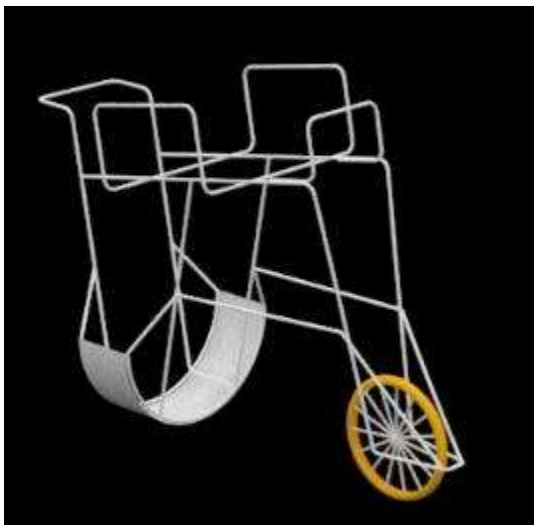
Figura 13 Vehículo para recolección (Trapecio y Patín).

Fuente: GTI (2016).

2.1.4.1.3 Vehículo de recolección de fresa con apoyo en casquete y rueda

Este diseño se propuso para halar o empujar y apoyar sobre su parte trasera, descansa en las camas de cultivo que están cubiertas con plástico, ya que algunos entresurcos la distancia es menor y no permite reposar el vehículo sobre el suelo (ver Figura 14):

Figura 14 Vehículo para recolección (Casquete y rueda).



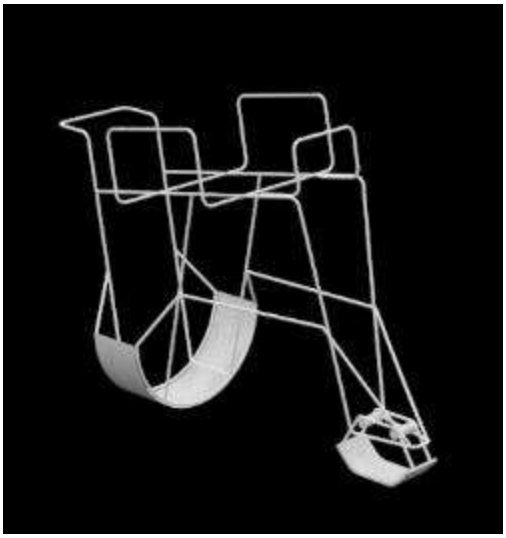
Fuente: GTI (2016).

2.1.4.1.4 Vehículo de recolección de fresa con apoyo en casquete y patín

Esta propuesta se configuró para halar el vehículo y apoyarlo en las camas de cultivo que están cubiertas con plástico y no sobre el suelo, no tiene rueda sino una lámina denominada patín, pues las condiciones climáticas invernales en algunos cultivos no

permiten un rodamiento fácil y rápido, por el contrario el suelo puede estar anegado y/o destruido en algunos puntos (ver Figura 15).

Figura 15 Vehículo para recolección (Casquete y patín).



Fuente: GTI (2016).

2.1.5 Protocolos de validación

Las comprobaciones se soportan sobre las hipótesis que buscan incidir de manera positiva en las problemáticas detectadas en los procesos de cosecha y manejo post-cosecha de la fresa. Para esto, se sustentó en los requerimientos establecidos por el ***Brief*** de producto, particularmente en lo referido a **Uso-Función** y **Técnico-Productivos.** Se abordó con técnicas de recopilación y análisis cuantitativos, se espera una visión integral del desempeño del producto (herramienta, utensilio, embalaje, empaque) diseñado, para tomar los correctivos y ajustar o replantear el diseño.

2.1.5.1 Objetivo

Evaluar los prototipos de los utensilios y las herramientas realizados por el equipo interdisciplinar del GTI, dentro del proyecto del Corredor Tecnológico Agroindustrial para la fresa, a partir de la problemática detectada en los diagnósticos y los requerimientos de diseño definidos para la recolección en el Brief de producto.

2.1.5.2 Metodología

Como generalidad para la fresa se encontró que en la etapa de cosecha se presentan variables que inciden en la calidad del producto, como la excesiva manipulación, largos periodos de tiempo en los envases y el número de veces que se pasa la fresa de un recipiente a otro; por lo cual la hipótesis está orientada a plantear que en la medida en que se reduce la manipulación, se genera una reducción de tiempo y por ende menor deterioro del producto.

Por lo anterior, las comprobaciones de las soluciones de diseño materializadas en herramientas y utensilios, se especificarán para cada caso en los aspectos **Técnico-Productivos** y de **Uso-Función.** En líneas generales, el proceso es el siguiente:

a) Se debe colocar a cada operario un dispositivo para registrar el consumo energético (Kcal), durante el desarrollo de todas las pruebas para determinar cuál es el sistema más eficiente para el desempeño del trabajador.

b) Establecer una línea base que determine los rendimientos en términos de producto cosechado por unidad de tiempo con el sistema actual con las herramientas, utensilios y modos convencionales se denominó Configuración 1, que permita establecer un parámetro de comprobación.

c) Registrar la información técnico-productiva y de aprehensión del prototipo por parte del trabajador con la utilización prolongada del producto o sistema. Se da la instrucción de alistamiento y uso a dos operarios, registrando 3 repeticiones por cada una de las configuraciones del vehículo (4). Se graba en video la secuencia y condiciones de uso, se registran en un formato los tiempos, distancias, cantidad de producto recolectado.

d) Analizar las grabaciones en video para identificar las posiciones corporales de los operarios, la calidad del desplazamiento y la estabilidad del carrito.

Las condiciones de uso de los nuevos productos se acondicionaron a las recomendaciones de los protocolos recomendados por el proyecto.

2.1.5.3 Aspectos a Evaluar.

Dentro de los puntos críticos identificados en el proceso de recolección de fresa, la manipulación inadecuada del producto cosechado, es la más relevante, ya que es sometido a varios procesos de selección y envasado desde el momento del desprendimiento. Adicionalmente se encontraron malas posiciones de los operarios, ocasionadas por la adaptación del dispositivo utilizado para contener el producto cosechado durante la recolección; para los cultivos en suelo en la Región de Cundinamarca, el uso de la canasta actual causa daños en el cultivo porque es apoyada sobre la cama (surcos y suelo) durante el proceso de recolección, rasgando continuamente el plástico protector del sustrato, además del uso de contenedores de insumos agrícolas reutilizados que son inadecuados para el almacenamiento de alimentos.

2.1.5.4 Hipótesis

Reducir la manipulación de la fresa, disminuir el número de envasados en diferentes recipientes y reducir el riesgo postural del operario con un sistema de recolección compuesto de un nuevo vehículo que contenga las canastillas actuales.

2.1.5.5 Descripción

Durante las jornadas de evaluación, se recopiló la información correspondiente a:

a) Método tradicional de recolección; 4 operarios recolectando fresas con las características tradicionales del mercado y en los recipientes actuales.

b) Sistema propuesto; 4 operarios, 2 vehículos con 2 tipos de configuraciones de apoyo en el suelo (Trapecio y Casquete) y dos tipos de punto para desplazamiento (Rueda y Patín), con una canastilla plástica y recolectando fresas con las características tradicionales del mercado.

c) Variables a registrar en las comprobaciones (ver Tabla 5):

Tabla 5 Variables a registradas en las comprobaciones

VARIABLE	UNIDAD (símbolo)	EQUIPO	ACTIVIDAD
Estimación de la carga física – Frecuencia Cardiaca Basal (FCB)	latidos por minuto (lat/min).	Aplicación en dispositivo móvil	A cada operario se le debe tomar la frecuencia cardiaca antes de empezar cualquier actividad (en reposo) y al cambiar cada configuración.
Cantidad de producto recolectado	Libras (Kg.)	Báscula.	La canastilla debe ser pesada al principio de la jornada, luego el producto recolectado debe ser llevado hasta la báscula del centro de acopio para registrar el peso de una canastilla llena, debe hacerse en cada repetición
Distancia recorrida	Metros (m.)	Aplicación móvil o cinta métrica.	Se debe registrar la distancia recorrida del vehículo en el cultivo desde el inicio de la actividad hasta que se llena una canastilla con fresa, debe hacerse en cada repetición.
Tiempo de recolección	Minutos (min.)	Cronómetro en reloj de pulsera o dispositivo móvil.	Se debe registrar el tiempo en que cada operario hace la actividad desde el inicio hasta que llena una canastilla con fresa, debe hacerse en cada repetición.
Frecuencia cardiaca Media (FCM)	latidos por minuto (lat/min).	Aplicación en dispositivo móvil.	A cada operario se le debe tomar la frecuencia cardiaca antes de empezar cualquier actividad (en reposo) y al cambiar cada configuración.
Tipo de desplazamiento	Descripción cualitativa	Dispositivo que registre video (cámara o celular).	Grabar la actividad de manera que sea visible el desplazamiento (lateral) del vehículo en los surcos durante la durante la recolección.
Estabilidad del vehículo	Descripción cualitativa	Dispositivo que registre video (cámara o celular)	Grabar la actividad de manera que sea visible la estabilidad (frontal) del vehículo en los surcos durante la durante la recolección.

Fuente: Elaboración propia.

2.1.5.6 Equipo necesario

A continuación en la Tabla 6, se describe cual es el nombre de los implementos y la cantidad necesaria para realizar la prueba:

Tabla 6 Equipo necesario para la prueba

NOMBRE	CANTIDAD
Vehículo de recolección con casquete	**1**
Vehículo de recolección con trapecio	**1**
Patín	**2**
Rueda	**2**
Canastilla plástica	**8**
Pulsómetro	**2**
Báscula.	**1**
Aplicación móvil o cinta métrica.	**2**
Cronómetro en reloj de pulsera o dispositivo móvil.	**2**
Dispositivo que registre video (cámara o celular)	**2**
Formato de registro RPRF1	**20**
Encuesta de diseño EPRF1	**20**
Tabla de apoyo	**2**

Fuente: Elaboración propia.

2.1.5.7 Formato de Registro para la Prueba RPRF1

Para registrar la información necesaria durante las comprobaciones, se diseñó un formato de registro donde se encuentra la información del participante incluyendo peso y estatura, también aparecen dos tipos de pruebas para realizar, la primera tiene que ver con la manera tradicional en que se recolecta la fresa, luego se encuentran las cuatro posibles configuraciones de los vehículos a comprobar con las respectivas casillas para anotar los datos recolectados, al final hay un espacio para comentarios y sugerencias por parte del operario que realizar la prueba (ver Anexo A).

2.1.5.8 Formato de encuesta EPRF1

Para registrar la información cualitativa en la prueba de comprobación de los Vehículos para la Recolección de Fresa (VRF), se propuso un formato donde; se identifique al operario con sus características básicas, se muestren las 5 configuraciones; tradicional, trapecio + rueda, trapecio + patín, casquete + rueda, casquete + patín. Esto como guía

para que el operario y el Como encuesta encuentra un espacio donde los operarios pueden proponer comentarios y sugerencias (ver Anexo B).

Estos dos formatos se diseñaron según los objetivos de cada prueba y acuerdo a la hipótesis planteada en los diseños

2.1.6 Validación en campo

2.1.6.1 Estimación de la carga física

Frecuencia cardiaca basal

La carga física asociada a una tarea puede medirse a través del consumo de energía que requiere su desarrollo por parte del trabajador (metabolismo energético). La tasa metabólica puede estimarse a través del consumo de oxígeno del trabajador cuando desempeña la tarea, dado que existe una relación conocida entre consumo de oxígeno y consumo de energía (Diego-Mas, 2015a). Puede emplearse la frecuencia cardiaca para estimar la carga física de un puesto porque a frecuencias cardiacas de hasta 170 pulsaciones por minuto existe una relación lineal entre la frecuencia cardiaca y el consumo de energía.

Para emplear este procedimiento fue necesario emplear un pulsómetro para medir la frecuencia cardiaca del trabajador a ciertos intervalos. Se utilizó una aplicación móvil llamada **Pulsómetro Único***,* en su versión 1.26, actualizada el día 30 de enero de 2016 por *Meet Your Need Production*, en un dispositivo Smartphone con sistema operativo Android que permiten el registro continuado de la frecuencia cardiaca y el almacenamiento de los datos para su posterior análisis.

Además de la edad y el sexo del trabajador, los datos necesarios para realizar el análisis son los siguientes:

- **FCB** o *frecuencia basal o de reposo*, es la moda (valor más frecuente) de la frecuencia cardiaca medida sobre el trabajador durante un cierto tiempo de reposo. En general se suele medir la frecuencia cardiaca del trabajador sentado durante 10 minutos a intervalos regulares de 2 minutos antes de la tarea. Tras ello se escoge como FCB la moda de los datos obtenidos.

- **FCM** *frecuencia cardiaca media* es el valor medio de todas las frecuencias medidas mientras el trabajador desempeña su tarea. Para esta prueba se tomaron los datos cuando el trabajador llena una canastilla por completo y antes de cargarla hasta el punto de acopio.
- **FCMax** o *frecuencia cardiaca máxima* es el valor máximo (habitualmente se escoge el percentil 95) de todas las frecuencias medidas mientras el trabajador desempeña su tarea.

A partir de estos datos se calculan ciertas variables intermedias.

- FCMax_t o frecuencia cardiaca máxima teórica, es la frecuencia cardiaca máxima a la que puede llegar el trabajador y que generalmente se estima a partir de la edad con la siguiente fórmula:

$$FCMax_t = 220 - \text{edad del trabajador}$$

- ΔFC o incremento de la frecuencia cardiaca, que se calcula como la diferencia entra las frecuencias cardiacas máxima y media registradas durante el desempeño de la tarea:

$$\Delta FC = FCMax - FCM$$

- CCA o costo cardiaco absoluto, que permite estimar el consumo energético y, por tanto, el coste físico que supone la tarea desarrollada en términos absolutos, es decir, independientemente de las características del trabajador que la desempeña. Su cálculo se realiza restando a la frecuencia cardiaca media la frecuencia cardiaca basal:

$$CCA = FCM - FCB$$

- CCR o costo cardiaco relativo, que permite estimar el grado en el que el sujeto que realiza la tarea está adaptado al puesto y a su demanda energética. Se calcula mediante la expresión:

$$CCR = CCA / (FCMax_t - FCB)$$

Calculadas estas variables es posible valorar la demanda energética de los puestos y clasificarlos en función de la dificultad que supone la tarea para el trabajador. La valoración y la clasificación puede hacerse en función de dos tipos de criterios: los de Frimat y los de Chamoux.

Para este análisis se utilizó el criterio de Frimat, ya que este se utiliza para valorar fases cortas del trabajo, mientras que si se desea evaluar globalmente el puesto durante la jornada laboral completa (8 horas o más) se debe emplear el criterio de Chamoux.

- Criterio De Frimat

El criterio de Frimat se debe emplear cuando se están valorando fases cortas del trabajo. Valora cinco variables asignando a cada una un Coeficiente de penosidad cuyo valor oscila entre 1 y 6 en orden de penosidad creciente (Tabla 7). La suma de dichos coeficientes permite obtener un valor final en función del cual se valora la tarea.

Tabla 7 Coeficiente de penosidad

Variable	1	2	4	5	6
FCM	90-94	95-99	100-104	105-109	≥110
ΔFC	20-24	25-29	30-34	35-39	≥40
FCMax	110-119	120-129	130-139	140-149	≥150
CCA	10	15	20	25	30
CCR	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30

Fuente: (Diego-Mas, 2015a).

Obtenidas las cinco variables y sus coeficientes de penosidad, la suma de estos coeficientes permite valorar la tarea según la Tabla 8

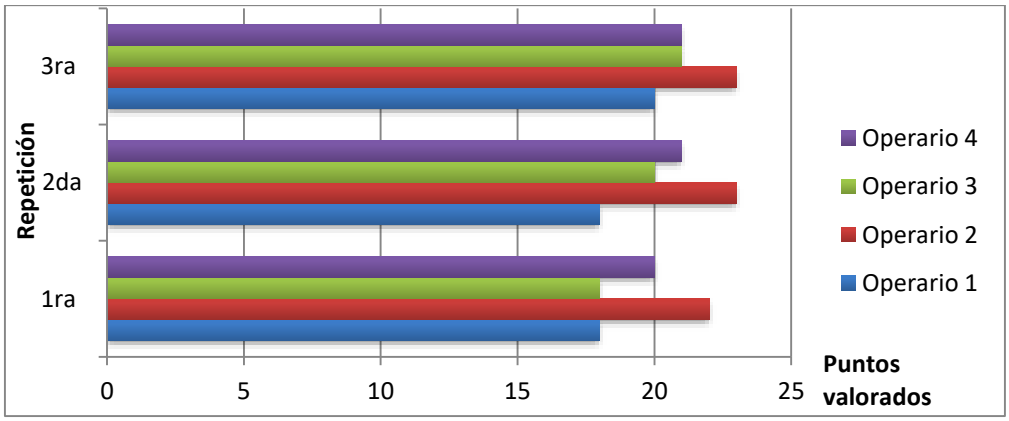
Tabla 8 Valoración de la tarea (Frimat)

Puntos	Valoración
25	Extremadamente dura
24	Muy dura
22	Dura
20	Penosa
18	Soportable
14	Ligera
12	Muy ligera
≤10	Carga física mínima

Fuente: (Diego-Mas, 2015a).

A continuación, se muestra la valoración para cada operario con la manera de recolección tradicional (figura 16), se evidencia que el operario 2 (37 años) tiene una mayor puntuación, valorada entre Dura y Muy Dura la estimación de la carga física.

Figura 16 Puntos para la valoración de la tarea de los operarios de manera tradicional

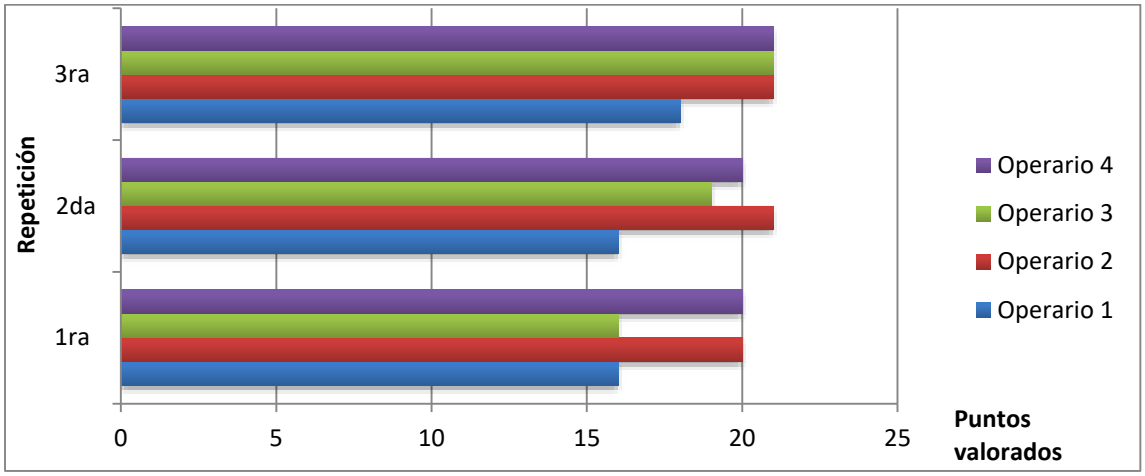


Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar la recolección con las demás configuraciones propuestas, de identificó que la única que disminuye (ver figura 17) la carga física es la número 2 (trapecio + rueda), logrando una mejora para los operarios y su salud.

Se destaca el operario 1 (17 años) que bajo la carga a Ligera y Soportable.

Figura 17 Puntos para la valoración de la tarea de los operarios con la configuración 2 (trapecio + rueda)

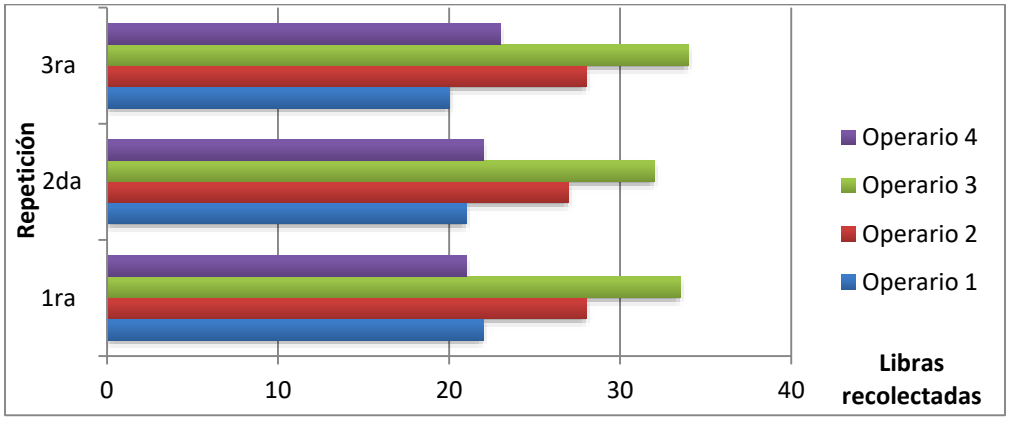


Fuente: Elaboración propia.

2.1.6.2 Cantidad de producto cosechado

En términos generales se encontró que los operarios en el método tradicional de recolección, pueden recoger entre 20 y 34 libras de fresa, cabe recordar que esta prueba se realizó con las herramientas propias de cada operario, y el operario 3 trabajó con 10 recipientes, a diferencia de los demás que tenían 8, de ahí la diferencia significativa en los datos (Ver figura 18).

Figura 18 Cantidad de producto recolectado de modo tradicional (configuración 1)

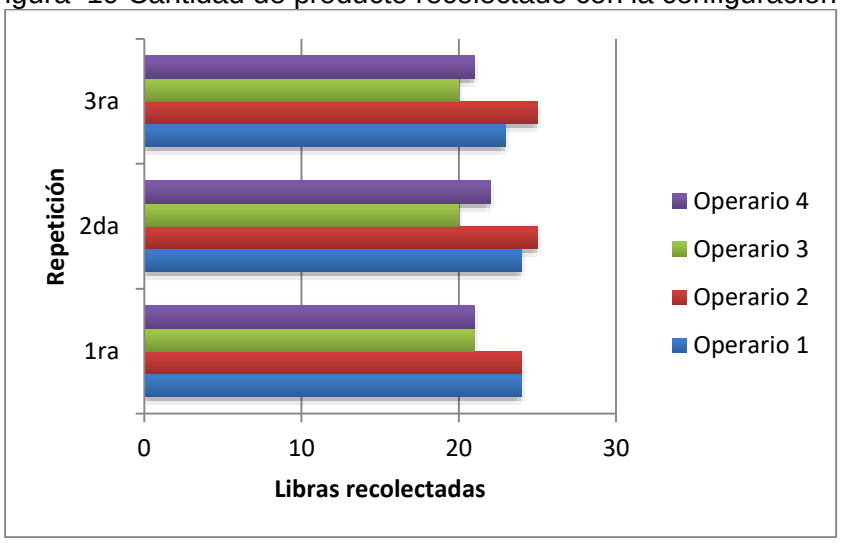


Fuente: Elaboración propia.

Luego de la recolección tradicional, se procedió a probar el diseño propuesto con 4 configuraciones, según su punto de apoyo (trapecio o casquete) y su punto para desplazamiento (rueda o patín).

Para la configuración número 2, Trapecio y Rueda, hubo una leve disminución del rendimiento de 3 de los 4 operarios (ver figura 19), los demás mantuvieron los rendimientos similares a la tradicional, sin embargo, manifestaron agrado y comodidad al realizar la actividad sin cargar las canastillas constantemente y no hubo daño en las plantas ni en el plástico del suelo.

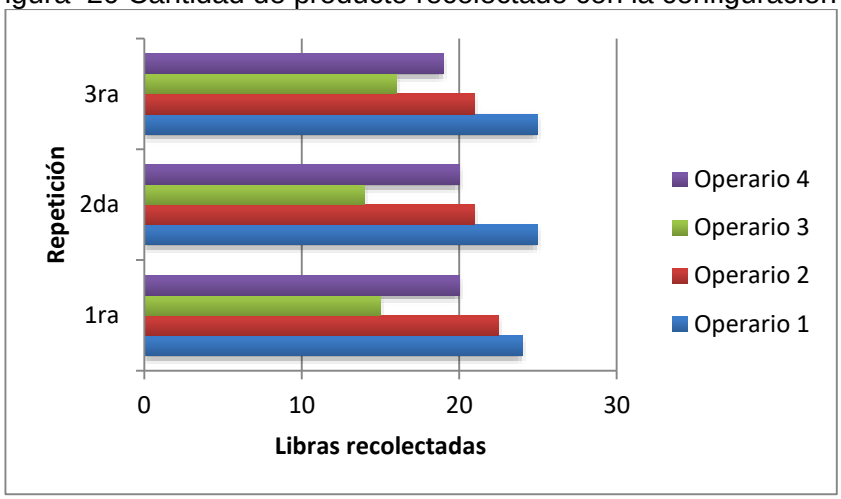
Figura 19 Cantidad de producto recolectado con la configuración 2



Fuente: Elaboración propia.

Para la configuración número 3, los rendimientos también se vieron afectados, ya que los operarios disminuyeron la cantidad de producto recolectado, especialmente los operarios 3 y 4 donde cayeron de forma pronunciada, casi a la mitad (ver figura 20).

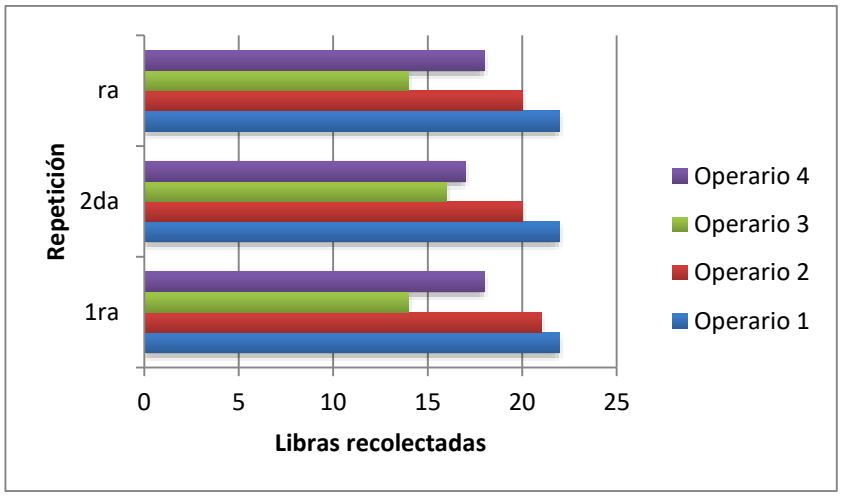
Figura 20 Cantidad de producto recolectado con la configuración 3



Fuente: Elaboración propia.

Para la configuración número 4, igualmente los rendimientos también se vieron afectados, ya que los operarios disminuyeron la cantidad de producto recolectado, especialmente los operarios 3 y 4 donde cayeron de forma pronunciada, casi a la mitad (ver figura 21).

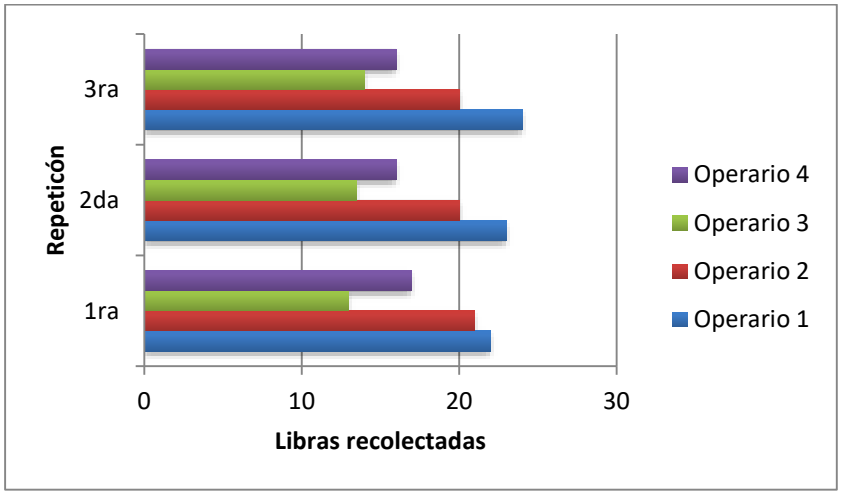
Figura 21 Cantidad de producto recolectado con la configuración 4



Fuente: Elaboración propia.

Para la configuración número 5, los rendimientos cayeron de forma pronunciada, casi a la mitad (ver figura 22).

Figura 22 Cantidad de producto recolectado con la configuración 5



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, la configuración número 2 mantuvo similares las cifras de rendimientos (ver tabla 9) mientras que las demás decayeron en la cantidad de producto recolectado, sin embargo, todos los operarios manifestaron que el diseño con rueda es el más fácil para el desplazamiento en los cultivos, y el trapecio se apoya mejor en los surcos por las diferentes formas de la superficie.

Tabla 9 Promedio de producto recolectado en las pruebas (lb)

	Operario 1	**Operario 2**	**Operario 3**	**Operario 4**	**TOTAL POR CONFIGURACIONES**
Tradicional	21	27.6	33.1	22	**103.7**
Trapecio y rueda	23.6	24.6	20.3	21.3	**89.3**
Trapecio y patín	24.3	21.5	15	19.6	**80.4**
Casquete y rueda	22.3	20.3	14.6	17.6	**74.8**
Casquete y patín	23	20.3	13.5	16.3	**73.1**
TOTAL POR OPERARIO	**114.2**	**114.3**	**96.5**	**96.8**	

Fuente: Elaboración propia.

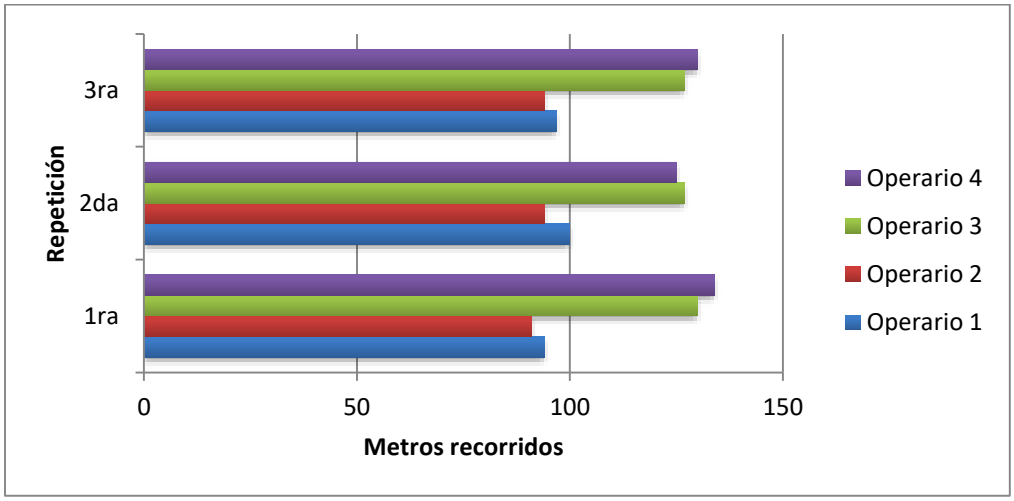
2.1.6.3 Distancia recorrida en la recolección

Para esta comprobación se dispuso un decámetro, con este se mide la distancia desde el punto de inicio de la recolección hasta el lugar exacto donde se llena la canastilla, se identificó dicha distancia y se registró la en el formato.

Vale la pena recordar que los operarios varían en su experticia, género, edad, estatura y peso, lo que puede incidir en los rendimientos.

En la manera tradicional se destaca el operario 4 (ver figura 23), pues la distancia recorrida es mayor a los demás y la cantidad de producto recolectado es igual o menor, mientras que el operario 3 recolecta mucho más producto en la misma distancia.

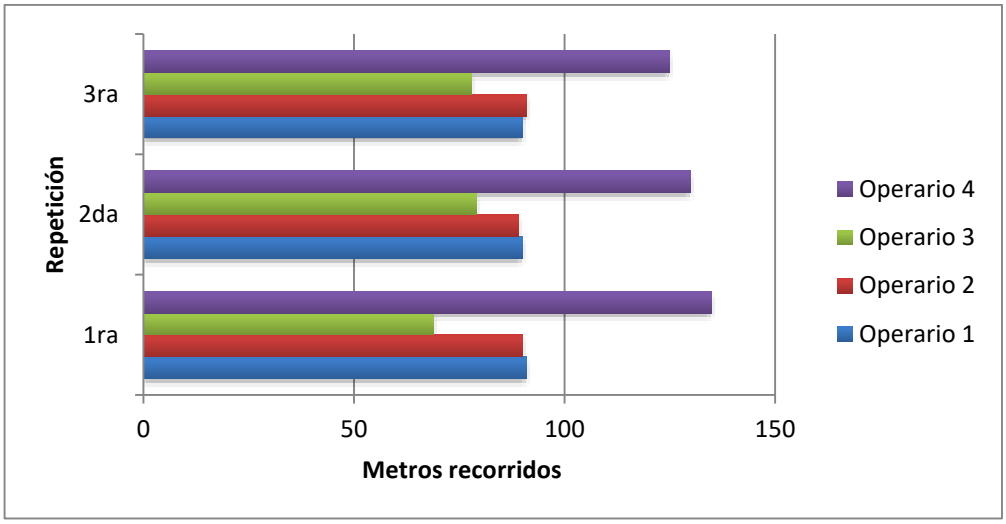
Figura 23 Distancia recorrida en la recolección tradicional (Configuración 1)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 24 se puede identificar la menor distancia de 3 operarios, pero el número 4 las mantiene, aunque la cantidad de producto recolectado sea menor, esto se podría explicar por las prácticas culturales y la manera rutinaria de realizar su labor, se recomienda hacer más pruebas a mediano y largo plazo para verificar si era necesario adquirir más práctica o por el contrario se mantienen las cifras de esta comprobación.

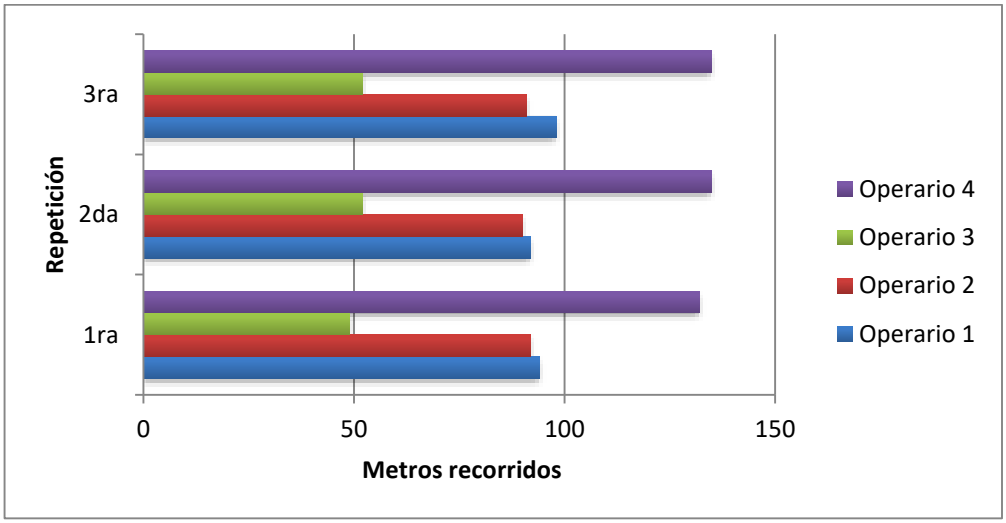
Figura 24 Distancia recorrida con la configuración 2



Fuente: Elaboración propia.

En la configuración número 3, los operarios manifestaron la dificultad de movilidad que generaba el patín, pues no permitía el desplazamiento al empujar el diseño, solo se podía halarlo, y esto generaba frustración y síntomas de estrés en todos los operarios (ver figura 25).

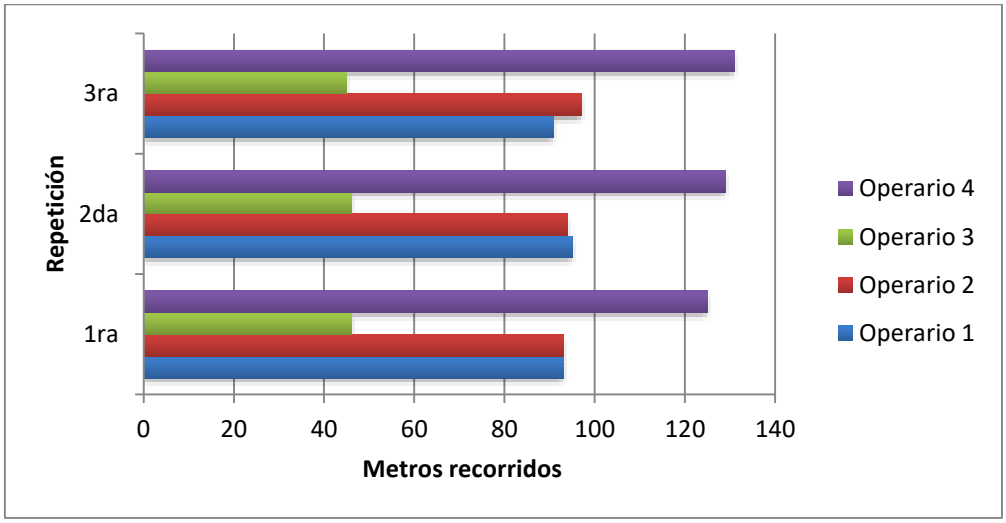
Figura 25 Distancia recorrida con la configuración 3



Fuente: Elaboración propia.

Con el casquete y la rueda la distancia recorrida fue similar a la configuración anterior, pero los operarios no manifestaron frustración o estrés (ver figura 26).

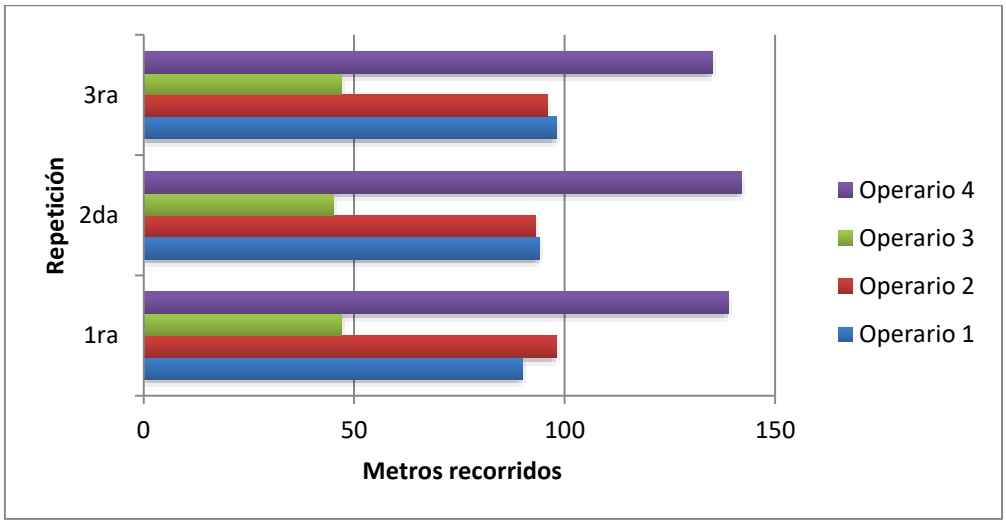
Figura 26 Distancia recorrida con la configuración 4



Fuente: Elaboración propia.

Al igual que la configuración 3, al agregar el casquete y el patín los operarios manifestaron la dificultad de movilidad, y del desplazamiento al empujar el diseño, solo se podía halarlo, y esto también generaba frustración y síntomas de estrés en todos los operarios, por otra parte, las distancias son similares a otras configuraciones (ver figura 27).

Figura 27 Distancia recorrida con la configuración 5



Fuente: Elaboración propia.

Se observó una diferencia entre los operarios, pues la distancia varía según el número de recipientes que están acostumbrados a utilizar, pues el peso de la canastilla determina la cantidad y limita el transporte del producto recolectado, esto explica por qué la cantidad de producto recolectado (en libras) disminuyo con el nuevo diseño. en este mismo sentido, se aumentó la eficiencia ya que la distancia recorrida es menor en 3 de los 4 operarios (ver tabla 10).

Se identifica una distancia similar las configuraciones propuestas para los diseños, pero el Patín genera problemas para empujar dentro del surco, ya que este se puede enterrar fácilmente y constantemente hay que hacer más esfuerzo para sacarlo y avanzar, esto se puede ver reflejado en la actitud de los operarios pues generó frustración y estrés constante.

Tabla 10 Promedio de distancia recorrida en las pruebas (m)

	Operario 1	**Operario 2**	**Operario 3**	**Operario 4**	**TOTAL POR CONFIGURACIÓN**
Tradicional	97	93	129	129.6	**454**
Trapecio y rueda	90	90	75	130	**385**
Trapecio y patín	95	91	52	134	**372**
Casquete y rueda	93.3	95	45.3	128.3	**370**
Casquete y patín	94	95.5	46.6	138.6	**390**
TOTAL POR OPERARIO	**472**	**469**	**356**	**674**	

Fuente: Elaboración propia.

2.1.6.4 Tiempo trascurrido en la recolección

El tiempo que cada operario utiliza para llenar los recipientes plásticos varía en función del terreno, la cantidad de producto disponible para la cosecha y la experticia.

El operario 3 utilizaba hasta 10 recipientes plásticos para recolectar de manera tradicional, lo que le deba ventaja en cantidad, pero se sometía a un esfuerzo físico mayor y se predisponía a daños físicos a mediano plazo.

El terreno en algunas fincas productoras de la sabana no es completamente plano, por lo general se encuentran con pendientes y su arado no se realiza con maquinaria pesada para garantizar sus dimensiones entre surcos, por ende, la ubicación del punto de acopio varía según el cultivo, por lo general estaba cerca de la carretera disponible para transportar el producto cosechado.

Así mismo, la época del año pude afectar la cantidad de producto disponible para cosechar, sobre todo en cultivos pequeños donde no se pueden rotar los sectores del cultivo a recolectar.

Y por último, la experiencia del operario depende del tiempo que lleve trabajando en el cultivo, por lo general van cambiando de operarios según lo disponible para cosechar o ellos mismos cambian de producto a cosechar por la zona donde habitan, esto hace difícil la capacitación y especialización de cada uno de los operarios.

Tabla 11 Promedio de tiempos en las pruebas (min:s)

	Operario 1	**Operario 2**	**Operario 3**	**Operario 4**	**TOTAL POR CONFIGURACIÓN**
Tradicional	21:19	21:20	19:16	18:9	**80:4**
Trapecio y rueda	20:36	23:16	19:19	20:23	**83:34**
Trapecio y patín	24:9	25:8	16:33	22:40	**88:30**
Casquete y rueda	24:8	26:11	14:25	23:32	**88:16**
Casquete y patín	24:30	26:31	15:21	25:41	**92:3**
TOTAL POR OPERARIO	**114:42**	**122:26**	**84:54**	**110:25**	

Fuente: Elaboración propia.

En el modo de recolección tradicional los tiempos no son muy variados, van desde los 18 hasta los 21 minutos en promedio ver (tabla 11), los mismos operarios manifiestan que al ser principiantes, es decir, al empezar a cosechar se demoraban más y a medida que aprendieron redujeron esos tiempos.

Para las comprobaciones en los diseños y sus configuraciones se identificó que el número 2, Trapecio y Rueda, evidenció el menor tiempo para todos los operarios y en todas las repeticiones. Y que el operario 3 fue el que más redujo la cantidad de producto recolectado (ver tabla 11).

3 Solución tecnológica para la recolección de fresa

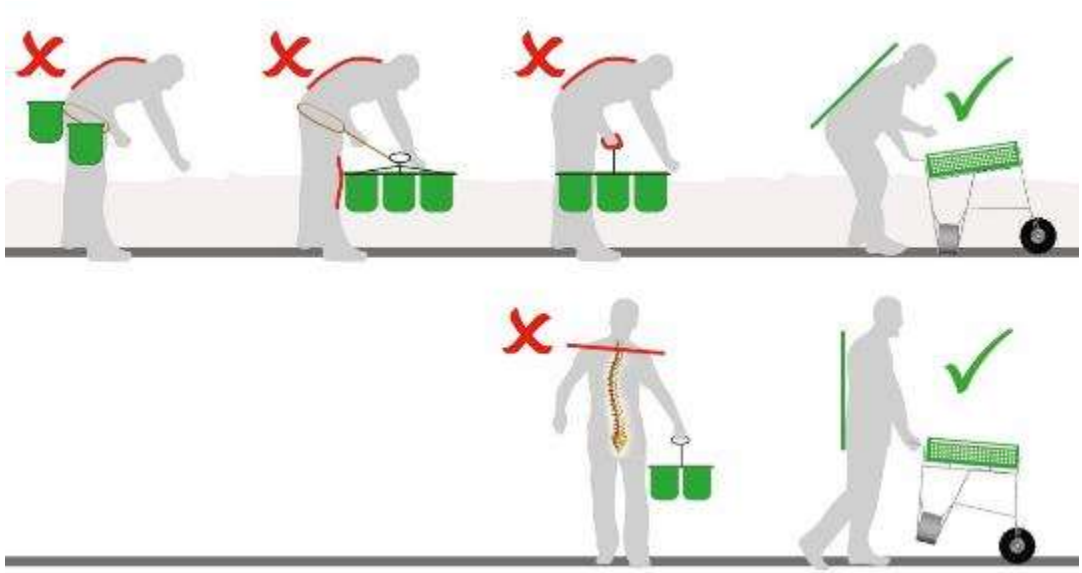
3.1 Descripción de la propuesta

A continuación, se presenta la infografía correspondiente a las características de la propuesta final, los beneficios que tiene su uso y una breve descripción de cómo la metodología propuesta MEDISTA (ver figura 9) mejoró la solución tecnológica propuesta

3.1.1 Beneficios Ergonómicos.

El sistema de recolección mejora la postura del trabajador, reduciendo el estrés lumbar porque la espalda se mantiene recta, la carga ya no está sobre el cuerpo del trabajador como en la cintura, las rodillas, los brazos y la mano, sino en el vehículo de recolección (ver Figura 28), reduciendo la fatiga durante la tarea y aumentando el rendimiento durante la recolección.

Figura 28 Beneficios ergonómicos



Fuente: GTI (2016).

Figura 29 Etapas de la MEDISTA para mejorar la ergonomía

Fuente: Elaboración propia

Al desarrollar la etapa de diagnóstico de manera conjunta (Ingeniería y Diseño) se logró identificar de manera eficiente los problemas ergonómicos de los operarios, tanto en cargas posturales como en la manera de cosechar, esto logro que se determinara en el Brief de diseño algunos objetivos del diseño para mejorar la actividad, no solo por eficiencia de recolección sino por salud del operario.

Y así mismo, en la etapa de Validación en campo se tenía la hipótesis a comprobar para reducir la fatiga gracias a la participación de los usuarios (ver figura 29).

3.1.2 Beneficios de Apropiación y Adaptación.

Para los operarios es fundamental que las herramientas y utensilios habituales pudieran ser adaptados a la nueva propuesta, pues hacen parte fundamental de sus prácticas culturales y la resistencia al cambio.

Por esta razón la propuesta final permite la adaptación de las canastillas tradicionales y los recipientes, estos varían en tamaño, color, cantidad y peso, pues cada operario los adapta según sus capacidades y rendimientos (ver Figura 30).

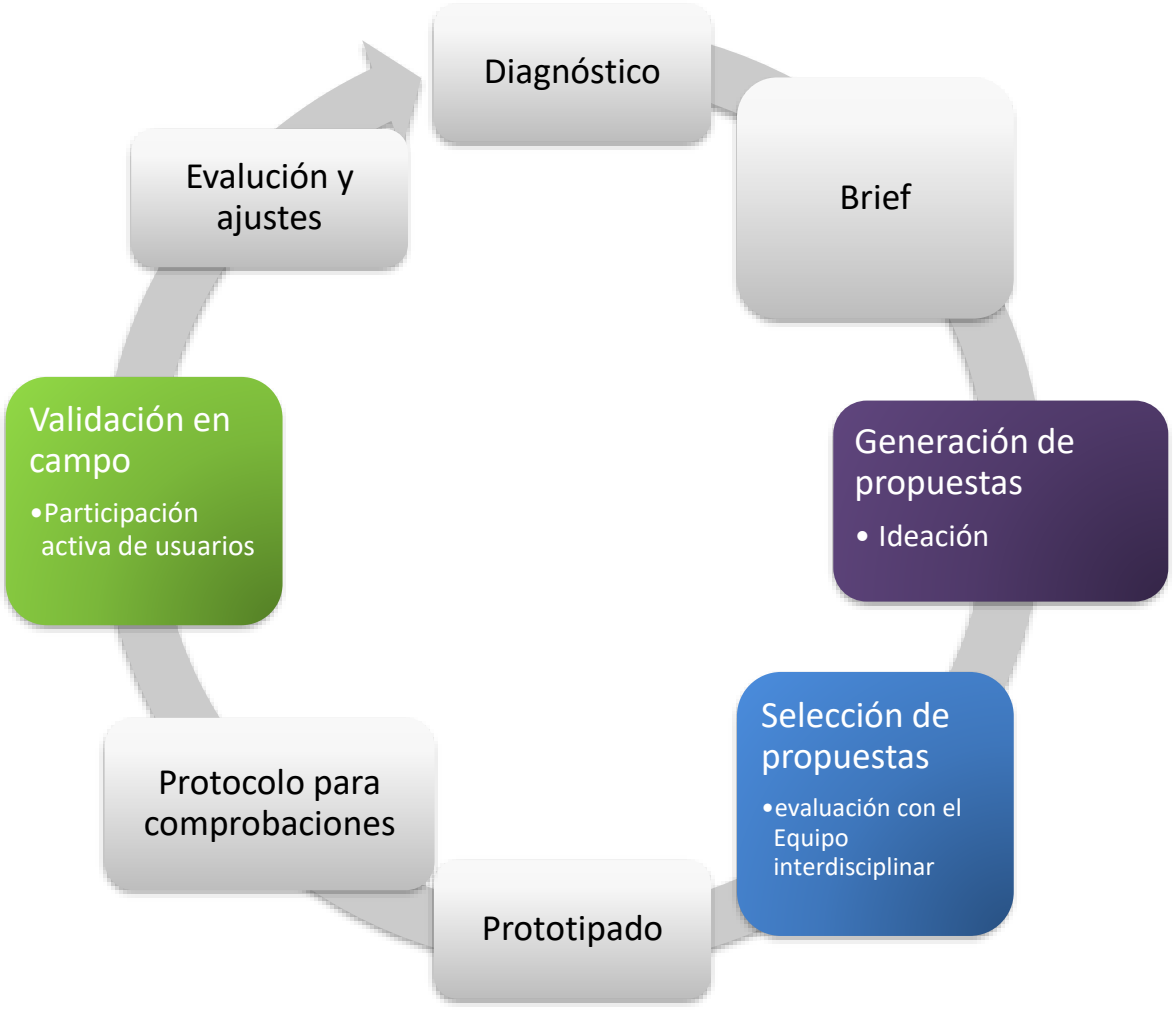
Figura 30 Beneficios de apropiación y adaptación

Fuente: GTI (2016).

En la etapa de generación de propuestas el equipo técnico incluyó las características del diseño industrial para generar un producto que fuera de fácil fabricación y con la tecnología disponible en las zonas de recolección, después de esto al seleccionar la propuesta se tuvo en cuenta los criterios previamente descritos y se seleccionó las posibles rutas de diseño a prototipar.

Luego de finalizar los prototipos, en la etapa de Validación en campo, se tuvo en cuenta a la comunidad para que participara de manera activa y así poder mejorar la propuesta final y que esta no fuera rechazada por los operarios, sino que fuera apropiada de manera más fácil gracias a los cambios y adaptaciones sugeridos por estos (ver figura 31).

Figura 31 Etapas de la MEDISTA para mejorar la apropiación y adaptación



Fuente: Elaboración propia

3.2 Secuencia de uso

Se establecieron 6 momentos para entender el uso completo del vehículo recolector, cada momento puede contener algunos procedimientos específicos que son simples y de rápido aprendizaje para los operarios de cultivo, estos son:

1. Ajustar las dimensiones según el recipiente a usar (canastilla o cocos).

Figura 32 Primer paso ajustar

Fuente: GTI (2016).

2. Ubicar el recipiente a usar (canastilla o cocos)

Figura 33 Segundo paso ubicar

Fuente: GTI (2016).

3. Dirigirse al punto de inicio de la recolección.

Figura 34 Tercer paso caminar

Fuente: GTI (2016).

4. Realizar la recolección hasta llenar el recipiente

Figura 35 Cuarto paso recolectar

Fuente: GTI (2016).

5. El carro se empuja con una mano y con la otra se recolecta.

Figura 36 Quinto paso empujar y recolectar

Fuente: GTI (2016).

6. Volver hasta el centro de acopio y reemplazar el recipiente por uno vacío.

Figura 37 Sexto paso desplazarse al centro de acopio

Fuente: GTI (2016).

3.3 Características técnica

La propuesta final posee varias características técnicas que (ver figura 38) permiten un fácil uso (desplazamientos desde el punto de acopio, movilidad dentro del cultivo) y mantenimiento (limpieza, desinfección, almacenaje, etc.).

Figura 38 Beneficios técnicos

Fuente: Fuente: GTI (2016).

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

La primera conclusión que se puede identificar es que el ejercicio de esta Tesis tiene dos productos como resultados de investigación, el primero es una metodología llamada MEDISTA, donde se propone una manera de abordar proyectos de desarrollo de soluciones tecnológicas para el sector agrícola de manera colaborativa y liderada por el diseño. Y el segundo es la solución tecnológica como propuesta de diseño industrial para la recolección de fresa como consecuencia de un trabajo multidisciplinar de dicha metodología

El diagnóstico realizado en los municipios de El Rosal, Sibaté y Guasca, demostró que en la recolección se encontraron varios puntos donde se puede mejorar la manera actual, en general las herramientas y utensilios se ubican sobre las plantas, mientras de manera manual se separa la fresa, lo que acelera su deterioro, de la misma manera, los operarios separan de manera visual el tamaño de la fresa y es lanzada a uno de los contenedores dispuestos para esto, acumulando así una manipulación excesiva mientras se recolecta.

Se identificó que las variables de cultivo que afectan la recolección son comunes en los tres municipios, sin importar el tipo de terreno, pues estos municipios tienen topografías distintas en los cultivos. De manera frecuente se determinó que los contenedores son adaptados de algún agroinsumo y su material es por lo general de polímeros termo plásticos como el polietileno y el polipropileno. A su vez, las herramientas utilizadas no son homogéneas y algunas personalizadas, pero que influyen negativamente en la salud de los trabajadores por que pueden generar malas posturas (por carga excesiva), y dolores lumbares (por el tipo de apoyo y tiempo de desplazamiento).

En cuanto a las soluciones tecnológicas actuales aplicadas a la recolección de fresa, se investigó sobre las clases de herramientas (Manuales, Sistemas de recolección asistida y Sistemas automatizados) y su utilización en los cultivos (tipo Artesanal, baja o alta tecnificación, automatizado, etc.) para la recolección de fresa las herramientas manuales son las más utilizadas en Cundinamarca, las demás son de difícil adquisición por su precio y la topografía del terreno no permite desarrollos de lata tecnificación como la automatización, por lo menos por ahora.

Para diseñar las alternativas para el manejo de la fresa durante su recolección, se utilizó la Metodología de Diseño de Soluciones Tecnologías para el sector Agrícola (MEDISTA) esta tiene varias fases (Diagnóstico, Brief, Generación de propuestas, Selección de propuestas, Prototipado, Protocolo de comprobaciones, Validación en campo, Evaluación y Ajustes.) y permite la comunión de saberes multidisciplinares puntualmente de ingeniería y diseño. así mismo se determinó que la configuración 2 (Trapecio+Rueda) logro la mejor evaluación dentro de las comprobaciones hechas y se desarrolló para su implementación y posterior uso en los cultivos de fresa, actualmente se utiliza en los cultivos donde se realizaron los diagnósticos y en una fase posterior se verificarán los resultados a mediano y largo plazo.

a continuación, se describe las ventajas de la metodología MEDISTA y su aplicación al proyecto:

Los desarrollos tecnológicos para las comunidades agrícolas deben hacerse de manera participativa para lograr mejores resultados de apropiación y aceptación, la metodología MEDISTA incluye a los actores de la cadena agrícola junto con profesionales investigadores de diferentes disciplinas, alcanzando los objetivos de diseño de manera más asertiva.

La metodología posee algunas ventajas como:

- La rápida generación de propuestas desde una perspectiva técnica; el equipo de trabajo puede participar a través de herramientas de bocetación e ideación, que facilitan la comunicación entre el equipo técnico Y los beneficiarios de los proyectos.

- El armónico acoplamiento de las diferentes disciplinas de trabajo que intervienen en los proyectos (diseño, ingeniería, agronomía, etc.); En los proyectos de investigación participan diferentes disciplinas, se debe permitir el trabajo en equipo a través de la creatividad, la participación continua para avanzar conjuntamente en beneficio del proyecto.
- La inclusión temprana de los beneficiarios (productores, propietarios, administradores, trabajadores, operarios, etc.) contribuye a la empatía y acelera los procesos de diseño y desarrollo de producto.
- Los resultados son productos adaptables a diferentes necesidades de los beneficiarios; la diversidad de propuestas permite el desarrollo de muchos prototipos y asimismo validarlos con los usuarios rápidamente, como consecuencia el producto final puede ser adaptable a muchos usuarios gracias a la retroalimentación que ellos continuamente brindan el equipo técnico

Todo esto es importante ya que el sector agrícola colombiano tiene grandes desafíos como el posconflicto, en lo social, económicos, políticos y ambientales, y esta metodología puede contribuir a la generación y aplicación de proyectos con impactos positivos hacia el desarrollo agrícola sostenible con equidad para una paz justa y duradera.

4.2 Recomendaciones

Es imperativo ensayar la Metodología de Diseño de Soluciones Tecnológicas para el sector Agrícola (MEDISTA) en otros proyectos del sector y con otros productos vegetales, comparar los resultados, analizar los impactos y determinar los alcances y/o posibles ajustes que la metodología pueda tener. El principal aliado para esto es el Taller de proyectos Interdisciplinarios (TPI) de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, pues en este escenario ya se están desarrollando proyectos de manera participativa y colaborativa donde se busca desarrollar soluciones innovadoras en diferentes sectores incluyendo el agrícola colombiano.

Para identificar los cambios en los rendimientos de cada operario, se recomienda hacer más pruebas a mediano y largo plazo para verificar si era necesario adquirir más práctica o por el contrario se mantienen las cifras de esta comprobación.

También es importante utilizar la metodología en otros departamentos del país diferentes a Cundinamarca, incluso nivel internacional, para evaluar los resultados obtenidos.

Se debe asegurar la transferencia tecnológica a través de la comunicación y publicación de dicha metodología, para que puede ser apropiada en el sector agrícola colombiano y así contribuir de manera directa hacia los propósitos de igualdad equidad y paz en el ámbito rural colombiano.

A. Anexo: Formato de registro para la comprobación de prototipos RPRF1

FORMATO DE REGISTRO PARA LA COMPROBACIÓN DE PROTOTIPOS EN LA RECOLECCIÓN DE FRESA EN EL SUELO

1. INFORMACIÓN DEL PARTICIPANTE

PROPIETARIO ☐ ADMINISTRADOR ☐ OPERARIO ☐ OTRO ☐

NOMBRES Y APELLIDOS:

MUNICIPIO DONDE TRABAJA: EDAD:

CARGO: GÉNERO: M F

PROFESIÓN U OFICIO: ESTATURA:

TELÉFONO DE CONTACTO: PESO APROXIMADO:

E-MAIL:

HORA INICIO: HORA DE FINALIZACIÓN:

2. PRUEBA 1 LINEA BASE (MODO TRADICIONAL)

Indíquela al operario que se aliste con sus propias herramientas (incluyendo los contenedores) de trabajo para realizar la recolección en un punto específico del cultivo (Inicio del surco), registre con el pulsómetro su FCB antes de iniciar cualquier actividad, luego llévelo hasta allí, aliste los instrumentos de medición, luego indíquele que puede iniciar la prueba (hasta llenar completamente los contenedores), una vez estén llenos, registre la cantidad de producto recolectado (Kg), la distancia recorrida para lograrlo (m), el tiempo necesario para esto mismo (Min) y la FCM, repita el procedimiento 3 veces.

REPETICIÓN	CONFIGURACIÓN	Frecuencia cardiaca Basal (FCB)	LIBRAS (lb)	DISTANCIA (m)	TIEMPO (Min)	Frecuencia cardiaca Media (FCM)
1	Tradicional					
2	Tradicional					
3	Tradicional					

3. PRUEBA 2 VEHÍCULO CONFIGURADO

Indíquele al operario que va cosechar 3 veces con cada una de las 4 configuraciones del vehículo, entréguele una canastilla plástica (fresera), ubíquelo en un punto de cultivo donde debe iniciar la recolección (donde allá finalizado la prueba 1-tradicional), registre con el pulsómetro su FCB antes de iniciar cualquier actividad, llévelo hasta allí, aliste los instrumentos de medición, luego indíquele que puede iniciar la prueba (hasta llenar completamente la canastilla plástica), una vez esté llena, registre la cantidad de producto recolectado (Kg), la distancia recorrida para lograrlo (m), el tiempo necesario para esto mismo (Min) y la FCM, repita el procedimiento 3 veces con cada configuración (4).

REP.	CONFIGURA-CIÓN	Frecuencia cardiaca Basal (FCB)	LIBRAS (lb)	DISTANCIA (m)	TIEMPO (Min)	Frecuencia cardiaca Media (FCM)
1	TRAPECIO+ RUEDA					
2	TRAPECIO+ RUEDA					
3	TRAPECIO+ RUEDA					
REP.	CONFIGURA-CIÓN	Frecuencia cardiaca Basal (FCB)	LIBRAS (lb)	DISTANCIA (m)	TIEMPO (Min)	Frecuencia cardiaca Media (FCM)
1	TRAPECIO+ PATÍN					
2	TRAPECIO+ PATÍN					
3	TRAPECIO+ PATÍN					
REP.	CONFIGURA-CIÓN	Frecuencia cardiaca Basal (FCB)	LIBRAS (lb)	DISTANCIA (m)	TIEMPO (Min)	Frecuencia cardiaca Media (FCM)
1	CASQUETE+ RUEDA					
2	CASQUETE+ RUEDA					
3	CASQUETE+ RUEDA					
REP.	CONFIGURA-CIÓN	Frecuencia cardiaca Basal (FCB)	LIBRAS (lb)	DISTANCIA (m)	TIEMPO (Min)	Frecuencia cardiaca Media (FCM)
1	CASQUETE+ PATÍN					
2	CASQUETE+ PATÍN					
3	CASQUETE+ PATÍN					

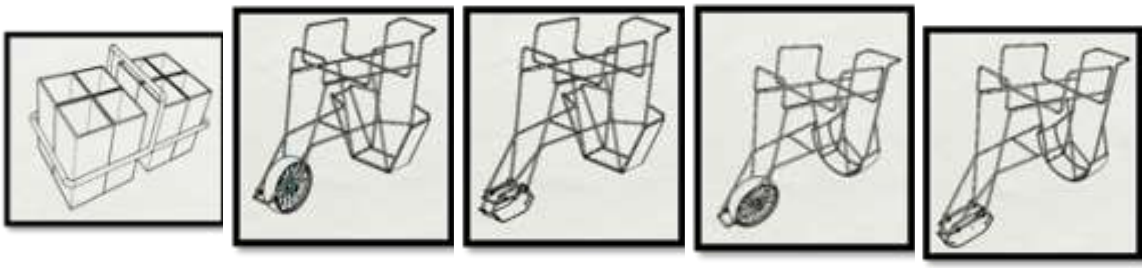
6. SUGERENCIAS Y COMENTARIOS

NOMBRE Y FIRMA OPERARIO **NOMBRE Y FIRMA DEL REALIZADOR DE LA PRUEBA**

Fuente: Elaboración propia.

B. Anexo: Formato de encuesta para la comprobación de prototipos EPRF1

ENCUESTA SOBRE USO-FUNCIÓN PARA LA COMPROBACIÓN DE PROTOTIPOS EN LA RECOLECCIÓN DE FRESA EN EL SUELO
1. INFORMACIÓN DEL PARTICIPANTE
PROPIETARIO ADMINISTRADOR OPERARIO OTRO
NOMBRES Y APELLIDOS:
MUNICIPIO DONDE TRABAJA:
CARGO:
PROFESIÓN U OFICIO:
TELÉFONO DE CONTACTO:
E-MAIL:
2. INFORMACIÓN DE LA PRUEBA
Nº1. TRADICIONAL Nº2.TRAPECIO+RUEDA Nº3.TRAPECIO+PATÍN Nº4.CASQUETE+RUEDA Nº5.CASQUETE+PATÍN



De acuerdo a la prueba con las 5 configuraciones usted:	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
2.1 ¿Con cuál se sintió más cómodo?					
2.2 ¿Con cuál se cansó menos?					
2.3 ¿Con cuál cree que le rindió más?					
2.4 ¿Cuál se desplaza más fácil en los surcos?					

2.5 ¿Cuál es más estable en los surcos?					
2.7 ¿Cuál es el mejor para la recolección?					
2.8 ¿Cuál compraría? (marque los que quiera)					
2.9 ¿Cuánto pagaría usted por él?					
5. DISPOSICIÓN PARA FUTURAS PRUEBAS					
¿Estaría dispuesto a participar en pruebas de los desarrollos para la cosecha de fresa?	si		no		
6. SUGERENCIAS Y COMENTARIOS					
NOMBRE Y FIRMA OPERARIO	**NOMBRE Y FIRMA DEL REALIZADOR DE LA PRUEBA**				

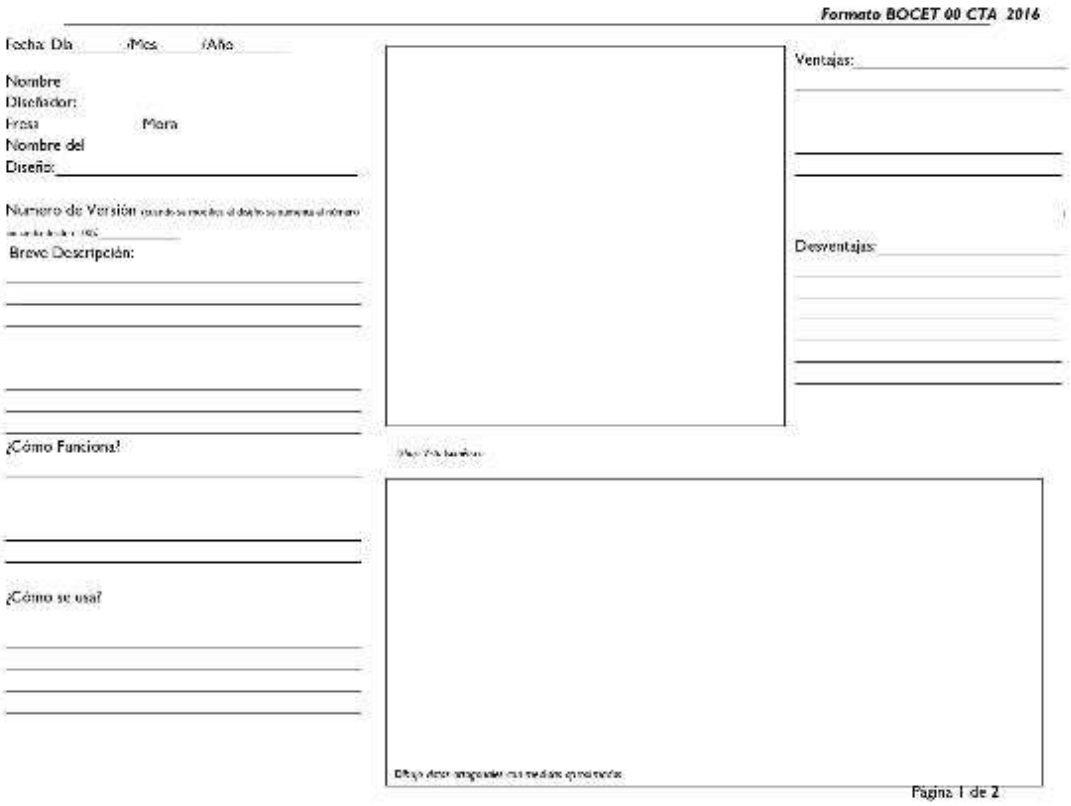
Fuente: Elaboración propia.

C. Anexo: Tabla de requerimientos

Uso	*Cuantificación Aproximada*	*Función*	*Estructurales*	*Técnico productivos*	*Económicos*	*Formales*
Tener en cuenta las medidas establecidas por las normas de ergonomía para los agricultores, para el uso y manejo del sistema	*Estatura promedio en hombre de 160-186 cm en mujeres entre 150-170cm*	*Que diferentes personas lo puedan utilizar, buscando un confort máximo para la mayoría de los trabajadores.*				*Las partes o zonas que tengan contacto con el operario, deben ser curveadas, amortiguadas y/o libres de aristas que lesionen al operario o a la fresa.*
Se debe ajustar a las medidas de los surcos del cultivo	*110 cm entre camas, 60 cm de alto*	*Compartimiento para varios recipientes, así facilitar la clasificación.*				
Se debe poder detener según los terrenos, (pendientes altas o suelos embarrados).	*Pendientes mayores al 20%*		*Estructura estable para que no sufra volcamientos al desplazarse durante la operación*			

Uso	*Cuantificación Aproximada*	*Función*	*Estructurales*	*Técnico productivos*	*Económicos*	*Formales*
Debe ser liviana, es decir que no represente un mayor esfuerzo para el operario transportarla, pero que pueda soportar el peso del producto cosechado.	*-En promedio el peso de los operarios es de 75 Kg, la fuerza para accionar el sistema no deberá superar el 50% de la fuerza máxima del operario.* *-18 libras de fresa por canastilla con recipientes llenos*	*Debe reducir tanto el esfuerzo del operario como el tiempo en la operación, de esta forma aumentar la producción*	*Material ligero pero resistente a las fuerzas que se le someta (carga del producto) (metal, aluminio…)*	*-El manejo del sistema debe ser simple, que no necesite demasiado esfuerzo del operario.* *-Material con acabados resistentes a las condiciones de intemperie (lluvia, sol, sombra, suelo, rocas*	*Material económico, que no represente una inversión dispendiosa para el productor.*	
		De fácil ensamblaje o armado, sin manual de instrucciones (pocas piezas).		*De fácil mantenimiento en caso de necesitar uno correctivo (tecnología local).*	*Al ser un sistema para utilizar en campo abierto, este debe tener una vida útil de 3 años..*	*La forma del sistema no debe cambiar drásticamente la rutina de los operarios.*

D. Anexo: Formato de encuesta para la comprobación de prototipos EPRF1



Formato BOCET 00 CTA 2016

Fecha: Día /Mes /Año

Nombre Diseñador:

Fresa Mora

Nombre del Diseño:

Numero de Versión

Breve Descripción:

¿Cómo Funciona?

¿Cómo se usa?

Ventajas:

Desventajas:

Página 1 de 2

Formato BOCET 00 CTA 2016

Observaciones:

Página 2 de 2

Bibliografía

Acuña, J. F. Et. Al. (2010). *Granadilla [Passiflora linguaria]: Innovación y desarrollo para la exportación,* Bogotá D.C., Opciones gráficas.

Agrobot. (2012). *Nueva sw6010-descubra lo que puede hacer por usted.* Consultado el 09 de febrero de 2017, del sitio Web Agrobot.com, de la URL: http://www.agrobot.es/productos.html

Aguayo González, F. & Soltero Sánchez, V. M. (2005). *Metodología del diseño industrial: un enfoque desde la ingeniería concurrente,* Colombia, Alfaomega.

Alexander, C. (1963). *The Determination of Components for an Indian Village*. In Conference on Design Methods. Editado por Christopher, J. & Thornley, D. G. Oxford: Pergamon Press, New York The Macmillan Company.

Alexander, C. (1964). *Notes on the Synthesis of Form MIT Press*.

Amazon. (s.f.). *El recolector de frutas Twster.* Consultado el 11 de abril de 2016, en el sitio web Amazon.com, de la URL: https://www.amazon.com/The-Twister-Fruit-Picker/dp/B000BBCUD8

Archer, L. B., (1965). *Systematic Method For Designers.* Londres: Council of Industrial Design.

Asimow, M., (1962). *Introduction to Design.* (New York Prentice-Hall).

Banggood. (s.f.). *3pcs anillo ajustable vegetal recolector de fruta recogida de jardinería herramienta para la cosecha de corte de acero inoxidable*. Consultado el 18 de agosto del 2016, del sitio Web Banggood.com, de la URL: http://www.banggood.com/es/3pcs-Adjustable-Vegetable-Fruit-Picker-Picking-Ring-Gardening-Stainless-Steel-Harvesting-Cut-Tool-p-1048405.html

Brinkkemper, S., (1996). Method engineering: engineering of information systems development methods and tools. Information and Software Technology. 38 (4): 275–280.

Bonsiepe, G. (1975). *Teoría y práctica del diseño industrial, elementos para una manualística crítica*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

Bonsiepe, G. (1986, Julio-diciembre). De los objetos de oro y otros significados. *En Abhikalpa, The Journal of Industrial Design Centre*, Powai, Bombay.

Booker, P. J. (1964). *Written Contribution appended to Conference on the Teaching of Engineering Design.* Editado por P. J. BookER. Londres: Institution of Engineering Designers).

Bødker, S., (1996). *"Creating conditions for participation: conflicts and resources in systems design*", En Human–computer interaction, Vol. 11 Núm.3, pp.215–*236.*

Bürdek, B. E. (1994). *Diseño, Historia, Teoría y Práctica del Diseño Industrial.* Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

Cambridge University Press (2016). *Definition of "design" from the Cambridge Advanced Learner's Dictionary & Thesaurus.* Consultado el 1 de septiembre del 2016, del sitio web: Dictionary.com. De la URL: http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/design

Campi, I. (2007). *La Idea y La Materia*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

Cropcare (2017). *PA1600 Standard Features.* Consultado el 07 de febrero de 2017, del sitio Web Cropcare.com, de la URL: http://cropcareequipment.com/vegetable_equip/picking_assistant.php

Cortés Mora H. G. & Peña Reyes J. I. (2015). *Introduciendo La Educación Para El Desarrollo Sustentable En El Curso Taller De Proyectos Interdisciplinarios De La Facultad De Ingeniería De La Universidad Nacional De Colombia.* In 2015 ACOFI Annual Conference. Colombia

Coxworth, B. (2010). *Wunda Weeder lets farm workers lie down on the job.* Consultado del 07 de febrero de 2017, del sitio Web Newatlas.com, de la URL: http://newatlas.com/wunda-weeder-lets-farm-workers-lie-down-on-the-job/15703/

Diego-Mas, J. A. (2015). *Valoración de la carga física del trabajo mediante la frecuencia cardiaca.* Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Consultado el 08 de noviembre de 2016, del sitio web Ergonautas.com, Disponible online: http://www.ergonautas.upv.es/herramientas/frimat/frimat.php

Diego-Mas, J.A. (2015). *Evaluación postural mediante el método RULA*. Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Consultado el 08 de noviembre de 2016, del sitio web

Ergonautas.com Disponible online: http://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php

Duarte, O., Orjuela, A., Rodríguez, G., Salazar, J. & Soto, R. (2011). *Taller de Proyectos Interdisciplinarios: una experiencia innovadora en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia*. In 2011 ACOFI Annual Conference. Colombia.

Dubberly, H. (2004). *A compendium of models. Dubberly design office. California. Estados Unidos de américa.*

Etracab. (2014). *Tecnología usando velomóbil.* Consultado el 02 de febrero de 2017, del sitio web Etracab.ru Disponible online: http://etracab.ru/forum/viewprintable.php?id=3258

Farm Show. (2006). *"Lay Down" Berry Picking Cart Built From Bicycle Parts,* vol. 30, num. 02, p.44. Disponible en: http://www.farmshow.com/a_article.php?aid=19135

Farr, M. (1966). *Design Management.* Londres: Hutchinson.

Fielden, G. B. R., (1963). *The Fielden Report Engineering Design*. Londres Her Majesty's Stationery Office.

Gregory, S. (1966). *In a contribution to The Design Method.* Editado por S. Gregory. London: Butter Worths.

Gugelot, H. (1962, 21 de noviembre). “La práctica del diseño industrial” (Conferencia), Londres

Harrod Horticultural. (s.f.). *Selector de plegado Berry.* Consultado el 16 de agosto del 2016, del sitio Web HarrodHorticultural.com, de la URL: https://www.harrodhorticultural.com/folding-berry-picker-pid8882.html

Hinrichsen, C., Campos, J., Rivera, C., Michela, R., & Steinmeyer, M. (2002). *Aplicación del Diseño concurrente en la pyme chilena. Desarrollo y Manufactura de Ayudas Técnicas.* Santiago de Chile: Centro de Diseño y Desarrollo Integrado DuocUC (CDDI).

ICSID. (2105a). *Definición de diseño industrial.* Consultado el 11 de agosto del 2016, del sitio Web Icsid.com, de la URL: http://www.icsid.org/about/definition/

ICSID. (2105b). *Diseño industrial historia y definición.* Consultado el 11 de agosto del 2016, del sitio Web Icsid.com, de la URL: http://www.icsid.org/about/definition/industrial-design-definition-history/

Inventos Nuevos. (2011). *Brazo Extensible Para Recogida De Fruta.* Consultado el 23 de mayo del 2016, del sitio Web Inventos Nuevos.com de la URL: http://www.inventosnuevos.com/2011/06/brazo-extensible-recogida-fruta/

Jones J. C. (1982). *Métodos de diseño.* Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Jones J. C. (1966). *Design Methods Reviewed.* In The Design Method. (Edited. by S. Gregory) (London: Butterworths).

Julier, G. (2010). *The Culture of Design.* Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Matchett, E. (1968). *Control of Thought in Creative Work*. The Chartered Mechanical Engineer, 14, 4.

Oehlke, H. (1978). *El concepto de función en el diseño industrial. En 2do Coloquio sobre cuestiones de teoría y metodología del diseño industrial.,* Halle.

Oxford University Press. (2016). *Definición de ingeniería.* Consultado el 31 de octubre del 2016, del sitio Web Icsid.com, de la URL: https://es.oxforddictionaries.com/definicion/ingenier%C3%ADa?locale=es

Patentados. (200). *1098 Inventos, patentes y modelos industriales publicados el martes 01 de abril de 2003*. Consultado el 12 de noviembre de 2016, del sitio Web Patentados.com de la URL: http://patentados.com/20030401/26/

Patentados. (200). *Recogedor de frutas*. Consultado el 7 de junio de 2016, del sitio Web Patentados.com de la URL: http://patentados.com/patente/recogedor-de-frutas/

Page, J. K. (1966). *Contribution to Building for People, 1965 Conference Report.* (London: Ministry Of Public Building And Works).

Pevsner, N. (2000). *Pioneros del diseño moderno: de William Morris a Walter Gropious*. Buenos Aires: Ediciones infinito.

Reswick, J. B. (1965). *Prospectus for Engineering Design Centre.* (Cleve land, Ohio: Case Institute of Technology).

Rittel, H. (1973, noviembre). “Observaciones sobre la investigación de sistemas de la primera y segunda generación”, *en Der Mensch und die Technik*, Núm. 221.

Rolinfarms. (s.f.). *Growing Berries.* Consultado el 02 de febrero de 2017. Del sitio web de Rolinfarms de la URL: http://www.rolinfarms.com.au/page1.php

Rostislav, F. (2012). *Equipos tecnologicos para la limpieza manual de fresa.* [tesis doctoral], Moscú, Academia Rusa de ciencias agrícolas, Doctorado en Ciencias Agrícolas

Sanders, E. B.-N., & Stappers. P. J. (2008, marzo). *"*Co-creation and the new landscapes of design"*, en CoDesign,* Vol. 4, Núm. 1, pp. 5-18.

Sanders, E. B.-N., & Stappers. P. J. (2014). "Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in codesigning", *en CoDesign,* Vol. 10, Núm. 1, pp. 5-14.

Sss-strawberries. (2012). *Archive for the 'Picking' Category.* Consultado el 03 de febrero de 2017. Del sitio web de sss-strawberries.com de la URL: http://sss-strawberries.com.au/category/berry-picking/

Taller De Proyectos Interdisciplinarios. (2010). Consultado el 28 de septiembre de 2016. Del sitio web de Taller de Proyectos Interdisciplinarios de la URL: http://tallerdeproyectosinterdisciplinarios.wikispaces.com/

Techvesti. (2013). *El robot - el colector de fresas.* Consultado el 08 de febrero de 2017. Del sitio web de Techvesti.ru de la URL: http://techvesti.ru/node/6898

Tsuen-Hsuin, T. (1972, diciembre), *"CHINA inventora del papel. la imprenta y los tipos móviles",* en El Correo – una ventana al mundo, año XXV. UNESCO.

Universidad de Wisconsin-Madison (s.f.). *Non-motorized field cart can save time and energy.* Consultado el 01 de febrero de 2017. Del sitio web de bse.wisc.edu de la URL: http://bse.wisc.edu/HFHP/press_info/harvestcart/cart_release.htm